

UNIVERSITE LUMIERE LYON 2
THESE Pour obtenir le grade de DOCTEUR DE L'UNIVERSITE LUMIERE LYON II
Discipline : Sciences de l'Education
Présentée et soutenue publiquement par
Michel NOIR
le 6 mai 2002

LE DEVELOPPEMENT DES HABILETES COGNITIVES DE L'ENFANT PAR LA PRATIQUE DU JEU D'ECHECS :

Directeur de thèse, Professeur Michel Develay

Monsieur Michel Develay, Professeur, Directeur de l'Institut des Sciences et Pratiques d'Education et de Formation, Université Lumière Lyon2. Monsieur Olivier Koenig, Professeur, Directeur du Laboratoire d'Etudes des Mécanismes cognitifs, Université Lumière Lyon2. Monsieur Patrick Mendelsohn, Professeur, Université de Grenoble, Directeur de l'IUFM. Monsieur Patrick Prévot, Professeur, Directeur du Département Génie Productique, Institut National des Sciences Appliquées de Lyon. Monsieur Jacques Tardif, Professeur, Directeur du Département de Pédagogie, Université de Sherbrooke, Quebec.

Table des matières

Remerciements . .	1
Avant-Propos .	3
1ère partie Les composantes cognitives du jeu d'échecs . .	11
1 ^{ère} sous-partie Jeu d'échecs, habiletés cognitives et théorie de l'expertise . .	12
CHAPITRE 1 La théorie du chunking .	14
CHAPITRE 2 Jeu d'échecs, recherche en profondeur et imagerie mentale, et organisation de la base de connaissances .	42
2 ^{ème} sous-partie Jeu d'échecs et développement des habiletés cognitives de l'enfant .	61
Chapitre 3 Historique des études portant sur les qualités exigées et développées par le jeu d'échecs . .	63
Chapitre 4 Les travaux de psychologie cognitive sur la pratique échiquéenne de l'enfant . .	76
Conclusion .	99
2^{ème} Partie Problématique du transfert métacognitif .	101
Chapitre 5 Développement cognitif et capacités métacognitives .	103
1 – Développement cognitif et capacités métacognitives .	104
2 - Métacognition et développement cognitif . .	112
3 - Capacités métacognitives et résolution de problèmes . .	116
Chapitre 6 Métacognition et Transfert . .	123
1- Les modèles dominants du transfert de capacités métacognitives . .	124
2 - L'évidence expérimentale du transfert métacognitif . .	132
Chapitre 7 Métacognition, Transfert et Didactique .	140
1-Métacognition et modèles d'apprentissage .	141
2 Didactique et Métacognition .	146
3 - Didactique et stimulation des capacités métacognitives .	154
Conclusion .	158
3^{ème} Partie Le transfert des habiletés cognitives développées par le jeu d'échecs chez l'enfant : premier groupe d'expériences. . .	161

Chapitre 8 Expérience 1 : Mémorisation visuo-spatiale et Chunking .	163
1 – Problématique théorique et objectifs .	163
2 - Méthode .	167
3 - Résultats . .	173
4 - Discussion .	188
Conclusion . .	196
Chapitre 9 Expérience 2 : Mémorisation d'une liste de mots .	196
1 – Problématique théorique et objectifs .	196
2 – Méthode . .	198
3 – Résultats .	201
4 - Discussion .	208
Chapitre 10 Expérience 3 : Tours de Hanoï .	210
1 – Problématique théorique et objectifs .	212
2 – Méthode . .	215
3 - Résultats . .	218
4 - Discussion .	227
Conclusion . .	229
Chapitre 11 Expérience 4 : Traitement de la relation spatiale .	229
1- Problématique théorique et objectifs . .	230
2 - Méthode .	231
3 –Résultats . .	236
4- Discussion . .	241
Conclusion . .	243
4ème Partie Deuxième ensemble expérimental : apprentissage des échecs par un didacticiel intégrant l'objectif du transfert .	245
Chapitre 12 L'élaboration du logiciel d'apprentissage . .	249
1 - Principes didactiques et caractéristiques de la méthode .	250
2 - Les supports didactiques spécifiques du transfert .	266
3 – Les exercices transfert . .	271

4 - Déroulement de l'expérimentation du Didacticiel .	276
Chapitre 13 Résultats aux séquences échecs et aux exercices transfert . .	279
1 - Résultats des séquences échecs. .	280
2 - Résultats des exercices transfert .	284
5ème Partie Troisième ensemble expérimental : Les expériences contrôle .	299
Introduction .	299
1 Les protocoles .	300
2 Caractéristiques générales des designs des protocoles .	302
3 Conditions générales de passation . .	303
Chapitre 14 Expérience 5 : Accès au registre lexical .	304
1 – Problématique théorique et objectifs .	305
2 - Méthode .	309
3 – Résultats .	310
14- Discussion . .	314
Chapitre 15 Expérience 6 : Compréhension de texte .	317
1 – Problématique théorique et objectifs .	318
2 – Méthode . .	321
3 Résultats . .	323
14- Discussion . .	324
Conclusion . .	325
Chapitre 16 Expérience 7 : Empan attentionnel visuo-spatial . .	327
1 – Problématique théorique et objectifs .	327
2 – Méthode . .	328
3 - Résultats . .	330
14- Discussion . .	332
Chapitre 17 Expérience 8 : Imagerie, rotation mentale . .	335
1 – Problématique théorique et objectifs .	335
2 – Méthode . .	337
3 - Résultats . .	340

4 - Discussion .	348
Chapitre 18 Interprétation d'ensemble des résultats . .	348
1- Consolidation des résultats aux épreuves-contrôle . .	349
2 Rapprochement entre les résultats aux épreuves-contrôle et les résultats aux exercices-transfert du didacticiel .	351
3 - Recherche de corrélation entre les scores aux séquences d'échecs et les épreuves-contrôle. . .	360
4 – Interprétation générale des résultats et perspectives de recherche .	363
Conclusions Modèle et enjeux d'une didactique du transfert .	365
1 Essai de modélisation d'une didactique du transfert .	366
11 Modélisation de la didactique du corpus . .	367
12 La stratégie d'intervention de l'enseignant .	377
Conclusion . .	386
2 Enjeux et Perspectives . .	387
21 Quelle place dans le curriculum pour les compétences transversales? . .	388
22- La prise en compte des compétences transversales et l'interdidactique .	390
Conclusion .	394
BIBLIOGRAPHIE . .	395
Annexe 1 : Expérience 1 Chunking . .	407
1 - Positions présentées au rappel .	407
2. Chunking temporel et Chunking spatio-temporel .	409
3 - Exemple de Script Individuel .	410
4 – Tableaux ANOVA .	411
Annexe 2 : Expérience 2 Mémorisation d'une liste de mots .	425
Annexe 3 : Expérience 3, Tours de Hanoï .	431
Annexe 4 : Expérience 4, Traitement de la relation spatiale .	445
Annexe 5 : Didacticiel .	451
1 Schéma du déroulement de la méthode d'apprentissage .	451
2 Liste des concepts faisant l'objet de fiches-concepts .	453
3 Liste des questions posées dans le logiciel . .	454

Annexe 6: Expérience 5, Reconstitution de mots, Accès au registre lexical Tableaux ANOVA . .	461
Annexe 7: Expérience 6, Compréhension de texte . .	467
1 Texte des deux histoires proposés à l'expérience 6 . .	467
L'île mystérieuse (55 mots) .	467
Médecine douce (60 mots) .	467
2 Tableaux ANOVA . .	468
Annexe 8: Expérience 7, Empan attentionnel Tableaux ANOVA . .	471
Annexe 9: Expérience 8, Rotation mentale Tableaux ANOVA .	477
Annexe 10 .	481

Remerciements

Je tiens à remercier les Professeurs Michel Develay et Olivier Koenig qui m'ont accueilli avec compréhension, alors que j'arrivais avec un sujet arrêté, singulier et pluridisciplinaire. Seules les subtilités administratives ont rendu impossible que cette thèse fut officiellement co-dirigée par eux, alors que la réalité a pourtant été telle.

Pour entreprendre ma recherche, Olivier Koenig m'a invité à découvrir la richesse d'une discipline, la psychologie cognitive, et à maîtriser la rigueur d'un protocole expérimental. Sa cordialité, inséparable de l'exigence scientifique qu'il sollicite de chacun autour de lui, ont été en permanence pour moi une source de motivation et d'enthousiasme.

Michel Develay, pour sa part, m'a apporté tout au long de ce travail une aide précieuse et irremplaçable pour garder à ma recherche une ligne directrice intelligible et nourrie de prudence autant que de liberté et d'esprit critique. Dès nos premiers échanges il m'a guidé dans la mise en place d'une épistémologie de la discipline échiquéenne, préalable indispensable à la recherche d'une didactique du transfert de cet apprentissage.

Tous deux m'ont donné le goût de la recherche et de l'humilité scientifique.

Au Laboratoire d'études des Mécanismes cognitifs j'ai pu bénéficier d'avis et de conseils pertinents et amicaux de la part de Nathalie Bedoin, de Sandrine Delord et d'Isabelle Tapiéro pour la mise au point des protocoles expérimentaux. Je leur en suis infiniment reconnaissant.

Le fait que les protocoles s'adressaient à de jeunes élèves, autant que les exigences de la psychologie expérimentale ont nécessité la création de logiciels pour la confection desquels je suis redevable à Franck Tarpin-Bernard et Patrick Prévot de l'INSA. Je les ai retrouvés tous deux actifs et coopératifs lorsqu'il a fallu passer à la réalisation du didacticiel d'échecs que j'avais conçu. Après qu'ils ont décidé que ce projet serait accepté au titre des projets collectifs de fin d'année, j'ai bénéficié du travail motivé et de grande qualité de l'équipe d'élèves-ingénieurs de l'INSA, animée par Roland Hildebrandt que je souhaite ici remercier.

Les directeurs d'écoles et principaux de collèges, les maîtres et professeurs des écoles, et l'Inspection académique qui m'ont ouvert leurs portes ont été les indispensables partenaires des plans expérimentaux. Qu'ils soient chacune et chacun assurés de ma vive et sincère reconnaissance pour leur participation et leur disponibilité, et, à travers eux, leurs élèves. Ils témoignent que l'institution scolaire est ouverte à la recherche et aux pratiques innovantes. Parmi eux, je dois remercier plus particulièrement les équipes des deux écoles qui ont participé au deuxième plan expérimental tout au long de l'année 2000-2001: P. Hernandez, Directeur, Mlle Spataro, M. Denuelle, professeurs des écoles, de l'école A. Briand, Lyon 07 ; Mme Olivetti, Directrice, Mmes Bartette et Roussillon, professeurs des écoles, de l'école Jean Macé, Lyon 07 ; M Violet, Directeur de l'école Berthelier, Lyon 07. Au titre des deux années précédentes, je veux remercier Mesdames et Messieurs Authier, Azoulai, Barbe, Bert, Ducheny, Fontaine, Marcel, Mattan, Pavarotti, Pousse, Directeurs ou Professeurs des écoles primaires ; ainsi que Mesdames et Messieurs Bougault, Brac de la Perrière, Cauville, Cessieq, Disrans, Frechard, Grolier, Latreille, Pichat, Senigalia, Zentar, Principaux et Professeurs des Collèges.

De la même manière, je veux citer Bernard Houot et la Fondation Entreprise et Réussite scolaire, pour l'appui précieux apporté en matériel informatique lors de la passation des expériences, auquel j'associerai les animateurs intervenants en milieu scolaire M. Abbale, Vignal et Mme Tribollet, du club Lyon Olympique Echecs et son délégué Christophe Leroy.

Sandrine Belier m'a apporté un concours précieux dans la relecture du manuscrit et je lui adresse mes remerciements amicaux.

Tout au long de ce travail, j'ai pris un temps irremplaçable à mes proches et à ma femme. Ce texte aride n'excusera pas ce temps qui nous a échappé, comme peut le faire, parfois, un roman. Aussi je leur dois, je lui dois la dédicace de cet ouvrage.

« Il est étrange que nous trouvions normal que les étudiants apprennent alors qu'il est rare que nous leur enseignions quoi que ce soit sur le fait même d'apprendre. Nous nous attendons à ce que les étudiants résolvent des problèmes, alors même que nous ne leur avons que rarement appris ce qu'est résoudre un problème. Et, de même, nous demandons à nos étudiants de retenir une quantité importante de choses mais il est rare que nous leur enseignions l'art de la mémorisation. Il est temps que nous comblions cette lacune, il est temps que nous développions les disciplines appliquées de l'apprentissage, de la résolution de problèmes et de la mémorisation. Nous avons besoin de développer les principes de base concernant les façons d'apprendre, de mémoriser, de résoudre les problèmes, pour ensuite élaborer des cours appliqués et ainsi établir la place de ces méthodes au sein des cursus académiques. » Don Norman, 1980. "Cognitive Engineering and Education." In D.Tuma et F.Rei. Problem Solving and Education : Issues in Teaching and Research.

Avant-Propos

Dans plusieurs pays, de nombreuses équipes pédagogiques ont introduit l'apprentissage du jeu d'échecs à l'école pour les enfants de 7 à 10 ans. En France, c'est le cas de certains instituteurs de classes de CE1 à CM2, sur la base du volontariat pour la plupart.

L'attente des enseignants recourant à la pratique de ce jeu est le développement des capacités de l'enfant dans des domaines aussi variés que la concentration, la mémoire, le raisonnement logique et la stratégie, le respect de règles et de l'autre.

Les rares observations faites sur ces initiatives attestent que les enfants, après deux années d'apprentissage du jeu d'échecs, ont un niveau de performances plus élevé que celui des enfants de même origine et de même milieu social dans les matières exigeant des compétences mettant en jeu logique, stratégie, mémoire et capacité d'abstraction.

Les tournois de fin d'année bousculent même les *à priori* que chacun peut avoir sur la corrélation entre milieu social et résultats scolaires. Ce critère motive la plupart des expériences conduites par des équipes d'enseignants.

La réussite des expériences repose pour une large partie sur le caractère ludique de ce processus, et sur le fait qu'il y a un but au jeu, capturer le Roi adverse. Le jeu fonctionne comme les jeux vidéo de stratégie et de combats, avec capture de pièces de l'adversaire en cours de partie, qui sont autant de morts ou de prisonniers. Certains ont pu également en faire une lecture plus psychanalytique, se référant au complexe d'Œdipe, le but du jeu s'apparentant au meurtre du père.

Plus précisément, les psychopédagogues ont relevé le bénéfice du jeu d'échecs pour

l'enfant confronté à l'apprentissage de certaines matières. C'est notamment le cas pour le calcul arithmétique et les mathématiques. Le problème d'échecs s'aborde comme un problème mathématique : analyse des données (les pièces sur l'échiquier, leurs positions, les menaces, protections et combinaisons) énoncé des hypothèses et simulation des coups possibles en déduction, plan logique à suivre....

Si l'enseignement des mathématiques a pour but essentiel de doter l'enfant d'une capacité de raisonnement et de méthode, le jeu d'échecs est sans aucun doute celui qui peut développer le mieux ses facultés dans ce domaine. Observation - analyse - hypothèses - vérification-planification - probabilité et calcul des variantes - analyse des conséquences - toute la chaîne méthodologique est présente dans ce jeu.

Pour que le but recherché - l'amélioration des performances scolaires et celle des facultés de stratégie, de mémoire et de concentration - soit atteint, encore faut-il que la méthode d'apprentissage d'échecs soit conçue en fonction de ce développement et qu'elle ne se limite pas à un apprentissage de la seule matière échiquéenne.

De ce point de vue, les méthodes d'apprentissage du jeu d'échecs à la disposition des instituteurs ont la plupart du temps été créées par des joueurs d'échecs et ne répondent qu'imparfaitement à ce but. Aucune n'a été préparée en prenant en compte les questions posées par l'apprentissage de savoirs, leur transférabilité, et les méthodes de didactiques, et à *fortiori* en ayant pour objectif de transférer les habiletés développées par la pratique à d'autres disciplines

Le but de notre recherche est d'analyser par une observation expérimentale sur une population d'élèves de CM1-CM2 et de collégiens les bénéfices de l'apprentissage des échecs et leur transférabilité, c'est-à-dire les effets au regard des capacités cognitives de l'élève dans d'autres domaines que le seul domaine échiquéen.

Pour conduire ce travail, notre recherche a nécessité l'élaboration d'une méthode d'apprentissage spécifique visant à cet objectif de transférabilité et, postérieurement à l'apprentissage ayant duré une période de six mois, la passation d'une batterie d'épreuves de contrôle non-échiquéennes par le groupe expérimental et les groupes témoins.

Trois questions sont soulevées par l'objet même de notre recherche, relatives aux composantes cognitives recrutées par la pratique du jeu d'échecs, à la réalité du transfert d'habiletés cognitives, enfin à la conception d'une didactique intégrant l'objectif de transfert dans l'hypothèse où la transférabilité d'habiletés cognitives soit avérée expérimentalement.

1 – Notre première partie théorique sera consacrée à l'examen des composantes cognitives mobilisées par l'activité de haut niveau qu'est le jeu d'échecs.

Celles-ci ont été beaucoup étudiées en psychologie cognitive. Durant deux décennies, les échecs furent le domaine privilégié d'études de certains mécanismes cognitifs. Ceci explique que toute la partie expérimentale de notre travail a été conçue et conduite en regard de cette discipline.

Le premier domaine qui a fait l'objet de recherches approfondies a été celui de l'organisation de la mémoire à long terme. Il s'agissait d'étudier le mode de structuration

de la base de connaissances des grands-maîtres à partir de paradigmes expérimentaux experts-novices. Les liens entre la théorie de l'information et les modèles de mémoire à long terme ont permis de dégager les concepts clés dans ce domaine d'enrichissement de l'encodage, de catégorisation visuo-spatiale et d'étiquetage, et d'arborescence de la base de données de l'expert. La théorie de l'expertise est née de ces études échiquiennes. Ce point fera l'objet de notre Chapitre 1.

Le deuxième champ expérimental fut celui de l'exploration en profondeur et de la décision. Ces deux domaines sont fortement redevables des travaux conduits sur les joueurs experts. En effet, les premiers modèles de simulation issus de la théorie de Newell (1957) se sont appliqués aux analyses et calculs du meilleur coup à jouer dans une position donnée entre deux adversaires. Les heuristiques de résolution de problèmes ont utilisé les calculs échiquiens comme matériau d'investigation des processus décisionnels et des stratégies probabilistes.

La nature particulière du jeu d'échecs, qui oblige le joueur à calculer mentalement sans avoir le droit de toucher les pièces, explique qu'un troisième domaine d'études ait recouru à la matière échiquienne comme support de recherches. L'imagerie mentale est une activité cognitive riche d'enseignement puisqu'elle constitue le pont entre perception et mémoire (Kosslyn & Sussman, 1996). L'imagerie est un processus de haut niveau qui intervient très tôt pour compléter les éléments perçus, par comparaison entre ceux-ci et des images mentales connues et stockées en mémoire activées par les stimuli ; elle amorce ainsi l'identification de l'objet, de son mouvement et de l'action motrice éventuelle. Le joueur expert, lorsqu'il voit une position, active en mémoire à long terme des patterns d'assemblage de pièces étiquetés, c'est-à-dire ayant un sens et se rapportant à des types de parties jouées dont l'issue connue (en termes de gain ou de défaite) l'aide à évaluer la position et à conduire son travail de recherche en profondeur du bon coup à jouer. On le voit, cette imagerie mentale commence par un processus de traitement visuo-spatial performant, qui n'est pas seulement perceptif.

Exploration en profondeur et imagerie mentale feront l'objet de notre Chapitre 2.

Ces questions ont été étudiées plus particulièrement sur les sujets adultes, mais nous avons recherché également les travaux s'y rapportant qui étaient dédiés à la population d'âge scolaire. Les Chapitres 3 et 4 nous permettront de faire le point sur l'ensemble de ces travaux et expériences consacrés spécifiquement à l'enfant.

2 - Les composantes cognitives recrutées et développées par la pratique échiquienne sont-elles spécifiques au domaine d'expertise ? Telle est la question qui surgit naturellement. Question que les chercheurs posent pour tout domaine d'expertise dans lequel un sujet développe des compétences ou des habiletés.

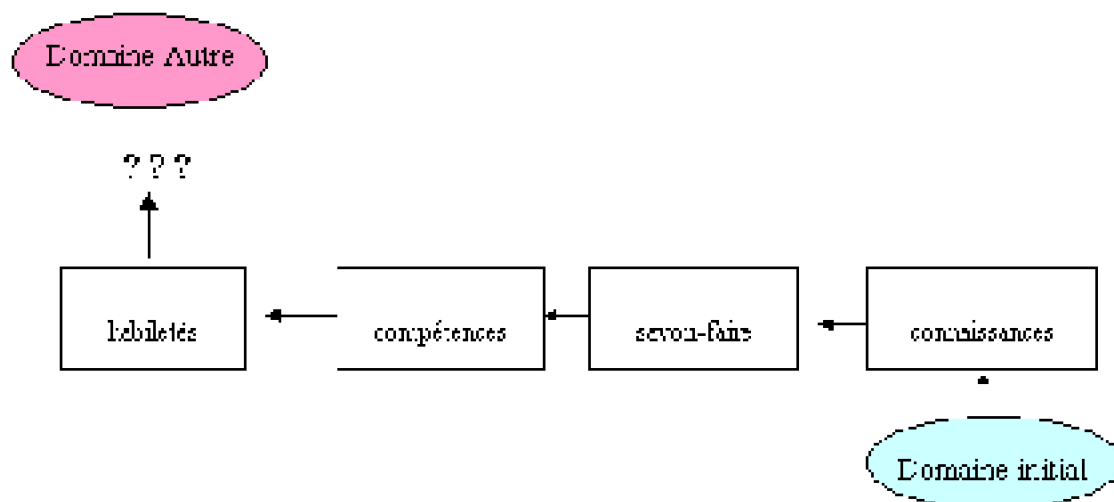
Le débat sur le caractère spécifique des compétences et habiletés développées dans un domaine d'expertise fait depuis longtemps l'objet de thèses opposées et de débats nourris. L'examen approfondi de la littérature en psychologie cognitive nous a permis de cerner les éléments des théories s'affrontant, mais surtout de recenser de nombreux travaux attestant de l'évidence expérimentale du transfert d'habiletés métacognitives.

Cette question de l'existence et des conditions du transfert métacognitif sera traitée dans le Chapitre 5 tandis que dans le Chapitre 6 nous rapporterons l'évidence

expérimentale de ce type de transfert.

La question des rapports entre la Didactique d'un corpus et la Métacognition est abordée dans le Chapitre 7. Il s'agira dans celui-ci d'examiner les conditions de conception d'une didactique d'un savoir pour que ce savoir soit à la fois approprié par un sujet apprenant mais également qu'il puisse servir dans d'autres domaines que le domaine initial d'apprentissage.

Dès maintenant, il paraît utile de justifier la distinction faite entre compétences et habiletés cognitives. Les compétences renvoient à un savoir-faire éprouvé en diverses situations qui ont généré chez un sujet une capacité à transposer ou transférer les composantes de ce savoir-faire à des situations plus ou moins voisines. Ce concept inclut, par conséquent, l'apprentissage de connaissances par l'action, ayant conduit un sujet à se doter de méthodes et de procédures identifiées et adaptables selon la spécificité de situations à travers lesquelles ces connaissances sont utilisées hors le champ initial d'apprentissage. Les habiletés cognitives renvoient, quant à elles, à l'amont des compétences, c'est-à-dire à des processus plus généraux et non spécifiques à un domaine de connaissances en action.



Par exemple, le traitement visuo-spatial en imagerie est une habileté cognitive que l'on pourra retrouver aussi bien chez le pilote d'un avion ou l'aiguilleur du ciel que chez le joueur d'échecs, le basketteur ou l'architecte. Ce traitement s'applique à des situations et à des stimuli différents. La question posée, s'agissant de telles habiletés cognitives, est de savoir si le développement de celles-ci à travers telle ou telle discipline est transférable d'une discipline à l'autre. Pour y répondre, une nouvelle fois, il était nécessaire d'aller rechercher en psychologie cognitive, voire en neuro-psychologie cognitive, les travaux ayant porté sur l'étude des mécanismes cognitifs et les réseaux neuronaux recrutés, dans des tâches mobilisant prioritairement les mêmes opérations mentales. Nous avons conçu notre premier groupe d'expériences dans le but, précisément, de vérifier la nature exacte des habiletés cognitives recrutées par la pratique échiquéenne chez l'enfant. Les quatre expériences conduites font l'objet des Chapitres 8 à 11.

3 – L'évidence du transfert métacognitif apportée par notre premier groupe

d'expériences et l'analyse des conditions de ce type de transfert nous ont permis de formuler en conséquence l'interrogation centrale de notre recherche. A quelles conditions la didactique d'un corpus de savoir doit-elle satisfaire pour que la transférabilité des habiletés cognitives développées dans ce savoir en action soit efficiente ?

Le Chapitre 7 était consacré à l'examen théorique des rapports entre Didactique et Transfert. Nous avons voulu étudier expérimentalement ce point en prenant comme sujet l'apprentissage du jeu d'échecs.

Si, lors de la pratique d'un savoir, des habiletés sont mobilisées et entraînées, est-ce que l'apprentissage peut inclure un objectif d'optimisation de ces habiletés hors le corpus d'origine ? C'est pour répondre à cette question que nous nous sommes attachés à définir une didactique intégrant au cours de la phase d'acquisition des connaissances initiales échiquiennes des exercices de transfert des habiletés cognitives recrutées par l'apprentissage de ces connaissances au cours d'une action.

4 - De ce cahier des charges expérimental on doit dégager les éléments méthodologiques suivants.

Nous parlons de connaissances et d'acquisition de celles-ci par l'action. Cet énoncé pose comme postulat l'efficacité des apprentissages par l'action du sujet. C'est grâce à un processus de construction-élaboration qu'un sujet transforme les connaissances visées en compétences et se dote d'un contrôle de l'utilisation de celles-ci. Ce processus de contrôle marque le passage à une phase de création et de consolidation de compétences. Ce stade de stratégie de contrôle de l'utilisation de savoirs-faire en fonction de nouvelles situations est celui des compétences.

De ces deux composantes, il faut déduire qu'une didactique suppose d'une part l'apprentissage par l'action et, d'autre part, la mise en place d'une capacité métacognitive de stratégie contrôlée d'utilisation grâce à une évaluation des rapports entre efficacité et méthodes suivies.

Ces principes de base de la didactique d'un savoir ont dicté notre travail de conception du didacticiel d'échecs.

4 - Quel a été notre cheminement dans la conduite de notre recherche ?

Nous avons dans un premier temps établi l'inventaire des processus et mécanismes cognitifs mobilisés par la pratique du jeu d'échecs, tel qu'il ressort de la littérature en sciences cognitives. Puis, nous avons bâti un premier ensemble expérimental ayant pour objectif de vérifier quelles habiletés cognitives étaient transférables du domaine échiquéen à d'autres domaines. Ces deux premières phases correspondent plus à un travail de psychologie cognitive. Nous avons indiqué que nos deux premières parties, comprenant les Chapitres 1 à 11, couvrent ces deux phases.

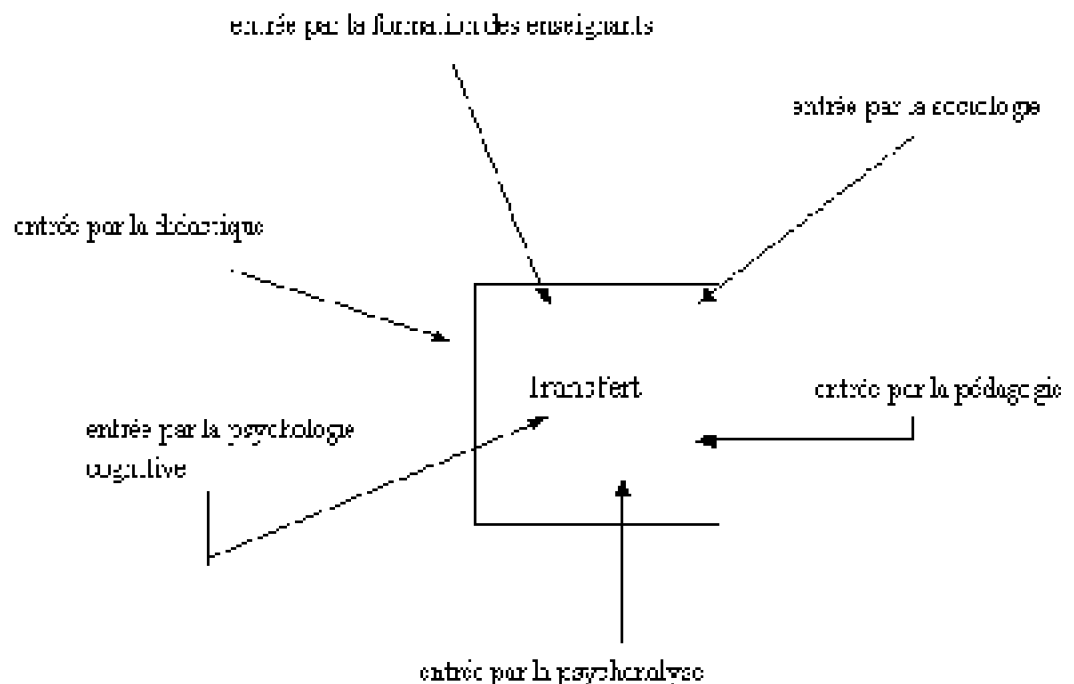
La troisième phase a consisté à mettre au point une didactique des échecs intégrant cet objectif du transfert. Au cours de l'élaboration du didacticiel, présentée dans le Chapitre 12, nous avons étroitement associé psychologie cognitive, didactique et environnements interactifs d'apprentissage par ordinateur.

Une quatrième phase a consisté à soumettre le didacticiel à deux classes d'élèves de CM2, que tous les élèves ont suivi durant sept mois au rythme de deux séances par

semaine à l'intérieur du temps scolaire. Les résultats de cette partie expérimentale seront analysés au Chapitre 13.

Enfin, pour l'évaluation du transfert d'habiletés cognitives intégré comme objectif du didacticiel utilisé en plus de l'objectif premier qui portait sur le jeu d'échecs, nous avons conçu des épreuves de contrôle sur des tâches non-échiquiennes, qui ont été passées par les deux classes ayant participé à l'expérience et par deux classes témoins. Les Chapitres 14 à 18 présentent ces épreuves-contrôles, les résultats et l'interprétation de ceux-ci.

5 - La description de ces phases illustre le choix opéré de n'étudier la question du transfert que sous certains aspects. Cela signifie que notre travail a laissé de côté plusieurs autres entrées possibles de cette question du transfert. Si nous illustrons sous la forme d'un schéma l'analyse présentée lors du colloque de Lyon (1994) de la question du transfert, nous voyons que nous n'avons traité à titre principal dans notre travail que deux entrées : celle de la didactique et celle de la psychologie cognitive.



Lors de l'examen du modèle d'une didactique du transfert que nous avons essayé d'esquisser en conclusion (Chapitre 19), nous aurons l'opportunité d'évoquer le sens et l'intérêt des autres approches possibles du sujet du transfert.

Le plan que nous allons suivre reprend le cheminement évoqué plus haut.

Dans une **première partie**, nous ferons un état des travaux de psychologie cognitive sur le jeu d'échecs.

Dans une **deuxième partie**, nous examinerons la question du transfert au double point

de vue de la didactique et des mécanismes cognitifs.

La **troisième partie** présentera le premier ensemble expérimental au cours duquel nous avons cherché à déterminer les habiletés cognitives qui apparaissaient transférables.

La **quatrième partie** nous permettra de présenter le didacticiel élaboré en vue d'apprendre à jouer aux échecs et à transférer les principales habiletés recrutées.

Le groupe d'expériences portant sur les épreuves de contrôle constituera la **cinquième partie**.

Dans une **sixième partie** de conclusions, nous esquisserons ce que peut être un modèle d'une didactique du transfert.

1ère partie Les composantes cognitives du jeu d'échecs

Considéré comme une activité mettant en jeu de nombreuses facettes de l'activité cognitive, le jeu d'échecs fait depuis longtemps l'objet d'études en psychologie expérimentale.

Entre Binet et son travail sur les protocoles verbaux des grands maîtres jouant sans voir l'échiquier (1894) et l'étude, dans le domaine des neurosciences cognitives, d'Amidzic et al. (2001) impliquant la tomographie par émission de positons et mettant en lumière l'organisation spécifique de la mémoire à long terme des experts, toutes les formes d'études ont été mises en oeuvre. Le jeu d'échecs est apparu comme la drosophile des cognitivistes selon l'expression de Charness (1992) dans son travail de recension de la littérature rendant compte des expériences conduites depuis le travail pionnier de De Groot (1966) et de Chase et Simon (1973) : « ***chess could act as a model organism for cognitive psychology, a kind of drosophila fruitfly.*** »

Au cours des trente dernières années, l'essentiel de ces études a porté sur les composantes de l'expertise - perception, organisation de la base de connaissances, analyse en profondeur et stratégie - et peu sur les mécanismes du développement de l'habileté échiquéenne, à fortiori au regard des processus cognitifs de l'enfant et de la différenciation entre joueurs et non-joueurs.

En dépit de leur remarquable contribution, ni De Groot, Chase et Simon, ni Charness, Chi, Gobet ou Krogus, n'ont abordé les échecs sous cet angle. Tous ont en effet travaillé

sur un paradigme expert-novice et élaboré une véritable théorie de l'expertise, singulièrement au regard de l'organisation de la mémoire à long terme.

Quelques rares travaux ont toutefois essayé de répondre à la question de l'utilité, pour un projet pédagogique, d'utiliser les échecs en vue de faciliter la compréhension d'autres disciplines et de profiter de la dimension ludique de cette pratique pour motiver l'enfant. Ceux-ci ont principalement concerné les rapports entre la discipline des mathématiques et les échecs. Nous les analyserons dans le corps de notre première partie.

Nous présenterons dans une première sous-partie les travaux ayant porté sur les diverses composantes cognitives recrutées par les échecs. Une deuxième sous-partie sera consacrée aux travaux qui ont eu pour objet d'établir les liens pouvant exister entre aptitudes intellectuelles et pratique échiquéenne, et aux recherches dédiées à la pratique chez l'enfant et l'adolescent traitant des liens entre celle-ci et l'éducation.

1^{ère} sous-partie Jeu d'échecs, habiletés cognitives et théorie de l'expertise

L'étude de la pratique du jeu d'échecs chez les novices ou les grands-maîtres a apporté nombre d'outils méthodologiques et d'analyse à la psychologie cognitive. Elle a notamment permis de construire le modèle théorique de recherche sur l'organisation de la mémoire à long terme, à partir du travail princeps de De Groot (1966) et de Chase et Simon (1973). Mais elle se trouve également fortement contributaire des recherches expérimentales sur la perception, la résolution de problèmes et, bien entendu, sur les approches différentialistes autour de paradigmes experts-novices. Ainsi doit-on relever qu'au début de l'approche cognitiviste fondée sur la métaphore du traitement de l'information dans les années soixante et les travaux sur l'intelligence artificielle, les échecs ont inspiré la construction de modèles d'analyse et de simulation de l'exploration en profondeur et de la prise de décision.

Au total, c'est donc sous trois aspects que les échecs ont servi d'objet de recherches pour les travaux sur les mécanismes cognitifs : pour l'étude des composantes de l'expertise, pour les tâches complexes de haut niveau, enfin pour l'étude de l'exploration en profondeur.

De Groot, au colloque de Pittsburgh (1966), avait proposé quatre objectifs du programme de recherches sur le joueur d'échecs, qui allaient servir de cadre pour les travaux des trente années suivantes :

comment fonctionne la perception échiquéenne ? quel est son rôle dans la performance?

comment la mémoire échiquéenne se développe-t-elle?

quelle est la structure de la mémoire à long terme ?

comment la mémoire à long terme fonctionne-t-elle ?

Charness (1992) dans son travail de recension des travaux de sciences cognitives consacrés aux échecs trouve plus de deux cent cinquante citations de ce programme de De Groot. Il relève, plus encore que la fréquence des citations, l'importance de l'impact sur les sciences cognitives des recherches conduites sur la pratique des échecs. Celles-ci ont notamment contribué à l'élaboration de la méthodologie et de la théorie de cette discipline.

Deux exemples peuvent illustrer cet apport en matière de méthodologie : la technique du rappel et celle des analyses à voix haute de protocoles suivis dans une tâche par un sujet. De Groot a mis au point le rappel sous la double condition, qui consiste à montrer sur un échiquier durant cinq secondes une position correspondant à une partie ayant été jouée en compétition, puis à inviter le sujet à rappeler les pièces dans leur position exacte, la condition contrôle comprenant la présentation, toujours de cinq secondes, mais d'une position aléatoire et non issue d'une partie réelle et ayant de ce fait aucun sens échiquéen. Ce paradigme expérimental a servi pour partie de référence pour les travaux sur les habiletés de l'expert, comme par exemple les études portant sur les joueurs de bridge (Charness, 1979), les musiciens (Beal, 1985), les joueurs de basket-ball (Allard et al. 1980), les techniciens en électronique (Egan & Schwartz, 1979), ou encore les spécialistes du diagnostic médical (Patel & Groen, 1986).

Les protocoles oraux relatant un cheminement dans une résolution de problèmes, que De Groot puis Chase et Simon ont utilisés dans la ligne du travail de Binet (1894), ont été par la suite couramment retenus dans les recherches en résolution de problèmes (Newell & Simon, 1972 ; Ericsson & Simon, 1984).

Il convient de noter que les échecs offrent un outil particulièrement pertinent pour les études sur les habiletés grâce à l'existence d'un classement des joueurs baptisé ELO, du nom de son inventeur dans les années soixante. Ce classement est établi à partir du calcul permanent du niveau des joueurs en fonction de leurs performances dans les compétitions. Le calcul prend en compte le classement de l'adversaire rencontré et le résultat du match. Les joueurs d'échecs participant à des protocoles expérimentaux sont donc étalonnés selon ce classement échiquéen, ce qui facilite la comparaison entre sujets, d'autant que l'empan est très large entre les bornes du classement, le niveau le plus bas du classement ELO commence à 1000, le champion Kasparov culminant à plus de 2880. Cet outil a aidé, entre autres, les chercheurs étudiant la question de l'expertise à partir de paradigmes experts-novices.

Au plan de la théorie, comme l'a suggéré Simon dans son article de 1973, les échecs ont servi de modèle écologique pour l'exploration des processus cognitifs mobilisables dans des tâches complexes. La théorie du traitement de l'information de Newell et Simon (1972) est fondée, pour près de la moitié, sur les protocoles expérimentaux concernant l'étude de tâches échiquéennes. La théorie de l'expertise, liée au développement et à

l'organisation de la base de connaissances et non à des données innées, est redevable de l'étude de la mémoire des grands maîtres, celle-ci s'avérant essentielle dans la capacité d'exploration en profondeur des situations ou positions d'une part, et n'étant pas liée au niveau d'intelligence abstraite d'autre part. Tous les travaux sur l'expertise réfèrent aux conclusions de ces travaux princeps et surtout incluent des expériences sur des groupes de sujets-joueurs échantillonnés selon leur classement ELO. Il s'en dégage un point central, qui est le constat de ce que l'expertise, fût-ce au plus haut niveau, se construit et n'a rien à voir avec l'inné, contrairement à une tradition de croyances qui s'accommodait de ce théorème pour expliquer les performances des grands-maîtres. Ceux-ci n'ont pas une capacité d'analyse en profondeur ou de mise en oeuvre d'heuristiques générales et abstraites nettement supérieure aux novices, mais leur base de connaissances en mémoire à long terme est plus développée et surtout mieux organisée. Ce point fut l'un des apports expérimentaux les plus forts dans le travail de De Groot (1965). Si nous le relevons en ouverture de cette partie, c'est pour écarter d'emblée un faux argument parfois avancé par des esprits peu avertis, selon lequel ce sont les dispositions intellectuelles génétiques, le câblage de l'inné, qui expliqueraient cette aptitude et le fait que certains sont faits pour jouer aux échecs, d'autres pas. Ce postulat idéologique et pseudo-scientifique doit être incriminé afin de rendre à la question toute sa dimension scientifique.

Nous ne saurions passer sous silence, dans ce bref aperçu illustrant le bien-fondé du marqueur 'drosophile' avancé par Charness, les secteurs dans lesquels les travaux sur des tâches échiquiennes ont permis de fructueux progrès.

Pritchard et Campbell (1977) ont cherché à répondre à la question des motivations qui fondaient la pratique de ce jeu chez certains. Après Cleveland (1907), Doll, et Mayr (1987) ont renforcé le constat fait par De Groot que le niveau d'intelligence n'était pas un facteur significatif de la performance en résolution de problèmes complexes. Dans le même ordre d'idées, Chi (1978) a mis en évidence que les enfants très bons joueurs d'échecs et supérieurs à des adultes dans ce jeu ne s'avéraient pas plus performants que ceux-ci sur des tâches de mémorisation à court terme. En imagerie, dans les processus de reconnaissance de patterns ou dans l'étude des traitements automatiques, les tâches échiquiennes ont fourni nombre de protocoles écologiques aux chercheurs. Enfin, la complexité des processus de résolution de mats et de calcul en profondeur des variantes de coups a servi de modèle pour les travaux de mise au point de modèles informatisés de simulation de décision, à la suite des travaux de Newell et Simon (1972). L'intelligence artificielle, très tôt, a eu pour objectif de reproduire le processus d'analyse et de décision pour mettre au point des ordinateurs capables de jouer et de battre (!?) l'homme (Berliner, 1979, 1981). La question en débat dans ce cas a été celle de la part respective (trade off) entre base de connaissances et recherche en profondeur (Berliner & Ebeling, 1989). Question non tranchée à ce jour puisque Deep Thought, super ordinateur capable de calculer 700000 positions à la seconde n'a pu, in fine, battre Kasparov.

CHAPITRE 1 La théorie du chunking

La première question qui a accaparé les chercheurs est celle de la capacité de la

mémoire révélée dans les protocoles de rappel. La théorie de Miller (1957) sur les limites de la mémoire à court terme, symbolisée par le nombre 7 ± 2 items pouvant être stockés, se heurtait aux constatations expérimentales qui voyaient des sujets rappeler des dizaines d'items encodés successivement dans des conditions d'exposition brève. L'intuition, autant que la connaissance des travaux sur les moyens mnémoniques mis au point et rapportés depuis l'Antiquité, a conduit les chercheurs à postuler que les performances étaient vraisemblablement liées aux méthodes de regroupement du matériel à rappeler. Appliquée à l'étude du rappel chez les joueurs d'échecs, est née la théorie du chunking, c'est-à-dire de la constitution de sous-ensembles en vue de la mémorisation, théorie qui reste à ce jour la plus pertinente pour rendre compte de ce phénomène, après avoir été affinée, notamment s'agissant des conditions de sa mise en oeuvre et des processus cognitifs mobilisés.

1 L'aptitude au chunking, l'évidence expérimentale

11 le modèle de Chase et Simon (1973)

Le travail de De Groot a porté principalement sur l'intervention de la mémoire dans la performance du grand-maître. Lui-même grand-maître et docteur en psychologie, il émettait l'hypothèse que le champion ne montre pas de capacité intellectuelle particulière par rapport à un joueur moyen, mais que c'est l'importance des connaissances accumulées et le mode d'organisation de celles-ci en mémoire à long terme (MLT) qui expliquerait la différence. Dans ses expériences, De Groot a pu effectivement établir qu'entre deux joueurs de niveau très différent il n'existait pas de différence intrinsèque dans la capacité d'exploration en termes de nombre de coups ou d'heuristiques de calculs de variantes. Experts et débutants sont capables d'analyser environ 35 coups, de faire un calcul en profondeur de variantes sur 7 niveaux, d'analyser chacun 3 coups possibles à la minute. En revanche, quand une position sur un échiquier correspondant au milieu d'une partie était présentée durant une courte durée, entre 2 et 10 secondes, on observait dans le rappel ultérieur de cette position des scores très disparates : le maître n'avait aucune difficulté à rappeler la position de façon parfaite, alors que le débutant ne rappelait que 50% des pièces. Il n'en était pas de même lorsque le rappel proposé ne l'était pas sur une position de partie réelle, mais comportait une position de pièces réparties au hasard sur l'échiquier sans aucun rapport avec une partie jouée. Dans ce second cas, le maître ne faisait pas mieux que le débutant. Ce n'était pas, par conséquent, la capacité en soi de la mémoire à court terme qui était en cause, mais plutôt la mémoire à long terme, en ce que le maître lorsqu'il voyait une position réelle encodait celle-ci beaucoup plus facilement à partir de la reconnaissance du sens de sous-ensembles de pièces liées entre elles. Ainsi était née la théorie du chunking.

Par la suite, Chase et Simon (1973a) vont élaborer **la théorie de la reconnaissance-association** pour expliquer pourquoi et comment le maître mémorise facilement une position d'une vraie partie. Leur modèle définit l'existence de petits groupes de pièces agencées entre elles, les chunks, qui sont perçus par le joueur et reconnus en tant que tels, et sont stockés en mémoire à long terme. Ces chunks sont perceptifs, en ce sens qu'ils sont reconnus comme patterns d'assemblage et d'activation

d'un motif d'ordre perceptif. C'est en cela que le modèle de Chase et Simon est défini comme un modèle de perception, plus que de mémoire. Les chunks ont chacun une étiquette. La mémorisation par cette seule étiquette permet de dépasser la capacité de la mémoire à court terme. En reconnaissant cinq ou six patterns d'assemblage, le maître peut récupérer en mémoire les chunks dont il a la composition détaillée, et il peut de ce fait rappeler entre vingt et trente pièces en leur localisation absolue dans les trois critères de forme - un Fou ou un pion -, de couleur - des pièces de couleur noire ou blanche -, et de coordonnées orthogonales - un Cavalier en g4, un Roi en g1 -. La figure 1 illustre cette notion de chunk. Le chunk ou pattern présenté est celui du Roi roqué. Tout joueur apprend très vite que son Roi doit être mis en sécurité par le roque, mouvement qui consiste à bouger en même temps et en un seul coup et le Roi et la Tour : le Roi passe de sa case initiale e1 en g1, la Tour passe de sa case initiale h1 en f1 ; la Tour peut ainsi être mise en jeu, par exemple comme sur la figure en venant sur la case e1 pour contrôler la colonne e. Le roque n'est possible que si les cases entre Tour et Roi sont libérées. Dès les premiers coups, le joueur sort ses pièces pour les activer et ainsi libérer les cases rendant possible le roque. Souvent, le joueur déplace son Fou de la case initiale f1 à la case g2, d'où il contrôle la diagonale h1-a8. Les pions f, g, h, sont maintenus près du Roi et constituent une garde rapprochée le protégeant de toute attaque. Le joueur même novice est donc familier de ce schéma ou pattern d'organisation des pièces intitulé Roi roqué. Ce pattern est activé en voyant la forme du groupe de pièces, l'étiquette Roi roqué autorisant la récupération en mémoire de deux choses : l'emplacement de chacune des pièces et le mouvement potentiel de chacune. Dans notre exemple, il s'agit du mouvement potentiel du Fou sur les cases de la diagonale, et le déplacement possible de la Tour sur toutes les cases contrôlées, de la rangée 'a' et de la colonne 'e'.

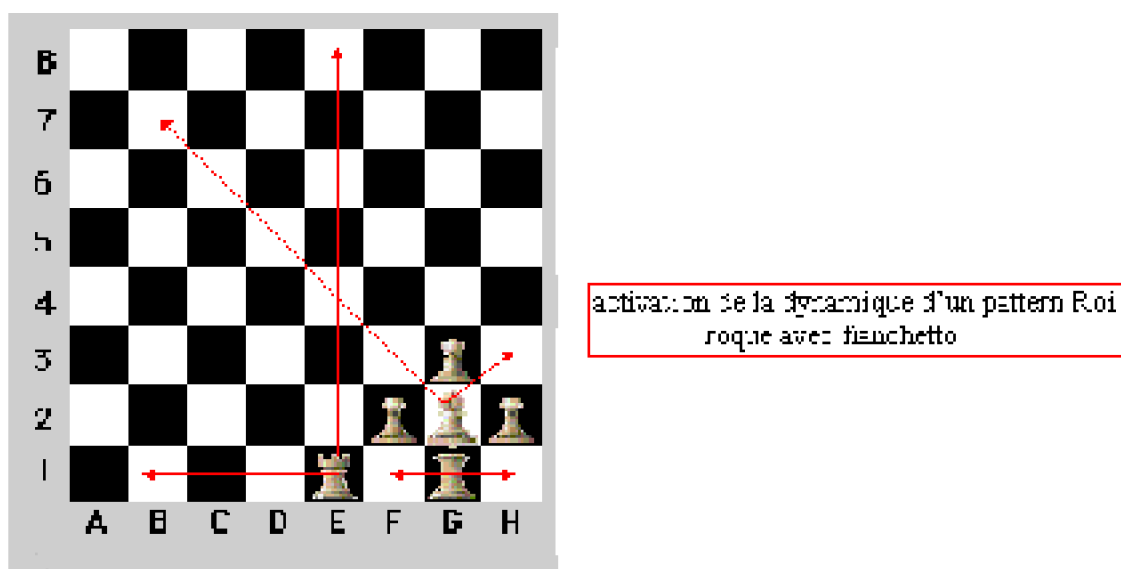


Figure 1 : Chunk du Roi roqué.

Les parties d'échecs jouées voient se reproduire des dispositifs de pièces habituels et prototypiques selon les types de parties. En fonction de la fréquence d'apparition de ces dispositifs prototypiques, le joueur se constitue en mémoire à long terme une base de données des chunks les plus familiers. A la seule vue d'un chunk, il récupère en mémoire

à long terme les détails du placement respectif de chaque pièce. Ainsi s'explique qu'il consacre peu de temps et de ressources pour mémoriser les patterns les plus familiers. Et ainsi se comprend l'affirmation posée par De Groot (1966) selon laquelle le fondement de l'expertise du joueur se trouve dans sa mémoire.

Simon et Gilmarin (1973) ont étudié chez les grands maîtres l'étendue de cette base de données que composent tous les chunks appris ; ils sont parvenus à estimer que le nombre dépassait les 10000 et avoisinait les 50000.

Le modèle de Chase & Simon (1973a) comprend cette composante de reconnaissance des motifs ou **patterns**, et il comporte une deuxième partie, **l'association**, qui consiste pour le maître à associer le **coup pouvant être joué** préférentiellement en fonction du chunk identifié. Ce double mécanisme expliquerait la vitesse à laquelle l'expert serait capable d'apprécier une situation et de choisir le coup à jouer. Sa base de connaissances serait organisée autour de ces couples chunks-coups à jouer, eux-mêmes étant le fruit de l'expérience qui est la sienne des parties jouées ou apprises. A l'inverse, un faible joueur qui ne peut retenir l'étiquette de chunks voit sa capacité au rappel limitée par le nombre d'items qu'une mémoire à court terme peut retenir.

12 L'évidence expérimentale de la théorie du chunking

L'évidence expérimentale de la théorie du chunking a été apportée par un certain nombre d'études portant sur le **regard du joueur**. Ces études ont consisté à observer le traitement visuel opéré par les joueurs de niveaux différents lorsqu'ils découvraient une position. A raison de plusieurs saccades par seconde, l'oeil se fixe sur des parties du stimulus global qu'est la position. Par l'étude des saccades oculaires, l'objectif était de définir le mode de traitement des stimuli complexes que constituent des objets -les pièces- placés sur un échiquier : que regarde le joueur, selon quelle fréquence, dans quel ordre, où le regard revient-il et combien de fois..? Que peut-on inférer de l'ordre des saccades et des répétitions des fixations ?

De Groot (1965) dans son travail sur le rappel de positions avait mesuré chez les grands-maîtres une vingtaine de fixations du regard. Plusieurs études ont repris ce paradigme et doivent être citées : celle de Tichomirov et Poznyanskaya (1966), celle de Simon et Barenfeld (1969), et celle de Chase et Simon (1973b). On doit associer à ces travaux ceux réalisés sur des sujets non-voyants dont on observait les protocoles de toucher des pièces pour l'étude d'une position à rappeler.

12-1 L'étude de Tichomirov et Poznyanskaya (1966)

Une position de milieu de partie était présentée durant cinq secondes (cf. figure 2). Durant ces cinq secondes, les saccades de l'oeil étaient observées pour voir où le regard se fixait et où il revenait. Selon les auteurs, la fovéa permettait de capter pratiquement quatre cases d'un échiquier de taille officielle, le regard périphérique autorisant lui-même la perception dégradée de huit cases limitrophes, indication que validera Chase (1973) dans son étude.

Trois temps ont pu ainsi être distingués :

1.

Au début, un premier balayage s'opère, extrêmement rapide, avec une saccade seulement sur chacun des quatre coins de l'échiquier :

–

vers le coin droit, avec point de fixation de la fovéa sur le pion g2, où le chunk prototypique du Roi roqué est attendu mais non reconnu puisque la Tour est restée dans son coin en h1, et que la garde de trois pions est bien là mais sans le Roi ;

–

vers le coin gauche, sur c1 où est le Roi, ce qu'attendait le joueur car l'absence du pattern Roi roqué à droite lui fait inférer que le roque opéré est le grand roque et non le petit roque. Le regard capte, autour du Roi en c1, le dispositif familier du Roi flanqué de sa Tour (d1) pour le protéger, de sa garde de pions dont l'un des trois est remplacé par la Dame, et du Cavalier lui aussi en protection. Il s'agit là d'une variante elle aussi familière parce que fréquente, dont l'étiquette est par conséquent stockée en mémoire, d'un Roi ayant effectué le grand roque avec la Dame en position de défense et d'attaque redoutable sur la diagonale b1 h7. Aucune saccade n'est observée à l'intérieur de ce pattern, ce qui atteste qu'il est identifié en tant que tel comme conforme à un modèle en mémoire ;

–

vers le coin droit sur le Roi roqué adverse, chunk presque parfait, c'est-à-dire qui correspond au prototype sans changement : Roi en g8 flanqué de sa Tour et de sa garde de trois pions, Fou en fianchetto sur la grande diagonale d'attaque, et Cavalier en protection supplémentaire contrôlant les cases autour du Roi roqué ;

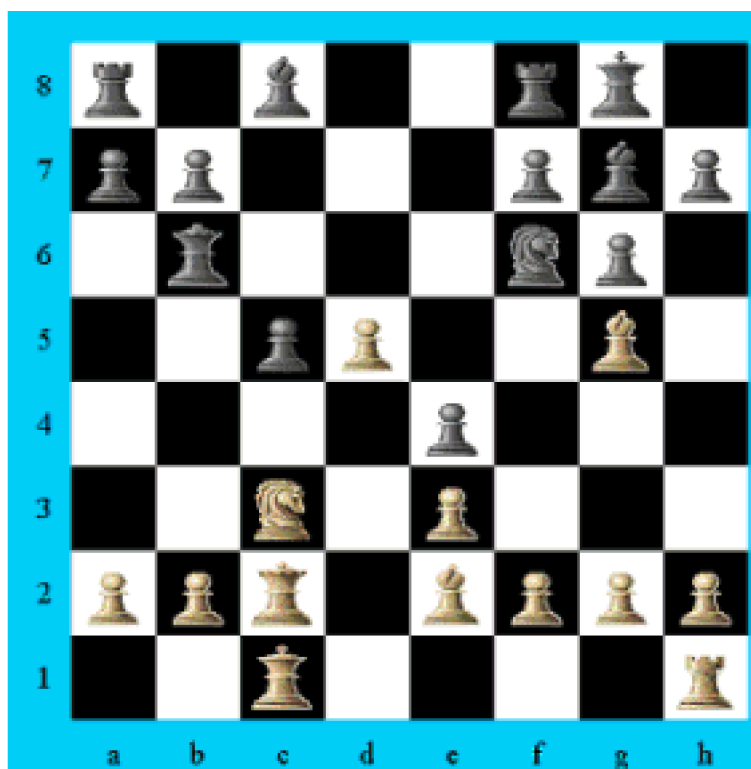


Figure 2 : Position proposée par Tichomirov et Poznyanskaya pour l'étude des saccades oculaires.

—

quatrième saccade enfin, vers le coin gauche sur b7 avec un pattern fréquent : pions a et b, Tour et Fou sur leurs cases d'origine non encore activés. Sans qu'il n'y ait de nouvelle saccade, la présence de la Dame est perçue devant le pion b7, laquelle, bien que n'appartenant pas au chunk, est mémorisée immédiatement en ce qu'elle menace la case b2 du Roi adverse.

2.

Le regard se porte ensuite sur le centre de l'échiquier où quatre pions sont disposés, le centre du regard étant porté entre les cases e4 et d5. Plusieurs saccades sont opérées entre ces deux pions et les pièces qui contrôlent les deux cases. Ce retour sur les cases e4 et d5 indique que le joueur n'est plus dans une séquence de même nature que la première où il passait rapidement d'un coin à l'autre de l'échiquier. Il ne s'agit plus de reconnaître l'étiquette d'un pattern d'activation. Le joueur est entré dans une étape où il cherche à caractériser les relations existant entre les pièces pour en apprécier le sens en termes de menaces ou d'opportunités, phase préalable à une troisième étape qui le verra rechercher le bon coup à jouer en calculant les suites des différents coups possibles par une exploration en profondeur des conséquences. L'étape 2 mentionnée ici concerne directement le rappel, puisque le maître cherche à donner un sens, qu'il pourra retenir, aux relations entre les pièces, sens qui, lors du rappel, rendra possible à la fois le rappel de chaque pièce et sa localisation sur la

bonne case. Le maître voit que les deux Cavaliers en position symétrique (laquelle est prototypique, avec Cavalier blanc en c3 et Cavalier noir en f6) attaquent les deux pions e4 et d5 : quatre pièces sont ainsi mémorisables par ce chunk de contrôle de pions centraux. Il voit également un Fou blanc en position typique d'attaque du Cavalier noir f6.

3.

Les trois ou quatre saccades nouvelles sur e4 et d5 témoignent que le maître est entré dans le calcul des suites de coups. Il regarde entre ces saccades le Cavalier f6, la Dame en b6 et la Dame en c2. Il voit que si Cavalier f6 prend le pion d5, le Cavalier blanc en reprenant en d5 libère la diagonale du Fou noir qui peut venir faire échec au Roi en gagnant un pion, protégé qu'il est par sa Dame en b6. Cette troisième étape est suffisante pour mémoriser avant le délai de cinq secondes la totalité de la position en vue de son rappel.

La distinction entre cette phase de reconnaissance de patterns familiers et d'assemblage de ceux-ci pour dégager un sens aux relations entre pièces et chunks, et la phase d'exploration de la position en vue du calcul du coup à jouer, a été mise en lumière par ces mêmes auteurs dans une expérience portant sur les joueurs non-voyants (Tichomirov & Terekhov, 1969). Les joueurs non-voyants, en cours de partie, touchent les pièces au lieu de les regarder comme leurs adversaires. Ils procèdent de même dans les tâches de rappel. L'observation de leurs mouvements et de l'enchaînement des touchers a permis de vérifier que chez les très bons joueurs non-voyants, le processus de découverte de la position était le même. Une position de milieu de partie qui leur était soumise les voyait suivre le même cheminement dans la découverte : les pièces de chaque chunk des quatre coins de l'échiquier, en commençant par le coin droit où est attendu le Roi roqué des Blancs, puis le centre de l'échiquier. Des pièces sur lesquelles ils revenaient au cours de cette seconde étape on déduisait qu'ils essayaient de 'faire parler' les relations entre les pièces du centre de la même manière que les autres sujets.

On peut rapprocher de cette étude de la fixation du regard le travail de Simon et Barenfeld (1979). Ces auteurs ont construit un modèle de simulation des saccades oculaires à partir de données psychophysiques et de la probabilité des saccades en fonction du nombre de relations structurelles entre les pièces.

12-2 L'étude 'The Mind's Eye in chess' de Chase et Simon (1973b)

Les auteurs partent des conclusions du travail de De Groot (1965), définissant la différence entre l'expert et le novice comme une différence de mémoire et non de capacité d'analyse en profondeur d'arbres de décision complexes. Alors que De Groot analysait les modes de rappels opérés à l'aide des protocoles verbaux des sujets, Chase et Simon vont étudier expérimentalement le processus suivi lors du rappel par l'étude du regard des sujets. Le paradigme retenu est le même que celui de De Groot, une tâche de rappel d'une position présentée sur une durée de cinq secondes, comportant plusieurs essais jusqu'à l'obtention d'un rappel parfait, avec présentation de la position entre chaque essai. Mais ils y ajoutent une seconde condition, dite Perception, par opposition à Mémoire, qui voit le sujet opérer le rappel en pouvant se reporter à la position qui reste visible à côté de

l'échiquier sur lequel il place les pièces rappelées. Trois sujets - et seulement trois !- réalisaient la tâche : un grand-maître figurant dans les vingt meilleurs joueurs américains, un débutant n'ayant jamais fait de compétition, un joueur classé dans le percentile 85 des joueurs classés. Les trois sujets avaient tous le même niveau intellectuel, tous trois étaient détenteurs d'un doctorat.

Ramenées en temps de pratique, les différences calculées par Chase s'établissent à un nombre compris entre 10000 et 50000 heures pour le grand-maître, 1000 et 5000 pour le classé, et environ 100 heures pour le débutant. Les joueurs se voyaient proposer cinq positions de milieu de partie réelles ayant été publiées (de 25 pièces chacune), cinq fins de partie elles aussi réelles et publiées (de 15 pièces chacune), et quatre positions de pièces disposées au hasard (de 25 pièces chacune).

Dans la condition Perception, l'expérience consistait à observer le nombre ainsi que la durée des fixations de la position laissée visible et la nature détaillée du rappel qui suivait les coups d'oeil jetés sur l'échiquier de contrôle. La mesure du temps du regard porté sur la position, autant que le temps s'écoulant entre le dépôt de chaque pièce rappelée étaient capturées. Chase avait défini de façon arbitraire que toute pièce posée moins de 2 secondes après une autre appartenait au même chunk perceptif, tandis que les pièces rappelées après 2 secondes appartenaient à un autre chunk. Il pouvait ainsi appréhender le nombre de chunks et la qualité des chunks reconstitués, selon que, par exemple, les pièces étaient posées à l'intérieur du délai des 2 secondes sans que le regard se porte à nouveau sur l'échiquier de contrôle.

Les résultats relatifs au taux de rappel ne différaient pas de ceux constatés par De Groot : respectivement 16, 8 et 4 pièces rappelées au 1^{er} essai pour les trois niveaux de force. Pour les positions au hasard le taux de rappel était identique entre les trois sujets, ce qui démontrait que le facteur expérience était principal pour expliquer les performances sur les positions de parties réelles. Le sujet grand-maître avait refusé de poursuivre au-delà du 3^{ème} essai l'exercice pour la position aléatoire au motif que la position n'avait aucun sens.

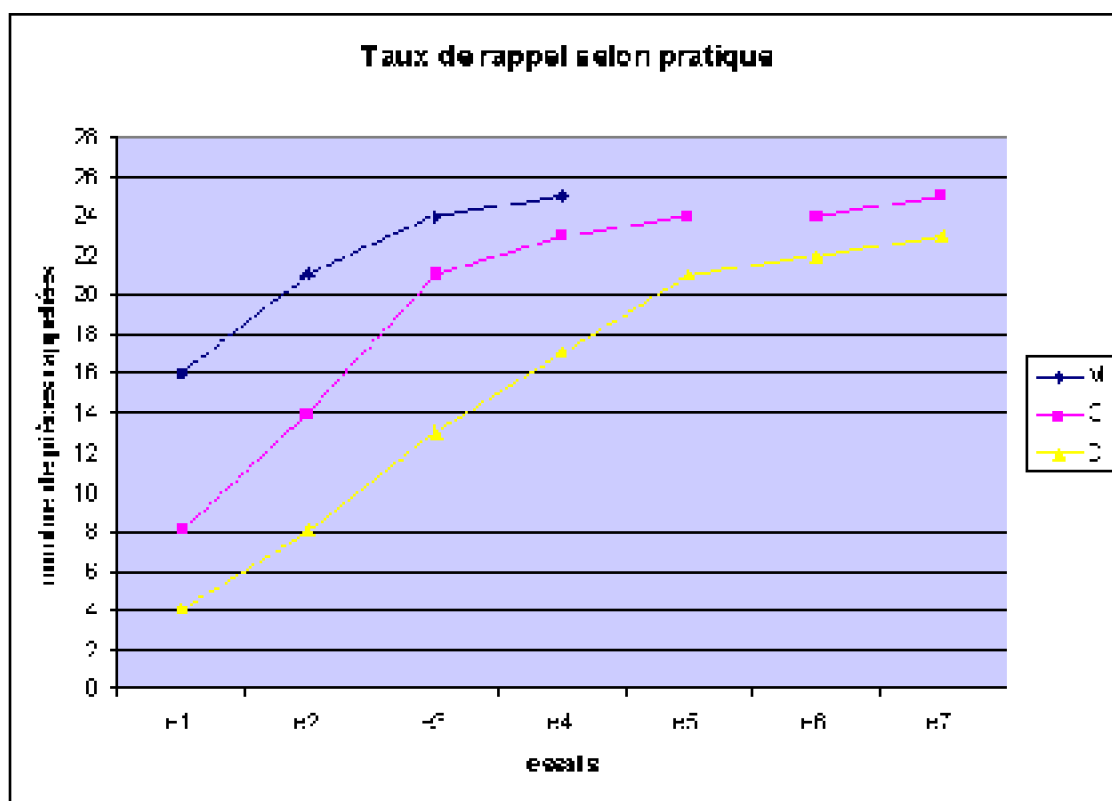


Figure 3 : Taux de rappel des positions de parties réelles selon la pratique ; d'après Chase et Simon (1973b). (M = Maître ; C = joueur classé ; D = joueur débutant)

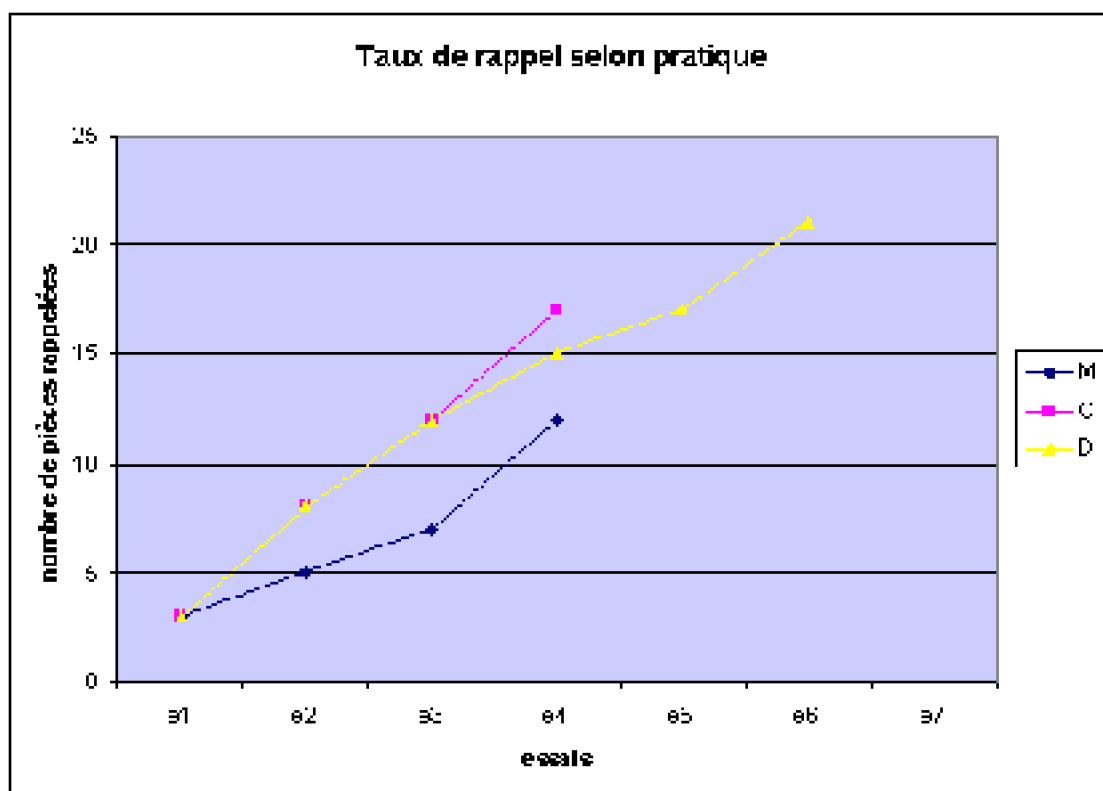
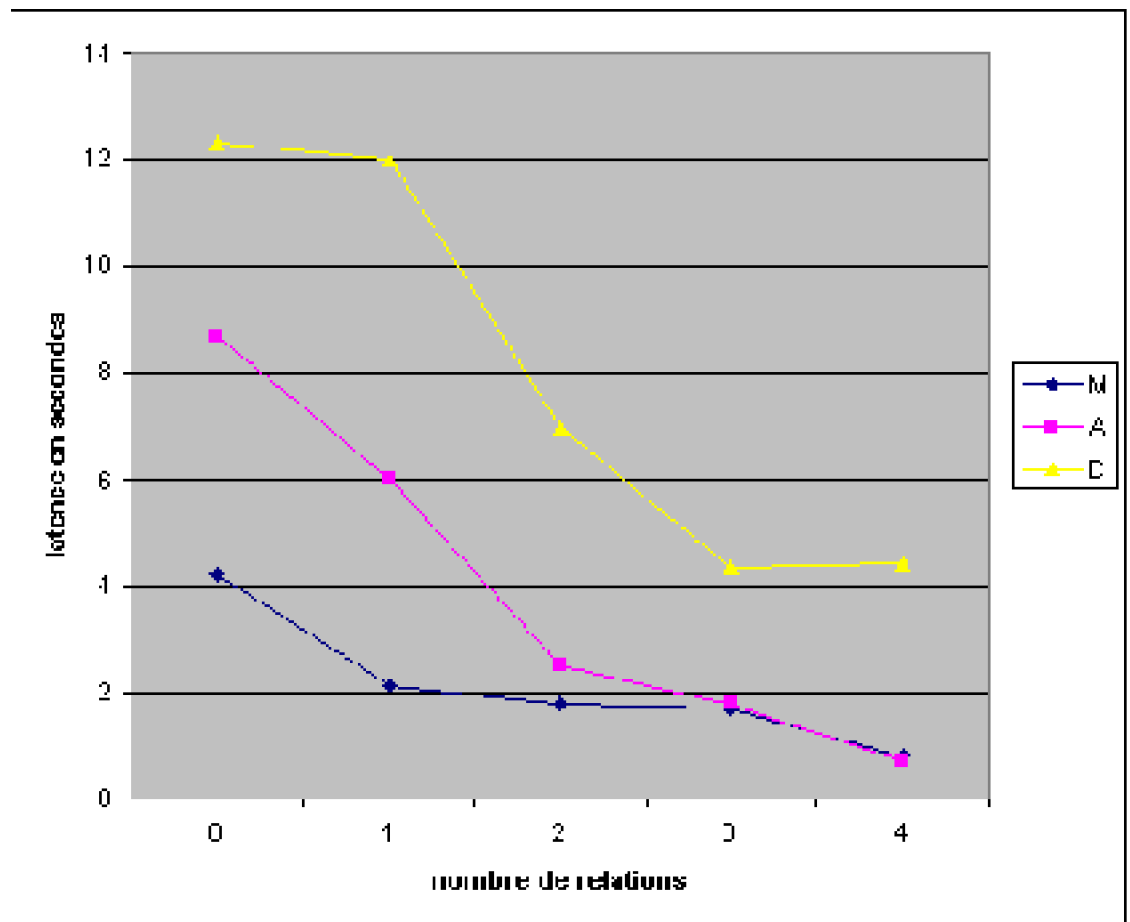


Figure 4 : Taux de rappel des positions aléatoires selon la pratique ; d'après Chase et Simon (1973b). (M = Maître ; C = joueur classé ; D = joueur débutant)

La première conclusion des données de la condition Perception concerne la durée des regards portés sur l'échiquier contrôle. La différence est sensible entre les trois sujets. Le maître ne passe jamais plus de 1 à 2 secondes à opérer cette vérification avant de reprendre le rappel. A l'opposé, le temps du regard de vérification du débutant est en moyenne de 4 secondes. Le joueur classé se situe entre les deux. La vitesse de capture de l'information sur l'échiquier de contrôle, suivie de la qualité de la performance du maître atteste de l'existence de chunks, dont la capture de l'étiquette a facilité le rappel avec exactitude. La preuve de ce critère d'appartenance des pièces posées à un chunk perçu est donnée par le rapport entre le temps s'écoulant entre la pose des pièces et le nombre de relations existant entre celles-ci. Par relations, il faut entendre des pièces sur des cases voisines, ou de même couleur, ou de même nature, ou se protégeant, ou s'attaquant. L'hypothèse de Chase était que plus les relations entre deux pièces sont fortes, moins sera long le temps s'écoulant entre le rappel des deux. Chez le maître, la courbe de corrélation entre nombre de relations et fréquence en secondes du rappel confirme clairement l'hypothèse : 5 secondes entre le rappel de deux pièces n'ayant pas de relations entre elles, et à peine 1 seconde pour des pièces ayant 4 relations.

Pour le joueur classé, la courbe est semblable, avec toutefois une latence double pour les pièces ayant peu de relations entre elles. Pour les débutants, le phénomène est identique : dès que des pièces ont de nombreuses relations avec celles voisines d'un même chunk, l'intervalle de temps de placement entre les pièces est court.

Le rapprochement des données entre condition Mémoire et condition Perception montre une corrélation à près de 90% entre le rappel des pièces et les chunks constitués. S'il existe une telle similitude dans le mode et le détail du rappel entre les deux conditions, c'est la preuve qu'un mécanisme identique est mobilisé.



(M = Maître ; A = joueur classé ; D = joueur débutant)

Figure 5 : Intervalle moyen de latence du rappel en fonction du nombre de relations entre pièces d'un chunk, d'après Chase et Simon (1973b). (M = Maître ; A = joueur classé ; D = joueur débutant)

L'examen des chunks reconstitués au premier essai du rappel montre que ceux-ci sont les **chunks les plus prototypiques** : chaînes de pions, Roi roqué, dispositif de plusieurs pièces d'une même couleur sur des cases voisines. En moyenne, par essai, le maître en rappelle 7.7, à la limite donc de la capacité de la mémoire à court terme, le classé 5.7, et le débutant 5.3. Cette hiérarchie est renforcée par le poids moyen des chunks, c'est-à-dire le nombre de pièces que comportent les chunks reconstitués : 3.8 pièces par chunk au 1er essai pour le maître, 2.6 pour le classé, 2.4 pour le débutant.

Une dernière partie de la suite d'expériences de Chase et Simon avait pour but de **vérifier la solidité du chunking perceptif**. Les auteurs ont présenté cette fois la position non avec les pièces mais avec les initiales des pièces, l'initiale de la pièce étant placée à l'intérieur d'un cercle pour les pièces noires, et sans cercle pour les pièces blanches. Si la présentation se faisait sous ce codage particulier, le rappel, quant à lui, devait être opéré

selon les deux modalités, soit avec les pièces soit avec des initiales et des cercles. La performance du maître sur l'ensemble des premiers essais resta identique à celle obtenue dans la condition normale, dans les cas où il rappelait avec des pièces. En revanche, lorsqu'il devait opérer le rappel avec initiales et cercles le nombre de chunks chutait sensiblement (4 vs 7.4), le poids moyen du chunk restant lui constant. Chase interprète ces résultats comme un ralentissement du processus de traitement perceptif des chunks, puisqu'aucune différence n'était mesurée entre les deux conditions de base Mémoire et Perception. Ce ralentissement influant sur la capacité de reconnaissance-association entre la position sur l'échiquier et les chunks enregistrés en mémoire à long terme.

La théorie de la reconnaissance-association de Chase et Simon a l'avantage de rendre compte de l'observation faite par De Groot et d'autres auteurs de cette époque (Frey & Adelman, 1976 ; Lane & Robertson, 1979) selon laquelle dans le cas de rappels de positions où les pièces ont été disposées au hasard sur l'échiquier, grand-maîtres et novices sont placés au même niveau de performance. Il confère à la perception des chunks un rôle primordial dans l'habileté de l'expert, mais présente la faiblesse de sembler exclure tout processus descendant (i.e., top-down), remarque qui va conduire d'autres auteurs à critiquer la vision trop exclusivement perceptive de la théorie du chunking, ce que nous présenterons ultérieurement. Auparavant, il n'est pas inutile d'analyser les modalités de mise en oeuvre du processus de chunking.

2 La nature du chunking

Goldin (1978), avait tenté la première de décomposer le mode de fonctionnement du chunking, en allant au-delà du constat de reconnaissance-association de patterns en MLT. Pour cela elle énonçait une **similitude entre le processus du chunking et celui opérant dans la catégorisation** par traitement des éléments les plus typiques par comparaison avec un modèle ou prototype en MLT. Dans l'une de ses expériences (1978, exp3), elle retient un **protocole d'amorçage**, dans lequel seul un tiers des pièces d'une position est placé sur l'échiquier en vue du rappel, ces pièces étant choisies parmi celles qui structuraient le mieux la position, c'est-à-dire donnaient le plus de sens à la position. Après ce rappel, les sujets se voyaient proposer de compléter la position en ajoutant les pièces qui d'après eux manquaient, après qu'on leur ait précisé le nombre de pièces manquantes et le nombre de coups joués jusqu'alors. Parmi les deux conditions retenues, positions typiques de parties et positions plus atypiques, une corrélation significative était trouvée entre l'exactitude des pièces ajoutées dans la tâche de reconstruction de l'ensemble de la position à partir du tiers appris et rappelé et la nature de la position : dans le cas de positions typique il n'y avait aucune erreur dans le rappel. Ce résultat montre clairement que **la tâche de complètement était amorcée par la typicalité des positions déduites des chunks appris**.

21 Typicalité et localisation absolue

Ce recours aux modèles de 'typicalité' a été conforté par les analyses portant sur la question de la localisation absolue ou non, dans le rappel des chunks. Deux thèses s'opposent depuis longtemps sur la question de savoir si la mémorisation des chunks les plus typiques est liée à leur structure, certes, mais aussi à leur localisation sur des cases

précises de l'échiquier. Pour **Chase et Simon** (1973), les **coordonnées de la case sont partie intégrantes de l'encodage**, c'est-à-dire que le rappel de chunks qui gardent leur même structure mais sont décalés d'une colonne ou d'une rangée est dégradé et moins performant. Ils l'expliquent par le fait que la structure des relations entre un chunk et le reste de la position est au moins aussi importante que la structure elle-même du chunk. Lorsqu'il y a changement de localisation, le chunk perd de sa valeur et de son sens et est moins bien encodé. Cette théorie postule qu'il y aurait en MLT quelques dizaines de milliers de chunks répertoriés. C'est l'ampleur de ce nombre que conteste **Holding** (1985) et qui va le conduire à proposer une hypothèse différente de relativité de la localisation. Pour lui, **c'est la structure du chunk qui est retenue**, quelle que soit la couleur des pièces et le décalage de cases : dès lors que la structure est préservée le chunk remplit sa fonction de pattern d'activation. Ce constat diminue considérablement le nombre de chunks stockés en mémoire, dans un rapport de 1 à 10.

Saariluoma (1994) va proposer un protocole dans le but de faire la lumière expérimentalement sur ce point de la localisation. Il divise l'échiquier en quatre quadrants et retient une procédure dans laquelle les mêmes chunks de pièces sont présentés dans un quadrant de référence, puis dans un quadrant de transposition. Son hypothèse est que si le rappel d'un chunk est moins performant lors de la transposition, c'est donc que la localisation est absolue ; en revanche, si la qualité du rappel n'est pas changée, alors le principe de localisation est relatif.

Les deux échiquiers de la figure 6 illustrent la translation faite, d'un quadrant à l'autre, de part et d'autre de la diagonale a1-h8. Le Roi roqué et sa garde des Blancs se retrouve en haut à gauche sur le second échiquier, les deux autres quadrants ne subissant pas de changement. Il est vrai que cette translation pose un réel problème au joueur puisqu'elle conduit au placement de pièces sur des cases que les règles interdisent : par exemple, deux pions en première rangée, en g1 et h1, or un pion arrivé en 1ère rangée se change en une autre pièce et surtout, dans le placement initial des pions, ceux-ci sont tous placés en 2^{ème} rangée pour les Blancs et 7^{ème} rangée pour les Noirs et bien sûr jamais sur une autre rangée (1^{ère} ou 8ème).

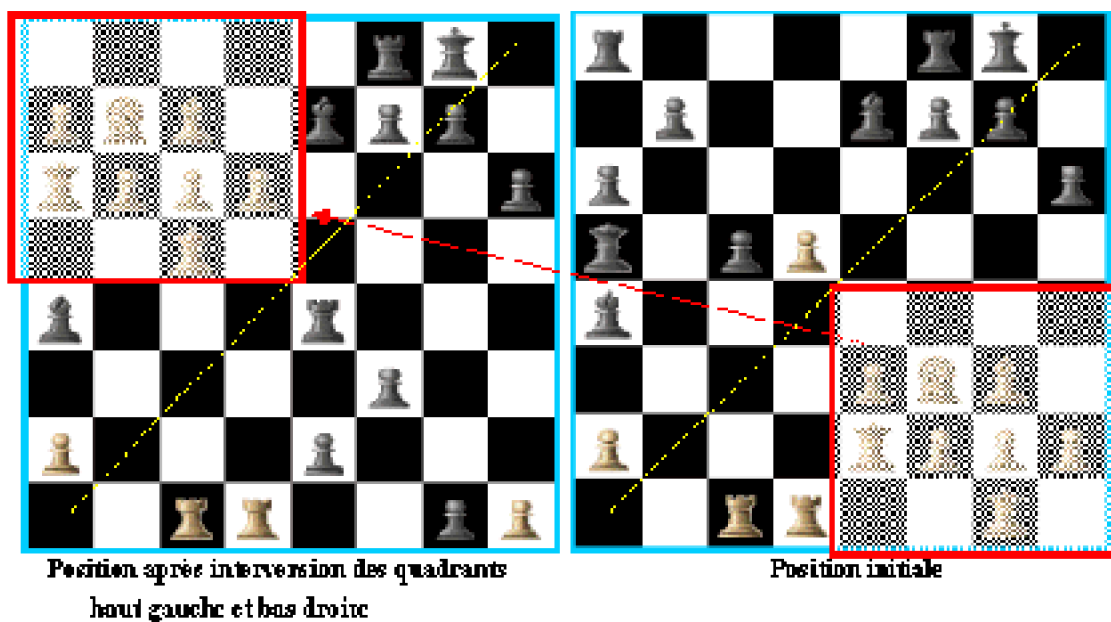
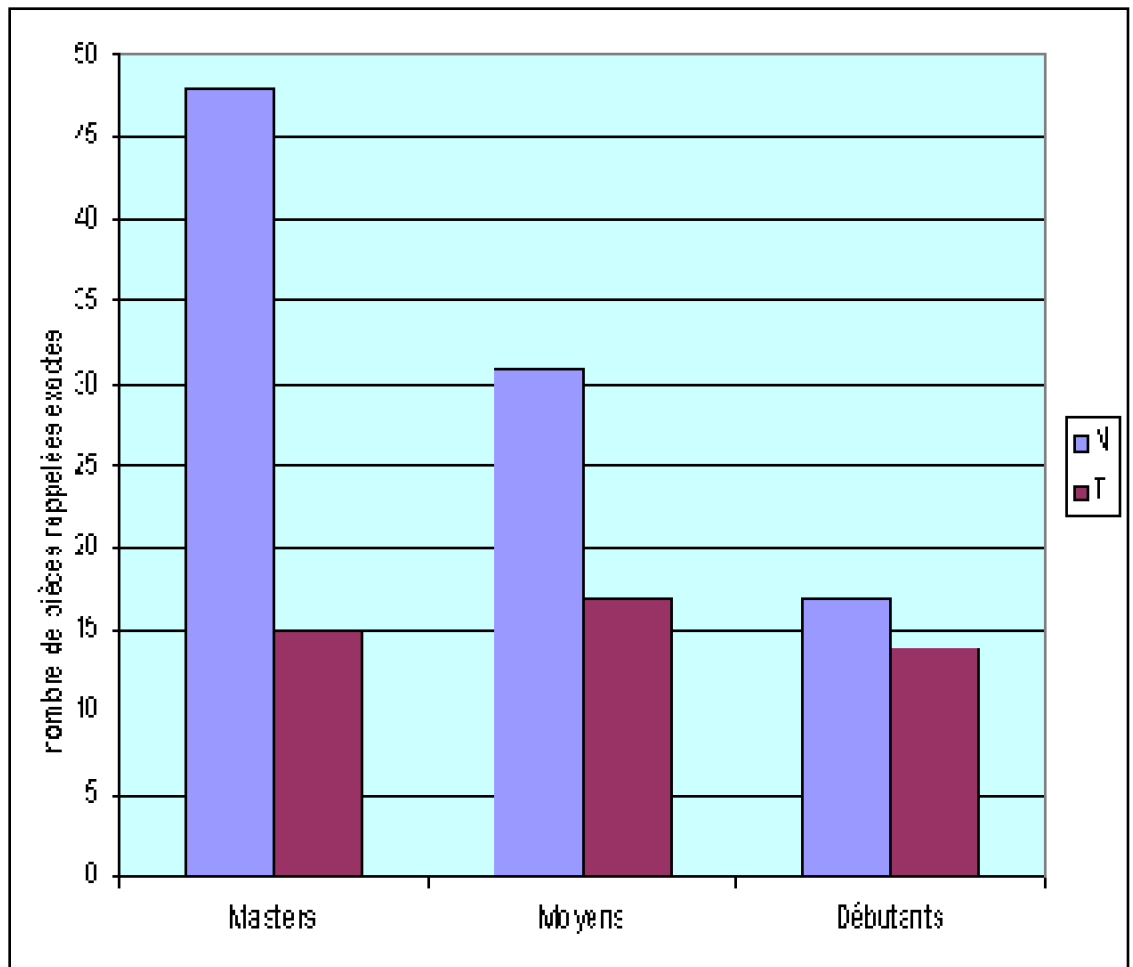


Figure 6 : Rappel de chunks et transposition de quadrant. D'après Saariluoma (1994).

Les résultats confirment l'hypothèse de la localisation absolue. Lors de la transposition d'un quadrant à un autre, latéralement par rapport à la diagonale a1-h8, le taux de pièces rappelées diminue significativement, -50% ($p < .01$), et cela pour les trois catégories de sujets, experts, joueurs moyens et novices, comme le montre la figure 7.



N = Positions normales, T = Quadrants transposés

Figure 7 : Rappel de chunks selon transposition ou non sur des quadrants voisins des chunks de pièces ; d'après Saariluoma (1994). N = Positions normales, T = Quadrants transposés

22 - Structure interne et structure de relations externes

Dans la ligne de ce travail, Gobet (1996b) a voulu vérifier si la dégradation tenait à la **structure du chunk** ou au fait que le **réseau de relations entre celui-ci et le reste** de l'échiquier était rompu.

Dans la première hypothèse, ceci signifierait que la localisation du chunk est absolue, dans l'autre qu'elle n'est que relative et que le réseau de relations est plus essentiel que la structure du chunk. Dans cette dernière hypothèse si le réseau de relations n'est pas rompu ou ne perd pas son sens, alors le rappel ne devrait pas être altéré.

La **transformation** retenue par Gobet est différente de celle de Saariluoma, en ce qu'elle est effectuée **en miroir et non par simple translation**. Ainsi est levée l'objection

mentionnée précédemment de placement de pièces théoriquement impossible. Dans toutes les transpositions de quadrants, la position reste correcte au plan échiquéen et le mode du miroir n'altère pas le sens, la nature et la validité des relations entre quadrants et donc des chunks.

La figure 8 montre un exemple des transformations opérées. L'échiquier 1 est celui qui sert de base. Entre les échiquiers 1 et 2 la transposition en miroir s'opère autour de l'axe horizontal, la moitié basse prenant la place de la moitié haute avec changement de couleur des pièces : ainsi retrouve-t-on la Dame blanche e2 de l'échiquier 1 en Dame noire sur la case e6 ou le Fou blanc b3 en Fou noir sur la case b6. Entre les échiquiers 1 et 3 la transposition en miroir s'est faite autour de l'axe vertical, la colonne a venant en h, b en g, c en f et d en e ; ainsi le Fou noir c7 de l'échiquier 1 devient Fou noir en f6, le Roi h8 devient Roi a8. Le protocole expérimental retenait d'autres types de transformation autour des axes constitués par les grandes diagonales a1-h8 et a8-h1.

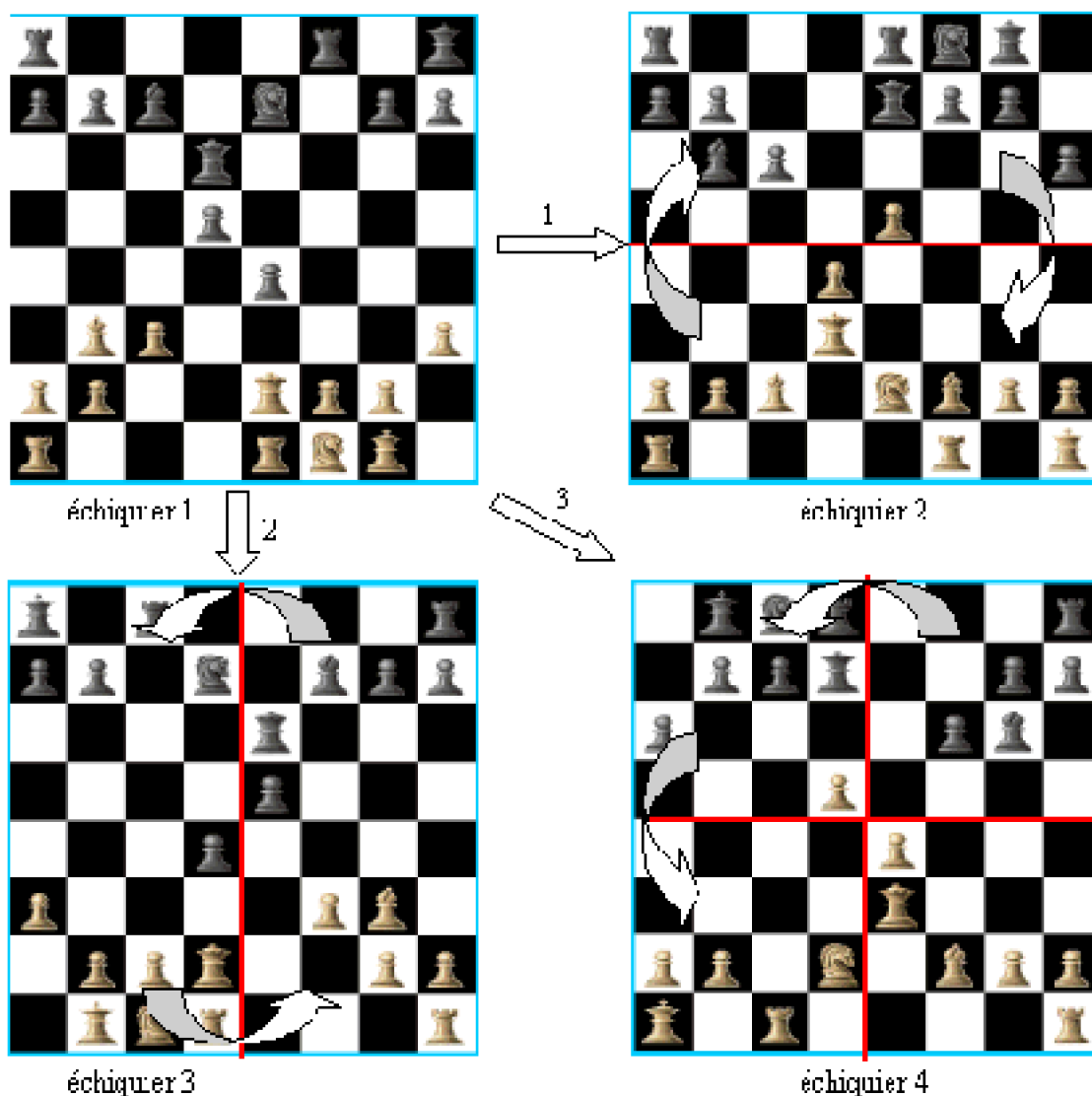


Figure 8 : Exemple de transpositions de positions opérées dans les expériences de Gobet.

Les résultats font apparaître un taux de rappel moyen meilleur pour la transformation de type 1 que pour celles de type 2 et enfin que pour celles de type 3, l'effet du type de transformation étant significatif. Ceci paraît cohérent dans la mesure où la transformation 1 consiste en une simple inversion des côtés de l'échiquier, inversion à laquelle un joueur est habitué puisqu'il joue alternativement avec les Noirs et avec les Blancs. L'analyse de variance démontre également un effet du niveau au classement ELO ($p < .001$) ainsi qu'une interaction entre les deux variables - type de transformation et niveau - elle aussi significative. Aucune des transformations ne conduit à une chute du taux de rappel par rapport à la condition contrôle qui consistait en une transformation de la position initiale du type aléatoire.

Les auteurs ont voulu regarder de quelle nature était l'effet de la transformation sur le chunking en termes de nombre de chunks rappelés et de poids moyen des chunks, c'est-à-dire du nombre de pièces composant chaque chunk rappelé par rapport au nombre de la position initiale. Ils l'ont fait **en analysant la nature des erreurs**, cet indicateur étant le plus parlant pour l'examen de **la nature de l'altération des chunks** constatée à la faveur des diverses transformations. L'analyse de variance indique un effet du type de transformation sur les erreurs d'omission ($p < .001$) sans interaction mesurée entre celles-ci et le niveau d'habileté. Le nombre d'erreurs d'omission de pièces dans le rappel croît avec la difficulté liée au type de transformation, pour l'ensemble des sujets. C'est la transformation en miroir autour de l'axe vertical qui altère le plus la performance dans le rappel, l'effet miroir double n'aggravant pas la dégradation, comme le montre la figure 9. Les erreurs de commission, c'est-à-dire de pièces ajoutées par rapport à la position initiale et non pas manquantes, en revanche, ne suivent pas la même co-variance.

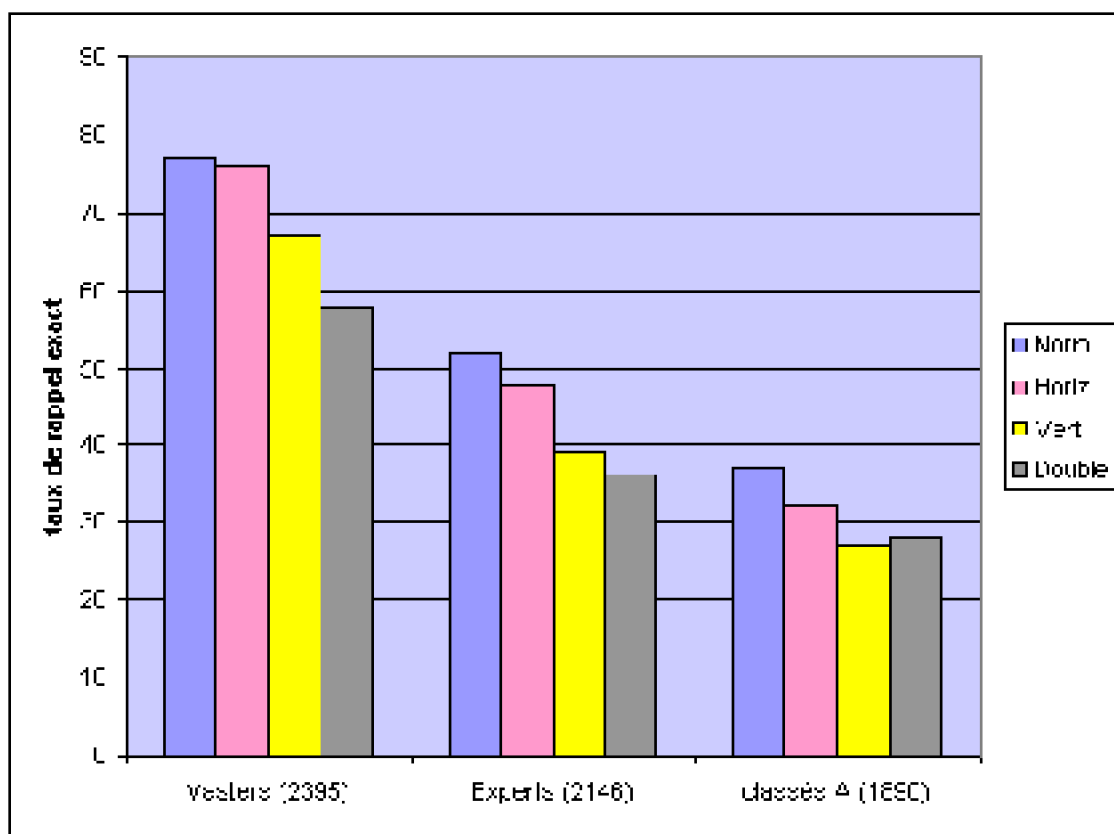


Figure 9 : Taux de rappel selon le type de transformation opérée.

Puisque la structure des chunks n'était pas modifiée au cours des transformations, la chute du taux de rappel, notamment par des erreurs d'omission, est analysée par Gobet et Simon comme **attestant du principe de localisation absolue**. Si la localisation était relative aucune dégradation ne devrait être constatée. L'hypothèse de Holding d'une localisation relative est donc invalidée : un chunk de pièces blanches devenu dans une structure identique chunk du camp des Noirs est moins bien rappelé, ce qui prouve que la structure seule du chunk ne suffit pas lors de l'encodage, la couleur des pièces et les coordonnées des cases sont encodées au même titre que les relations structurelles entre pièces et autres chunks de la position.

Ces résultats sont d'une grande portée du point de vue du processus de l'évocation en MLT des patterns appris. Si l'encodage est aussi absolu il en découle que la récupération se fera sur une similarité parfaite entre le stimulus et le pattern stocké.

La **conséquence majeure** d'une telle constatation est de donner une importance primordiale au mode d'organisation du grand nombre de patterns **en mémoire à long terme**, ce que Gobet et Simon par la suite vont étudier en s'écartant de l'approche exclusivement perceptive du chunking de Chase et Simon.

3 - Les critiques de la théorie du chunking de Chase et Simon

L'apport considérable de la théorie du chunking de Chase tient au fait qu'elle a servi de point de départ pour de multiples approfondissements ou nouvelles pistes de recherches.

Très vite, la composante perceptive s'est effacée au profit d'une composante mémoire (13-1).

Puis, les processus d'activation de la base de connaissances ont permis aux auteurs de mieux définir la nature des processus multiples intervenant dans le chunking d'une part, et de mettre en évidence les liens entre chunking et base de connaissances d'autre part (13-2).

Modèle de mémoire vs modèle de perception

Un premier ensemble de travaux est venu affaiblir ce modèle à dominante perceptive. Des expériences incluant des tâches interférentes entre le moment où la position est exposée durant 5 secondes et le rappel n'ont pas conduit à un taux de rappel inférieur, ce qui semblait indiquer que la mémoire à court terme n'était pas en cause lors de l'encodage de la position (**Frey & Adesman, 1976**). Un tel résultat ne pouvait s'expliquer que par le fait que, lors de l'exposition de la position, les chunks activaient immédiatement dans la mémoire à long terme des patterns ayant un sens. Cette **interprétation de l'excellence du rappel par activation de la mémoire à long terme**, et de la **récupération** lors du rappel **grâce aux étiquettes des patterns** a été confortée par des protocoles expérimentaux qui proposaient plusieurs positions à la suite les une des autres, exposées sur des durées aussi courtes, pour lesquelles le taux de rappel des maîtres ne diminuait pas. Les auteurs concluaient que si le modèle du chunking n'avait été que perceptif, l'accumulation des informations à mémoriser aurait conduit à une chute sensible de la performance au rappel. Le fait que cela ne fut pas le cas plaide en faveur de l'activation d'un pattern en MLT, dont l'étiquette était apprise et conservée au moment de l'encodage de la position, ce qui en facilitait la récupération au moment du rappel. Mais cette explication soulevait néanmoins la question de la limitation de la capacité de la mémoire à court terme, l'importance et la qualité du rappel (entre vingt-cinq et trente chunks de quatre à six pièces) de plusieurs positions exposées à la suite dépassant de toute évidence cette capacité.

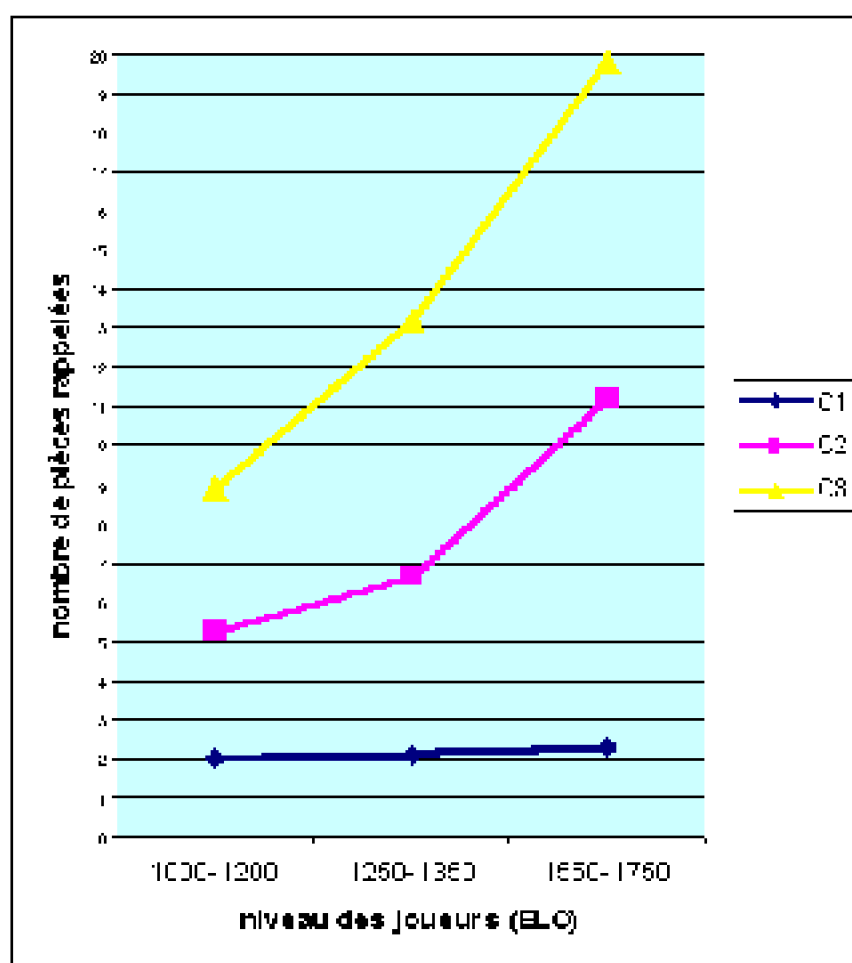
A l'époque, pour contrer cet argument, Chase et Simon (1973b), Chase et Chi (1981) ont défini que les chunks s'organisaient en MLT selon une organisation hiérarchique en regroupements de chunks, ou super-chunks, dans un arbre à multiples niveaux. Pour autant, le principe de cette organisation hiérarchique n'était pas défini : de quelle nature était la relation structurelle entre ces chunks et super-chunks, et un sens était-il attribué au chunk et encodé au-delà de l'aspect perceptif lors de l'exposition ? Ces questions ne recevaient pas de réponse.

31 Les expériences de Frey et Adesman (1976) : l'évidence des liens entre chunking et mémoire à long terme

Frey et Adesman dans une première expérience introduisirent une condition nouvelle par rapport aux protocoles des études précédentes sur le rappel. Ils présentèrent en plus des deux conditions classiques, position d'une partie réelle et position aléatoire des pièces, une condition dynamique où les coups étaient joués au rythme d'un coup toutes les 2 secondes jusqu'au 22^{ème} coup, où la position était figée et faisait l'objet du rappel après

une courte exposition (2 s). L'hypothèse était que le fait de suivre le déroulement de la partie ayant abouti à la position apporterait une information supplémentaire quant au sens de la position, et aiderait à la mémorisation des pièces qui avaient participé à l'enchaînement des coups.

Les deux variables "classement ELO" et "nature de la position selon les trois conditions" s'avèrent significatives. L'effet "niveau du joueur" confirmait les résultats de De Groot, ce qui était d'autant plus remarquable compte tenu du choix opéré par les auteurs de retenir des sujets ayant de faibles écarts entre les classements ELO (de 1000 à 1750), à la différence des protocoles précédents où la différence de classement était bien plus importante (entre 1000 et 2350). L'effet "positions" confirmait les résultats de Chase et Simon (1973) sur la différence dans le rappel entre positions réelles et positions aléatoires.



Condition 1 : positions aléatoires Condition 2 : positions de parties
Condition 3 : positions de parties présentées coup par coup depuis le début

Figure 10 : Rappel selon niveau des joueurs et conditions de rappel d'après Frey et Adelman (1976).

Pour la variable "nature de la position" il est très intéressant de constater, comme l'illustre la figure 10, que **le rappel d'une partie présentée coup par coup depuis le début est bien meilleur que le rappel d'une position présentée en entier**, toutes deux étant égales par ailleurs (position au 22^{ème} coup, de 23 pièces chacune). On peut interpréter ce résultat comme signifiant que la quantité d'information échiquienne donnée influence le rappel, ceci en corrélation avec le niveau du joueur, puisque l'interaction entre les deux facteurs était elle aussi significative ($F(4,20) = 7.52 ; p < .001$). Dans une partie présentée coup par coup depuis l'ouverture, le sujet enregistre le contexte de la partie, le but poursuivi par chaque joueur, le sens de chaque coup pour chaque camp. Il encode ainsi mieux l'historique de la position, ce qui pourra lui servir lors du rappel de passerelle entre sa base de connaissances et la position à rappeler. S'il hésite à placer une pièce sur une case, le film du déroulement de la partie l'aidera car il se souviendra des mouvements effectués par cette pièce. Cette interprétation est validée par le fait que l'amélioration du rappel est constatée pour les trois catégories de joueurs et non pas seulement par les meilleurs. L'analyse plus fine des interactions selon chaque niveau permet de constater que la significativité est proportionnelle à la condition, à savoir beaucoup plus forte chez le joueur le mieux classé pour la condition du rappel après le coup par coup que celui de la position globale réelle et que celui de la position aléatoire.

Dans une deuxième expérience, Frey et Adesman (1976) étudièrent le phénomène du **clustering** observé par Chase (1976), qui voit le joueur placer les pièces d'un même chunk dans un certain ordre à l'intérieur d'un espace temps court (chunking temporel). Ils retiennent un protocole où la présentation d'une position est opérée sous trois conditions : présentation découpée en six, chunk par chunk ; découpée en six mais par colonne coupant ainsi les chunks ; échiquier en son entier, ou par colonne l'une après l'autre. Ils émettent l'hypothèse que le rappel des chunks perçus et appris en leur entier sera meilleur que celui des chunks qui ont été découpés du fait de la présentation de la position en colonnes. De fait les résultats confirment cette hypothèse. Un effet de la variable "niveau du joueur" est mesuré ($p < 0.001$), la classe 1 des joueurs (moyenne ELO de 1900) rappelant 15.7 pièces contre 14.6 pour la classe 2 (moyenne ELO, 1500) et 6.9 pour la classe 3 (moyenne ELO, 1100). Les résultats, comme le montre le tableau ci-dessous, varient de façon significative selon le mode de présentation ($F(2,192) = 15,09 ; p = .001$). Le mode conduisant au meilleur rappel est celui où les chunks sont présentés un par un, et ce pour l'ensemble des joueurs.

Tableau 1 : Nombre de pièces rappelées selon le mode de présentation et le niveau ELO.

Niveau	Position complète	Présentation par chunks	Présentation par colonnes
Classe 1 (1900)	16,1	17,5	13,6
Classe 2 (1500)	15,3	16,0	12,4
Classe 3 (1100)	6,9	7,6	6,1

Dans une troisième expérience, Frey et Adesman (1976) introduisent une tâche interférente entre la présentation de la position et le rappel de celle-ci, consistant à compter à haute voix de façon décroissante par 7 ; il y avait deux conditions de durée de

la tâche interférente, 3 secondes et 30 secondes. Deux positions (23 et 24 pièces) étaient proposées à la suite (exposées durant 8 secondes), le rappel portant sur l'une ou l'autre (temps laissé de 1 minute 30 secondes), ce qui rendait la tâche plus difficile à priori.

Le tableau ci-dessous montre que **la tâche interférente ne dégrade pas sensiblement** la performance moyenne pour l'ensemble des sujets, même dans la condition de durée longue de 30 secondes. Ceci est vrai quel que soit le niveau du joueur.

Tableau 2 : Nombre de pièces rappelées selon les conditions du rappel avec tâche interférente.

Condition	Durée de la tâche interférente entre présentation de la position et rappel	
	3 secondes	30 secondes
Position 1, rappel position 1	13,1	11,6
Position 1, Position 2, rappel position 2	10,6	10,4
Position 1, Position 2, rappel position 1	9,9	8,5

Le rappel est moins bon lorsqu'il porte sur la première position présentée que lorsqu'il vise la seconde.

Ces résultats sont d'un grand intérêt. Ils démontrent en effet que **le chunking n'est pas lié à la seule mémoire à court terme**. Si cela eut été le cas, la dégradation due à l'interférence d'une tâche eut été beaucoup plus forte. Frey et Adesman confirment ainsi la démonstration faite selon laquelle les limites de la mémoire à court terme n'entrent pas en jeu dans le chunking, d'où il faut conclure que le phénomène du chunking **mobilise la mémoire à long terme**. Le fait que le rappel intervienne après la présentation de deux diagrammes, avec une cinquantaine de pièces à mémoriser, renforce l'argument : il n'y a pas saturation de la mémoire à court terme contrairement à ce que suggérerait le modèle de Chase et Simon.

L'ensemble de ces expériences de Frey et Adesman a fait avancer l'étude du chunking en établissant la primauté de la composante de recours à la base de connaissances sur la composante perceptive liée à la mémoire à court terme.

Les travaux qui vont suivre s'attacheront à aller plus loin que le processus de reconnaissance de patterns, et envisageront la composante sémantique de la construction de la base de connaissances de ce processus de mémorisation.

32 La nature des processus multiples intervenant dans le chunking, la mise en évidence des liens entre chunking et base de connaissances

Les expériences de Goldin (1978, 1979)

Pour avancer dans cette recherche, Goldin propose d'emprunter le **paradigme** le plus couramment retenu dans les protocoles portant sur la **profondeur et les niveaux de traitement** (Craik & Lockhart, 1972). De nombreuses expériences ont démontré que la

performance du rappel était **améliorée** dans le cas où la tâche effectuée était orientée **par l'apport d'informations** donnant un sens à l'organisation du matériel à mémoriser (Hyde & Jenkins, 1973) par opposition à des informations supplémentaires ne portant que sur les aspects de surface. Les tâches qui nécessitent une analyse en profondeur et l'élaboration d'un schéma structurel du matériel utilisé conduisent à une meilleure mémorisation. Lorsqu'une tâche invite à un encodage des aspects sémantiques des stimuli, l'entrée en mémoire et la récupération est sensiblement améliorée, y compris dans les cas où la nature de ces apports sémantiques est visuelle, par exemple en reconnaissance faciale (Bower & Karlin, 1974).

Le protocole bâti par Goldin consistait pour les sujets (ELO moyen à 1825) à analyser un bloc de six positions et à décider pour chacune le meilleur coup à jouer. La tâche de la condition contrôle consistait à simplement compter le nombre des pièces noires de la position, puis le nombre des pièces blanches. Le rappel pour chaque bloc intervenait après une tâche interférente de 10 minutes destinée à minimiser l'intervention de la mémoire à court terme, consistant en une discussion à bâtons rompus sur les joueurs d'échecs. Le design retenait quatre blocs. En plus de l'efficacité du rappel exprimé en nombre de pièces rappelées, le taux de confiance dans la qualité du rappel était mesuré.

La variable "nature de la tâche" s'avère significative : **le rappel des positions ayant fait l'objet d'une recherche du coup à jouer est supérieur** à celui des positions de la condition comptage des pièces. Elle l'est également pour le taux de confiance : les taux sont plus élevés pour la condition recherche du coup à jouer que pour la condition comptage des pièces.

Goldin répliqua cette expérience avec un protocole légèrement modifié. La condition d'analyse en profondeur consistait cette fois-ci à décider lequel des deux camps était dans la meilleure situation, c'est-à-dire avait l'avantage. Les sujets (ELO moyen de 1900) disposaient de 90 secondes. Il y avait deux conditions contrôle. La première consistait en la reproduction en 90 secondes, pièce après pièce, de la position sur un échiquier posé à côté de l'écran sur lequel la position était présentée (23 pièces, tâche semblable à celle retenue par Chase et Simon). La seconde demandait au sujet de rappeler la position colonne par colonne. Une tâche interférente d'une durée de 10 minutes séparait l'exposition des positions du rappel.

Le tableau des résultats fait apparaître un **effet significatif de la variable "analyse en profondeur"** sur le taux de rappel. L'analyse de variance ne dégage pas, en revanche, d'effet des conditions 1 et 2 sur le taux de rappel. L'interaction "analyse en profondeur"*"niveau" n'est pas significative, ce qui atteste que la variable évaluation a joué pour les trois catégories de sujets.

Tableau 3 : Taux d'exactitude du rappel et de confiance selon les conditions et le niveau des joueurs. d'après Goldin (1978, p.664). (l'indice de confiance est calculé sur 10).

Niveau	Variable intra	Cond. rappel colonne par colonne	Cond. rappel pièce par pièce	Cond. évaluation de l'avantage
ELO 1920	Taux exact rappel	70,8	83,4	87,5
	Indice de confiance	7,17	7,35	9,90
ELO 1373	Taux exact rappel	54,1	70,8	70,8
	Indice de confiance	5,01	4,18	6,40
Débutants (< ;1100)	Taux exact rappel	50,0	58,4	75,0
	Indice de confiance	5,3	5,1	5,1

L'auteur relève toutefois le faible écart entre les trois conditions chez les sujets ayant le plus fort classement ELO. Elle interprète cela en considérant qu'il y a là une preuve que la reconnaissance de patterns est un processus très rapide, automatisé et difficile à inhiber, conclusion posée avant elle par Chase et Simon.

Dans une autre série d'expériences, **Goldin** (1978b) met en évidence que **certaines chunks** sont plus aisément mémorisés que d'autres, ceux qui sont **les plus prototypiques**, tel, par exemple, le chunk du Roi roqué avec sa garde (cf. figure 11). Ceci prédit une **organisation en mémoire à long terme selon la fréquence et le schéma prototypique**. Holding (1985) vérifiera cette hypothèse par une expérience dans laquelle l'analyse des erreurs permet de voir que la structure du chunk est préservée dans le cas où la localisation est erronée. En d'autres termes si une pièce était rappelée sur une case voisine de la case réelle, l'ensemble du chunk était repositionné ou transposé pour garder le sens au chunk, chacune des pièces étant placée sur une case voisine.

33 L'intervention dans le chunking des connaissances de haut niveau présentes en mémoire à long terme et la composante sémantique de la base de connaissances échiquiennes

Egon et Schwartz (1979) ont dénommé **chunking conceptuel** le fonctionnement ainsi observé. Pour eux, ce qui est capté est le concept qui résume ou caractérise le chunk dans la structure des éléments le composant. Lors de la récupération, c'est le concept qui permet de recomposer le dispositif exact des pièces du chunk. Le processus serait donc descendant (top-down) et non pas uniquement ascendant (bottom-up) comme postulé à l'origine.

Nous pouvons ajouter que les recherches sur **le jeu à l'aveugle** ont elles aussi mis à mal le modèle exclusivement perceptif. Le joueur qui joue sans voir l'échiquier ne peut que stocker en MLT du sens d'où découle une localisation. En effet le système orthogonal n'est pas l'élément principal d'encodage, il n'est qu'une grille conséquente de la récupération du schéma conceptuel de la structure des pièces entre elles (Ericsson & Oliver, 1984).

Dans un dispositif expérimental très riche, c'est toutefois Cooke (1993) qui a mis en évidence le plus clairement la part prépondérante d'une composante sémantique dans le chunking.

33-1 Les expériences de Cooke (1993)

Dans trois expériences, Cooke a mis en évidence la part prépondérante par rapport à la composante perceptive de ce qu'elle appelle la connaissance de haut niveau.

Dans une première expérience auprès de six sujets joueurs de classement ELO s'étalant de 1936 à 2097, une série de douze positions a été proposée en vue de leur rappel. Le protocole reprenait celui défini par Goldin, avec deux conditions : présentation de la position, suivie d'une brève explication sur le début de la partie ayant conduit à cette position (par exemple : Indienne du Roi/Les Blancs cherchent à percer sur l'aile Dame/Les Noirs attaquent sur l'aile Roi) ; et dans l'ordre inverse, pour la seconde condition, l'explication précédant la présentation. Les sujets effectuaient un rappel de six positions dans une condition et de six dans l'autre, mais le mode de chacune était tiré aléatoirement et n'était donc pas séquentiel. L'explication était exposée à l'écran durant 20 secondes. A la différence des protocoles habituels, la position n'était pas présentée dans sa totalité mais par groupe de quatre pièces choisies au hasard. L'ensemble de la position (entre 25 et 27 pièces) restait à l'écran durant 5 secondes.

L'hypothèse expérimentale de Cooke fut validée par les résultats. Celle-ci postulait en effet que le seul fait de décrire le type d'ouverture et de donner les grandes lignes ayant conduit à la position pouvait aider à la compréhension de la position et faciliterait la perception de la position.

- explication puis présentation : taux de rappel : **85,3%**
- présentation-explication : taux de rappel : **77,8%**

Le pourcentage de pièces rappelées dans la condition explication-présentation était de 85,3% contre 77,8% pour la condition présentation-explication. L'avantage de la première condition était significatif ($p < .027$).

Le rôle de la connaissance de haut niveau apparaissait par conséquent primordial dans la perception d'une position à mémoriser en vue de son rappel. L'encodage était ainsi enrichi dès la phase perceptive par une double lecture des pièces visualisés sur l'échiquier, en tant qu'objets d'une part, en tant que chunk ou partie de chunk ressemblant à un pattern enregistré en mémoire à long terme et auquel le sujet s'attendait d'autre part. Cet **effet de l'information préalable orientant l'encodage** revêtait d'autant plus d'importance que le mode de présentation des pièces de la position par groupes de quatre pièces rendait plus difficile le regard global et le rapprochement avec un prototype en mémoire à long terme. L'explication donnée après la présentation n'avait pas le même effet sur le rappel puisque cette information n'avait pas enrichi l'encodage de la position.

Les **résultats furent confirmés** dans une deuxième expérience dans laquelle une **tâche interférente** était introduite entre l'information préalable et la présentation. Cette tâche interférente consistait en un comptage à l'envers par trois durant 20 secondes,

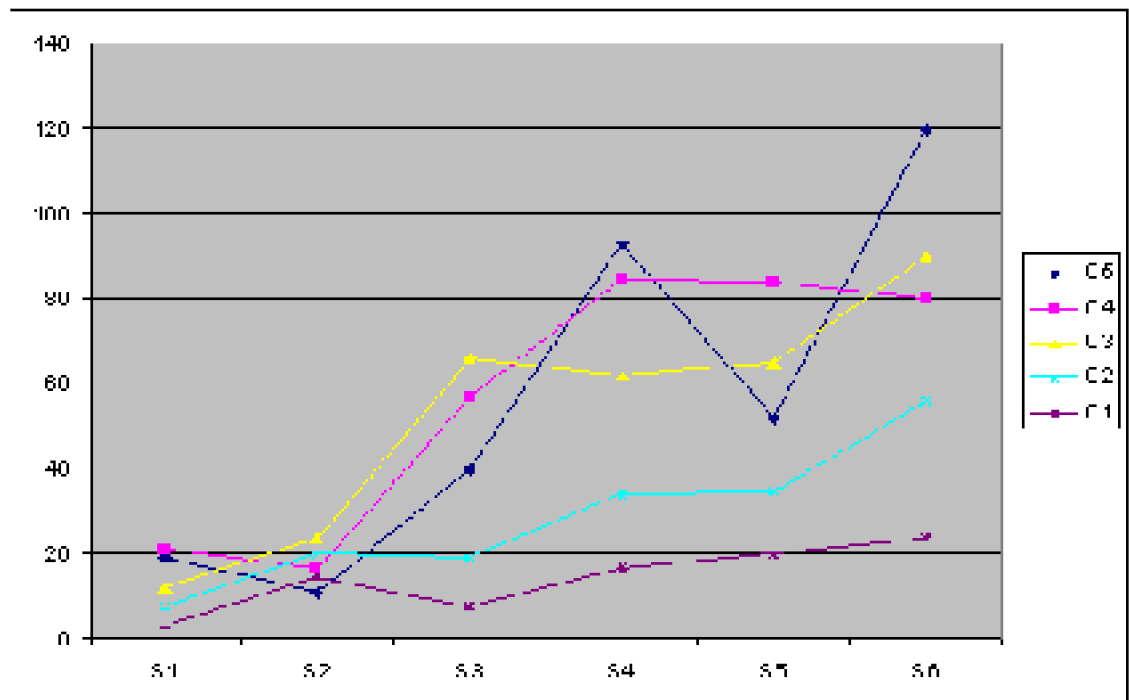
destiné classiquement à interdire l'intervention de la boucle phonologique articulatoire de la mémoire de travail en vue de la mémorisation (Baddeley, 1994).

L'avantage significatif de la condition "information préalable" sur la condition "information post présentation" renforçait, dans ce protocole expérimental, l'importance de la connaissance de haut niveau issue de la MLT dans le traitement des stimuli à rappeler. En effet la réalisation d'une tâche interférente diminuait la probabilité d'une intervention de la mémoire à court terme de nature perceptive.

Cooke en tirait naturellement la conclusion que le traitement du chunking n'était pas seulement perceptif, c'est-à-dire fondé sur des traits de surface - dessins ou mode d'assemblage - mais que la structure du chunk était interprétée en fonction de la base de connaissances. Le paradigme de conditions doubles, information préalable-présentation et vice-versa, et de perturbation du mode de présentation avait été utilisé auparavant par Frey et Adesman (1976) et aboutissait à des résultats allant dans le même sens. Ceux-ci avaient en effet organisé la présentation des pièces colonne après colonne. Le fait d'apporter préalablement une information sur la nature de la partie jouée améliorait l'encodage, pourtant difficile, des chunks par comparaison à la condition information postérieure à l'exposition pour laquelle la présentation par colonne dégradait la qualité du rappel.

Dans une ultime expérience, Cooke retint un protocole différent. Les positions étaient présentées par groupe de cinq, le rappel n'intervenant qu'ultérieurement et en bloc dans l'ordre choisi par le sujet. Les cinq sujets étaient de niveau différent (trois joueurs classés à plus de 2000 points ELO, deux joueurs non-classés, l'un débutant complet, l'autre ayant un bagage minimum en matière d'ouverture). Au total, ils devaient rappeler 25 positions comportant un nombre croissant de pièces réparties en cinq catégories de taille différente ; le temps n'était pas limité pour ce rappel en un seul essai. Le design expérimental ne retenait pas la variable "information sur la position".

Un effet significatif de l'expertise fut mesuré, ainsi qu'un effet du nombre de pièces de la position ($p < .005$). La figure 11 présente les taux de rappel selon chacune des cinq catégories de taille de la position pour les sujets. On voit que le sujet le mieux classé a **rappelé** pour la série de cinq positions comportant le plus de pièces **un total de 121 pièces** sur la bonne case (sur un total de 209), contre seulement 19 pour le débutant. Ceci constitue l'argument le plus fort en faveur de la théorie du chunking à base non exclusivement perceptive puisque la mémoire à court terme du sujet pour un poids moyen de 3 à 4 pièces chacun, aurait été capable de stocker près de 40 chunks, selon la théorie de la reconnaissance-association de Chase. Des protocoles verbaux suivant l'administration de l'épreuve, Cooke relève que les meilleurs joueurs font état d'un **étiquetage de la position par le nom d'un grand-maître ayant joué le type d'ouverture** qu'il avait lui-même déduit de la position. C'est par conséquent cette information qui lui a permis de récupérer ensuite lors des cinq rappels enchaînés, les chunks de chacune. Ceci atteste de la récupération en MLT d'un schéma global caractérisant ce type de partie, à partir duquel peut être récupéré le détail des sous-ensembles composant la position sur l'échiquier.



C5=2515 C4=2377 C3=2150 C2=1950 C1= débutant

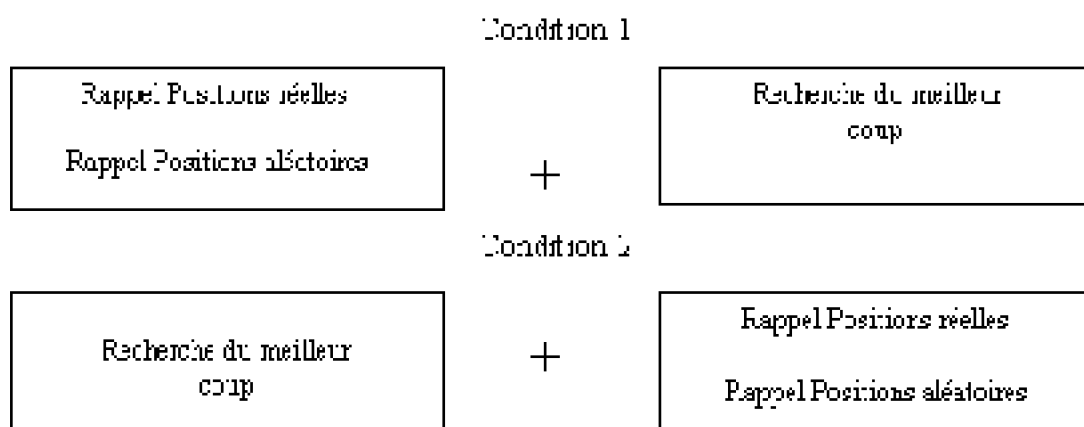
Figure 11 : Nombre de pièces correctement rappelées par série de cinq positions selon leur taille 5C5= 2515 C4= 2377 C3= 2150 C2= 1950 C1= débutant°

A partir d'un autre paradigme expérimental, d'autres auteurs, ont attesté des liens entre rappel et analyse en profondeur, parmi lesquels nous retiendrons Schultetus et Charness (1999).

33-2 Rappel et recherche en profondeur : les expériences de Schultetus et Charness (1999)

Schultetus et Charness (1999) reprennent la critique de Holding, Goldin et Reynolds (1985) de la théorie du chunking visuel donnant un rôle premier au traitement perceptif par activation de patterns stockés en MLT, et écartant une différence de capacité d'analyse en profondeur comme fondement de l'expert joueur. Ils souhaitent étudier les rapports entre les trois dimensions dégagées par la littérature depuis vingt ans sur l'habileté échiquéenne : la mémoire, la recherche en profondeur et l'évaluation.

Ils définissent un protocole en trois temps : épreuve de rappel de six positions, comportant entre 20 et 24 pièces, exposées durant 8 secondes (trois correspondant à des parties jouées entre grands maîtres, trois résultant d'une distribution des pièces de façon quasi aléatoire) puis, recherche durant 5 minutes du meilleur coup à jouer, enfin nouveau rappel après exposition durant 2 secondes des six positions.



L'hypothèse expérimentale était double. Il s'agissait d'une part de vérifier les deux résultats de De Groot posant l'égalité de performance entre novice et expert dans le rappel de positions aléatoires attestant de la théorie du chunking comme fondement de la performance du rappel, et l'absence de différence entre débutant et maître dans la recherche en profondeur. Il s'agissait d'autre part, grâce au rappel intervenant dans le protocole après la recherche du meilleur coup, de **vérifier si un lien pouvait être établi entre recherche en profondeur et rappel de positions aléatoires.**

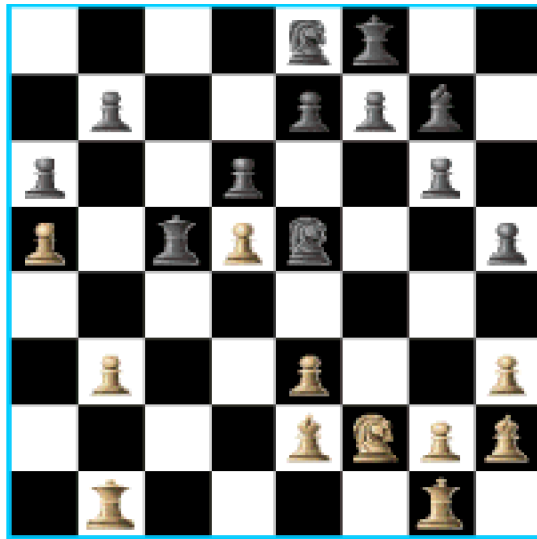
Pour le **rappel initial des positions quasi aléatoires**, le taux de rappel fut mesuré à un faible niveau, **sans avantage significatif lié au niveau d'expertise** par rapport au rappel de positions réelles où un effet expertise était constaté. En revanche, pour le **rappel intervenant après la recherche du meilleur coup à jouer**, un **effet sensible de l'expertise** était trouvé, avec un taux de rappel entre positions de parties réelles et positions quasi aléatoires assez proche, la différence entre joueurs moyens et débutants étant elle-même assez faible.

Tableau 4 : Nombre de pièces rappelées selon le type de positions, la nature du rappel et le niveau.

	débutants	moyens	experts
rappel initial Positions quasi-aléatoires	3,39	2,67	5,00
rappel initial Positions parties réelles	9,89	8,83	14,87
rappel final Positions quasi-aléatoires	3,56	5,56	15,6
rappel final Positions parties réelles	11,44	11,22	20,33

Cette performance dans la condition rappel final postérieur au calcul du meilleur coup à jouer est très intéressante à relever. Elle établit clairement le lien entre mémorisation de la position, d'où découle la qualité du rappel, et examen approfondi de la position en vue de trouver le coup à jouer. Au cours de cet examen, la position est analysée dans ses relations structurelles, le schéma de celles-ci entrant probablement dans la base de

connaissances ce qui en facilite la récupération. Ainsi s'explique le fait que sur des positions de parties normales le maître récupère dans sa base de connaissances les nombreuses parties qu'il connaît se rapprochant de la position qu'il analyse en vue de choisir le bon coup. Cela lui permet habituellement de polariser sa recherche sur un nombre plus limité de variantes par rapport aux joueurs moins expérimentés. Ainsi dans la figure 12, la partie jouée en 1971 aura selon toute vraisemblance été étudiée par l'expert et une position présentée s'en rapprochant activera dans la bibliothèque des parties étudiées celle jouée par Kortchnoï, ce qui facilitera l'encodage.



Rappel d'une Position aléatoire

trait aux Blancs



Rappel d'une Position de la partie Kortchnoïvs Geller, 1971

trait aux Blancs

Figure 12 : Rappel de positions et étude préalable du coup à jouer. (d'après Holding & Reynolds, p 239)

Ce travail de récupération n'est pas possible dans le cas de positions aléatoires de pièces du fait qu'aucune structure voisine ou similaire n'existe dans la base de données de l'expert.

Conclusion

L'intérêt majeur de ces travaux a été de dégager l'importance des liens entre la capacité d'exploration en profondeur et la constitution de la base de connaissances stockées MLT.

Ces deux processus cognitifs constituent le second volet de notre examen des habiletés cognitives recrutées dans la pratique du jeu d'échecs.

CHAPITRE 2 Jeu d'échecs, recherche en profondeur et imagerie mentale, et organisation de la base de connaissances

Lorsque Alfred **Binet** lit en août 1892, dans une revue échiquéenne intitulée « La

Stratégie » un article signé du champion de l'époque Goetz, dans lequel celui-ci soutient que dans le **jeu à l'aveugle** il procède non par mémoire visuelle mais par calcul, il décide d'enquêter auprès des grands joueurs sur le jeu sans voir, en complément de son étude des grands calculateurs (1894).

Le jeu sans voir désignait à l'époque le jeu dans lequel un joueur affrontait un ou plusieurs adversaires sans voir l'échiquier. Pour mener son étude expérimentale, Binet publie un **questionnaire** en quatorze points dans cette même revue, qui sera ensuite publié dans de très nombreux journaux et traduit en une dizaine de langues. La majorité des champions d'alors acceptent de lui envoyer leurs observations sur ce qu'ils pensent être leur manière de procéder durant le jeu "à l'aveugle". Le grand précurseur de la psychologie expérimentale conduit une **étude** fouillée des **protocoles écrits et verbaux des maîtres** et livre une **conclusion majeure : c'est le mode d'organisation de leur base de connaissances en mémoire à long terme qui permet aux champions de ne pas avoir besoin de voir les pièces** mais de s'intéresser plutôt à la logique des relations entre celles-ci. Cela libère leurs ressources qu'ils peuvent mobiliser prioritairement pour le calcul. La **mémoire** ne serait donc pas visuelle mais '**d'ordre géométrique**' organisant le matériau à mémoriser en termes de structures de relations spatiales.

En termes d'aujourd'hui, nous pouvons dire que Binet, le premier, a posé la question du format mental des représentations échiquiennes.

Avant de jouer un coup, un joueur passe en revue tous les enchaînements des coups possibles de l'adversaire afin d'essayer de comprendre le plan suivi par celui-ci et de déterminer le coup le plus probable dont il espère tirer avantage. C'est seulement après cette exploration en profondeur des variantes à la disposition de l'adversaire que le joueur reprend une analyse en profondeur identique avec les coups possibles de ses propres pièces ; il peut alors recommencer une analyse des réactions probables de l'adversaire. Il est dès lors en mesure de décider de son coup en comparant les divers résultats probables en fonction du but qu'il s'assigne à ce stade de la partie, et compte tenu de ce qu'il sait de son adversaire.

L'exploration en profondeur et la capacité de calcul d'un grand nombre de combinaisons de pièces pour chacune des diverses variantes possibles est par conséquent une étape primordiale, et correspond à un processus cognitif d'un haut niveau de complexité.

Avant de présenter ces deux processus et pour bien situer l'importance de ceux-ci, il n'est pas inutile de rappeler comment l'exploration en profondeur et le calcul combinatoire interviennent dans le choix d'un coup par le joueur, et pour ce faire de citer l'articulation proposée par De Groot.

De Groot distingue **trois phases** successives.

Il y a d'abord la phase **d'exploration de la position** au cours de laquelle le joueur '**fait parler la position**', comme en résolution de problèmes l'on commence par '**faire parler l'espace-problème**'. Le joueur, pour ce faire, réalise **trois tâches** elles-mêmes distinctes et successives : **la capture des traits structuraux** de la position, **l'inventaire**

des potentiels et menaces des pièces des deux camps en esquissant grossièrement les mouvements possibles des pièces, **le jugement sur l'analyse globale de la position** qui lui permet de dire qui a l'avantage et de tenir compte de ce jugement pour la phase suivante d'analyse des variantes de coups.

La **deuxième phase** est la phase proprement dite **d'analyse et d'investigation des différents plans** disponibles et des choix de coups impliqués par chaque plan étudié. Le joueur étudie l'un après l'autre chaque plan possible en analysant tous les coups possibles qui en découlent sur une profondeur de cinq ou six coups, voire plus ; il est aidé dans ce travail par le stock de parties référencées dans sa MLT, ce qui l'autorise à éliminer certaines variantes et à concentrer ses calculs sur un nombre limité de plans.

La **dernière phase** est celle où il **compile et traite tous les éléments de ses calculs** en les rassemblant, d'une part pour résumer les avantages des diverses possibilités, d'autre part en confrontant le ou les choix sélectionnés à l'épreuve de la critique ultime. Après qu'il a arrêté le choix de son coup, il passe celui-ci au crible en essayant de voir s'il n'aurait pas oublié une réponse adverse au cours de ses investigations. Souvent le joueur a marqué son coup sur sa feuille, ce qui acte son choix ; il cache cette marque à son adversaire et reprend une dernière analyse.

Au cours de ses expériences De Groot a pu démontrer qu'il n'existe pas de différence entre les joueurs dans la méthode suivie et dans la profondeur des analyses et calculs, mais que ce qui caractérise les divers niveaux d'expertise est le fait que **la richesse des connaissances préalables** rend plus efficient le travail d'investigation et de calcul à chacune des phases. Le grand maître est en quelques secondes parvenu à caractériser la position, à dire « qui est mieux », alors que le joueur moins fort prendra plusieurs minutes pour parvenir à ce même résultat.

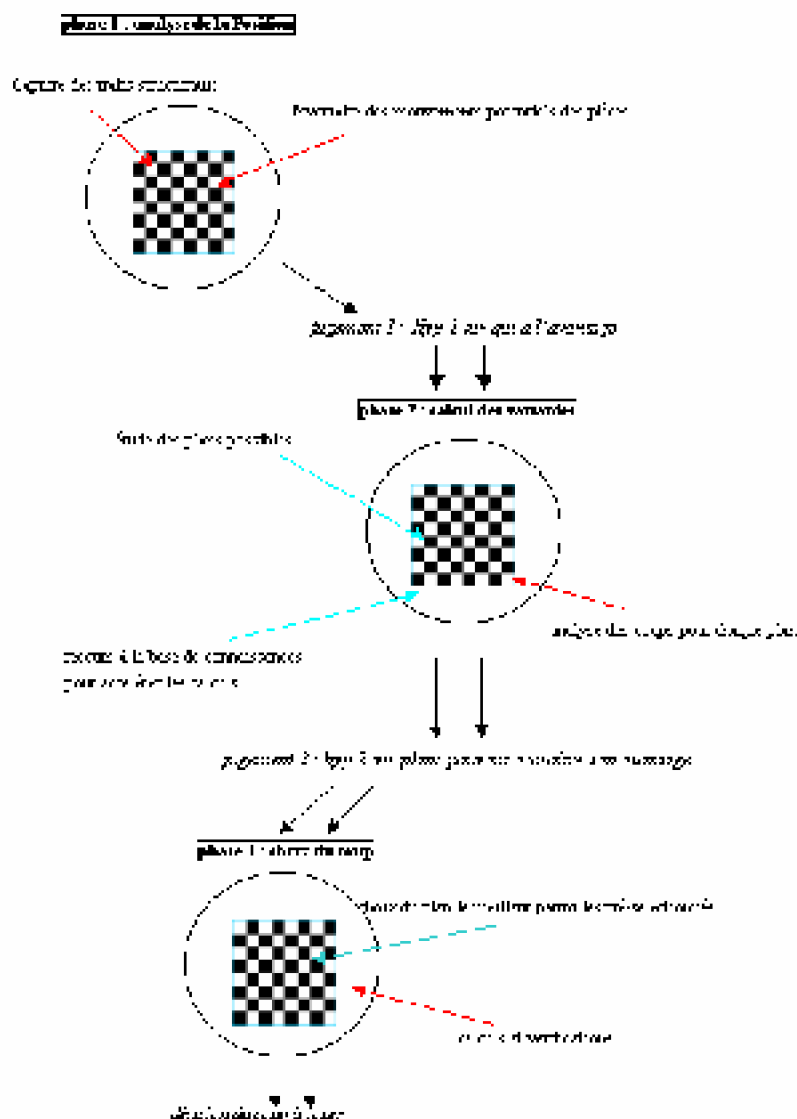


Figure 13 : Illustration des phases de l'analyse d'une position en vue du choix du coup, d'après le phasage de De Groot (1946).

L'autre conclusion essentielle pour définir la nature du mode d'investigation de la position et des calculs en profondeur, est que le joueur recherche au cours de ces étapes ce qui peut lui donner un avantage positionnel immédiat ou à plus long terme. Cette notion d'avantage est le critère discriminant d'analyse, ce qui a pour conséquence de conférer à **l'effet de contexte** un rôle primordial, montrant que la force brute de calcul n'est jamais le seul facteur décisionnel.

1 Recherche en profondeur et Imagerie mentale

Plusieurs études se sont attachées à vérifier les rapports existant entre capacité d'évaluation d'une position et expertise, et à cerner la nature de la fonction d'évaluation.

Holding (1989) propose à deux groupes de joueurs, l'un fort, l'autre faible, des **arbres décisionnels**, que l'on appelle des **variantes**, consistant en une suite de six coups. Deux

variantes sont présentées à la fois, pouvant conduire à huit choix. Les sujets doivent décider quel est le meilleur enchaînement de coups, c'est-à-dire quelle est la meilleure variante, et selon celle qu'ils ont choisie, ils se voient attribuer des points correspondant aux réponses en fonction d'un étalonnage réalisé par un grand-maître.

Les résultats font apparaître une **corrélation significative entre niveau du joueur et qualité de l'évaluation**.

Ceci indique que la faculté d'anticiper les enchaînements de coups, en appréciant les meilleures réponses d'un camp dans le cas où l'adversaire joue un coup plutôt qu'un autre, est liée au niveau d'expertise. Il y aurait donc **deux dimensions à l'analyse en profondeur** chez l'expert. D'une part, lorsqu'il déroule un arbre de décision, la **capacité à calculer** en maintenant en mémoire un grand nombre d'informations. D'autre part, la capacité à **anticiper la conséquence** et à pondérer en termes d'efficacité chaque coup par rapport aux autres.

Sur un paradigme différent, Klein (1989) confirme la composante capacité d'évaluation et de prédiction de la bonne variante dans un arbre décisionnel où les possibilités sont très semblables. Travaillant sur une partie ayant été réellement jouée par deux grands-maîtres il s'agissait pour les sujets de prédire le coup que chaque adversaire a joué. Après chaque coup prédit, l'information était donnée sur le coup joué dans la partie, et la tâche de prédiction continuait. Non seulement le taux de réponses correctes était corrélé au niveau des joueurs, mais on constatait de plus que la variété du nombre de coups prédits était plus faible dans le cas des sujets les meilleurs. En d'autres termes, les sujets les plus experts étaient beaucoup plus sûrs de leur choix que les novices, lesquels donnaient une plus grande variété de coups possibles.

11 L'exploration en profondeur

Parmi les études les plus récentes sur le processus d'analyse en profondeur, il nous faut mentionner celles de la neuropsychologie cognitive. Chabris (1999) dans une série de six expériences a investigué les processus top-down, pour s'écarter des protocoles reposant sur la reconnaissance de patterns et de l'activation par processus bottom-up de représentations en MLT.

L'idée directrice est de privilégier la fonction de l'imagerie mentale comme variable principale de l'habileté.

Une première étude fait ressortir la part essentielle de l'imagerie du mouvement des pièces dans l'expertise, y compris dans les positions au contexte sémantique pauvre. Chabris met en exergue le fait que la base de connaissances de l'expert contient des milliers de parties grâce à la conceptualisation des schémas de parties, que Chabris dénomme « mental cartoon process ». Sa quatrième expérience (1999) apporte une contribution décisive sur la pratique des grands-maîtres. L'auteur analyse par ordinateur 1188 parties de grands-maîtres et met en lumière le fait que lorsque le grand-maître dispose de plus de temps pour explorer la position, il améliore sensiblement la qualité des coups joués, ce qui tendrait à prouver que le processus de traitement ultra rapide des patterns n'est pas le seul en cause et que le processus de profondeur du traitement est prédominant.

Relevons une autre conclusion sur laquelle nous aurons à revenir. Chabris confirme l'avantage hémisphérique droit établi dans la plupart des études sur l'expertise échiquéenne pour ce qui est de la capacité à récupérer des positions en MLT, et dans la fonction de partition d'une position en sous-ensembles significatifs.

Cette fonction de **l'imagerie est un processus dynamique** et n'est pas seulement la mise en relation d'images mentales activées par traitement de la position.

Ceci tient au fait que la position n'est jamais vue en l'état des pièces placées sur des cases, mais dans le modèle d'interactions des pièces entre elles en fonction de leurs déplacements potentiels.

Dans la position présentée à la figure 14, le joueur ayant les Blancs ne voit pas seulement l'échiquier A mais il voit en même temps et en fait presque exclusivement l'échiquier B, c'est à dire qu'il voit un modèle dynamique de mouvements de pièces et des conséquences immédiates ou à plusieurs coups de celles-ci. Toute sa recherche en profondeur du coup à jouer repose sur cette imagerie des mouvements potentiels. Ainsi les Blancs voient-ils le mouvement de leur Dame de f2 en f7 avec attaque du pion défendant le Roi noir, et également le mouvement de leur Fou en c4 qui peut atteindre sur sa diagonale la case f7. Le joueur sait que si sa Dame vient

en f7 faire échec au Roi, ce dernier ne pourra pas prendre la Dame blanche puisqu'elle est protégée par le Fou posté en c4. Le Roi noir devra fuir en h8. Le joueur ayant les Blancs voit aussitôt qu'il peut alors venir gagner le Fou noir en b7, ce qui lui donne un avantage décisif, et menace la prise de la Tour noire en c8 avec mat.

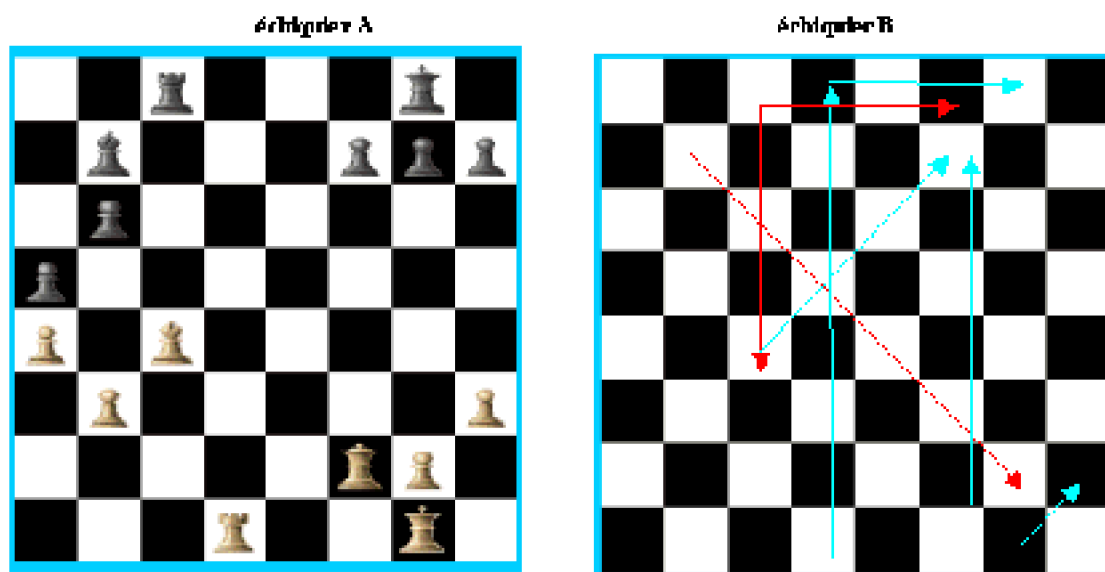


Figure 14 : Modèle dynamique de l'imagerie échiquéenne.

Ce **processus de traitement dynamique des mouvements des pièces** a été validé par un protocole proposant une tâche de pois mobiles (Bachmann, Oit, 1992).

Les joueurs de différents niveaux devaient **déplacer sur une grille imaginaire**, soit un pois, soit une pièce, en suivant des instructions orales. L'expérimentateur donnait des instructions ne respectant pas, s'agissant des pièces, les règles relatives au déplacement

de celles-ci. Les résultats obtenus avec le pois étaient significativement meilleurs que ceux opérés avec une pièce, prouvant que les joueurs avaient plus de mal à résister à **l'interférence de leur savoir échiquéen**. Certains déplacements qui leur étaient demandés sur la grille étaient contraires aux règles compte tenu de la pièce qu'ils manipulaient, et un **effet Stroop** classique se produisait : par exemple, la règle du déplacement d'un Cavalier rendait théoriquement impossible que celui-ci, en suivant les instructions données, aille sur la case demandée. Ce conflit interférait avec l'ordre reçu, il ralentissait la tâche et, du fait des consignes données à une fréquence élevée, faisait chuter la performance des joueurs par comparaison avec celle obtenue avec l'autre objet utilisé dans le protocole, le pois.

Gobet (1996b) pour sa part a proposé un modèle d'analyse du chunking qui privilégie le traitement de haut niveau c'est-à-dire l'activation et l'appariement de traits perceptifs. Il se réfère à la **littérature de la similarité** en catégorisation, et de la reconnaissance des formes et objets.

Nous n'évoquerons pas le modèle de Posner (1967) puisqu'il correspond très directement au mode de fonctionnement de la base de connaissances de milliers de chunks typiques de l'expert. En revanche, les **modèles dits d'exemplaires** nous intéressent dans la mesure où ils mettent l'accent sur l'activation par un stimulus de traces multiples liées à l'objet et au contexte d'encodage.

Plus que celui de Medin et Schaffer (1978), c'est le travail de Nosofsky (1986) qui peut nous aider à rendre compte des processus perceptifs mis en jeu dans la reconnaissance d'une position d'objets, échiquéens ou non, sur un support. Le "**Generalized Context Model**" de **Nosofsky** (1986) propose une échelle multidimensionnelle pour la prise en compte des traits ou caractéristiques d'un stimulus en vue d'un jugement de similarité.

Ainsi, les sujets, en fonction de leur propre contexte, sont-ils plus sensibles à certains traits ou caractéristiques, différents de ceux retenant l'attention sélective d'autres sujets. Le **poids attentionnel** attribué par chacun est différent pour un même objet, **la saillance perceptive** n'apparaissant que lorsque un grand nombre de sujets ont accordé un poids de similarité aux mêmes traits d'un objet. Ceci expliquerait la vitesse avec laquelle l'expert traite le stimulus pour se concentrer sur une analyse en profondeur des potentiels de la Position. Non seulement l'accès à la MLT reposerait sur un traitement perceptif de très haut niveau, et non pas sur le stockage en mémoire à court terme (MCT) de sept étiquettes de chunks, mais ce traitement comporterait de plus une **sélectivité de l'attention à certains traits** en fonction d'une échelle multidimensionnelle **prenant en compte le contexte des traces mnésiques**. Cette dynamique temporelle de l'appariement perceptif est à la base des modèles d'ajustement (Ullman, 1992) ou de contingence (Sanocki, 1993) en reconnaissance de formes.

12 Imagerie mentale et prise en compte du mouvement

C'est la **prise en compte du mouvement** et du type particulier de représentations d'objets fondées sur le mouvement ('motion encoded objects' de Kosslyn et Sussman, 1995) qui a justifié l'abandon des seuls modèles structuraux de reconnaissance par les

primitives (Marr) ou les composantes stables (geons de Biederman, 1987).

Hinton (1981) et Jolicoeur (1992) ont proposé un **modèle d'ajustement** où les **composantes mouvement et orientation** d'un stimulus sont **traitées par un système différent de celui traitant les autres caractéristiques du signal**. Il y aurait extraction en parallèle par deux systèmes interconnectés des éléments du signal relatifs au mouvement et à l'identité.

Sanocki (1993), dans son modèle d'aller-retour, montre qu'il y a **amalgame de processus ascendants et descendants**, les informations traitées par le circuit direct en V4 (aire visuelle 4 traitant la couleur mais surtout l'orientation) et MT (aire visuelle traitant le mouvement) relatives au mouvement des éléments - ici le potentiel de déplacement de chaque pièce-, en redescendant, contraignent les traitements plus lents des composantes structurelles et des traits de surface de la forme.

Dès lors, un Roi roqué est perçu par voie directe ultra-rapide en ce qu'il comporte les mouvements de mise à l'abri du Roi, de libération de la Tour qui peut s'activer sur sa rangée et sur sa colonne et éventuellement de contrôle de la diagonale du Fou en fianchetto. Ce n'est que plus tard que le détail du pattern est enregistré par le joueur, position des pions avec ou sans pion avancé en colonne h ou pion g avancé avec fianchetto du Fou.

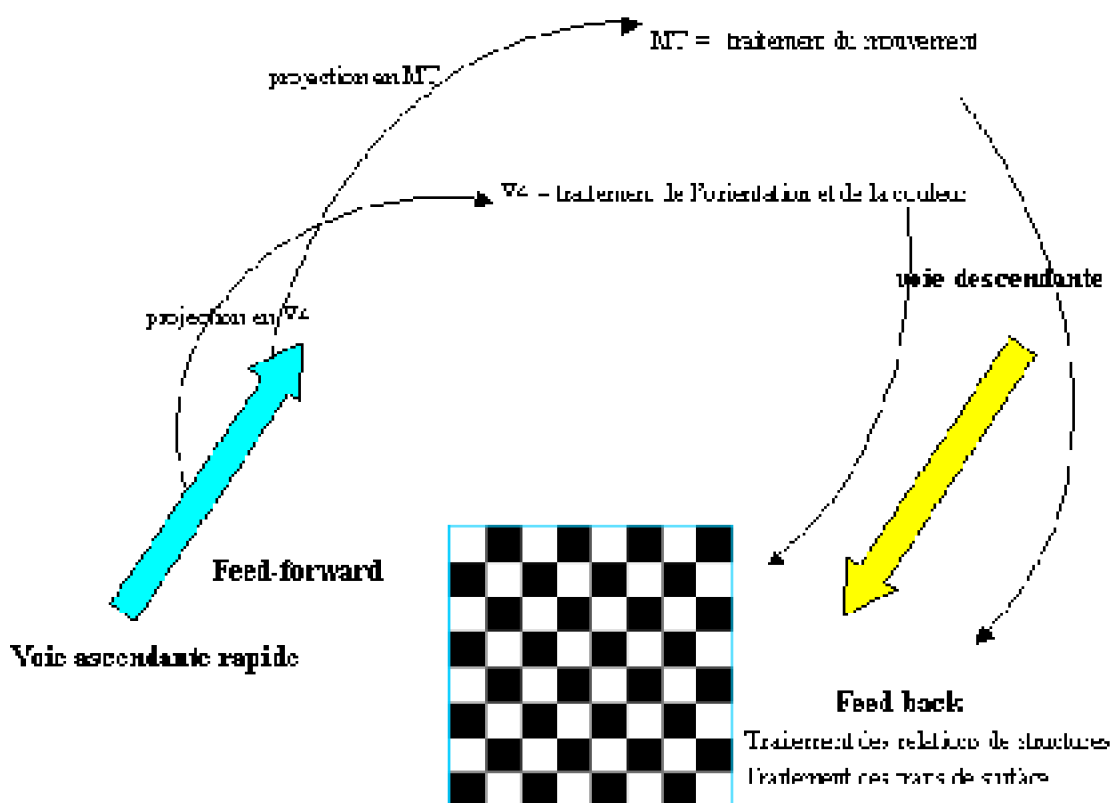


Figure 15 : Processus de traitement visuel de la position

Le contour global pré-active une série de patterns candidats et ceux-ci guident l'analyse des détails intégrés plus lentement (Boucart, 1997).

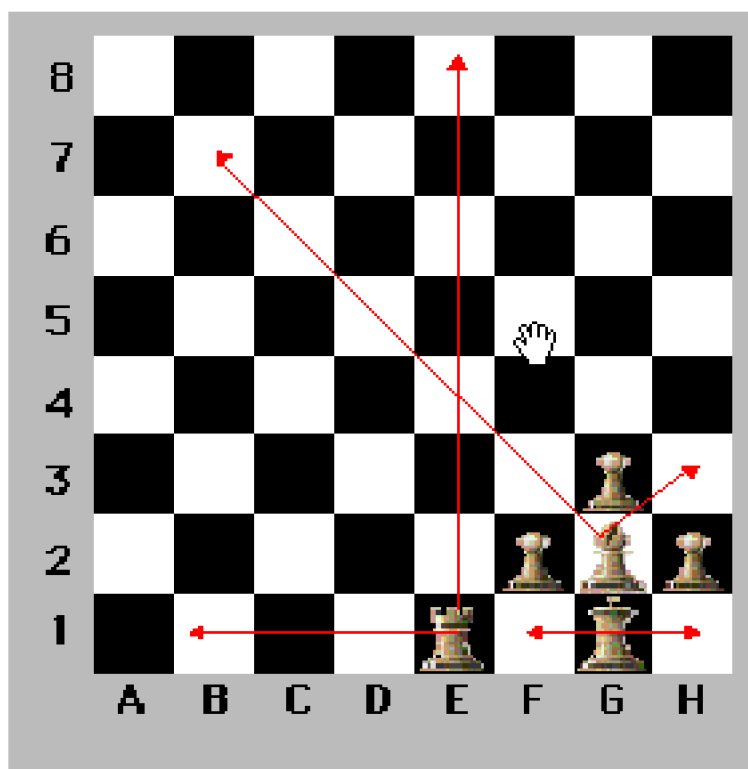


Figure 16 : Activation de la dynamique d'un pattern Roi roqué.

On est proche des modèles de la double voie dorsale et ventrale du système visuel. Ces modèles nous paraissent d'autant plus pertinents dans le champ de notre étude qu'ils rendent compte de la différence de vitesse de traitement observé chez les joueurs experts par rapport aux non-experts : six pièces sont mémorisables globalement en un flash d'où la facilité de récupération. Nous disons flash par référence à l'hypothèse de codage neuronal asynchrone basé non plus sur le temps de décharge des neurones mais sur leurs dates de décharges relatives (Thorpe, 1995, 1997) ; mécanisme de catégorisation ultra-rapide à partir de détecteurs de traits diagnostiques. Grâce au parallélisme massif qui caractérise le système visuel, un Roi roqué sera perçu en quelques dizaines de millisecondes.

Plutôt que d'opposer le volet mémoire au volet perception, et de chercher une prévalence de l'un ou de l'autre, comme l'ont fait à ce jour les spécialistes de l'expertise échiquéenne, nous devons reconnaître que deux processus agissent en parallèle : la constitution en MLT de **patterns, templates et retrieval structures**, et, au plan perceptif, des mécanismes de détection des similarités fondées non sur les seuls aspects structuraux et catégoriels mais également et parallèlement sur le potentiel de mouvement.

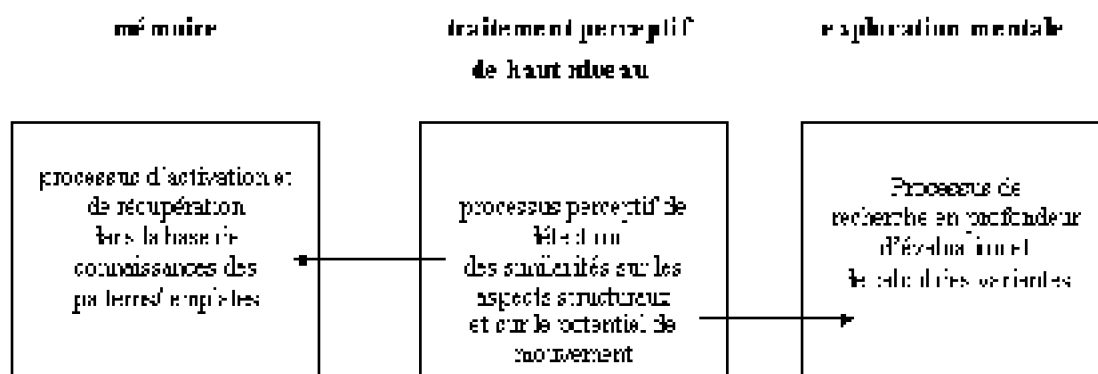


Figure 17 : Les processus requis en parallèle de l'habileté échiquéenne.

2 Le modèle d'organisation de la base de connaissances ou MLT de l'expert

La plupart des expériences que nous venons de présenter, qui ont prévalu dans la construction de l'étude de l'expertise échiquéenne, ont mis en relief le caractère obsolète des distinctions entre MCT et MLT. Lorsqu'un expert est capable de rappeler près de cent quarante pièces après avoir encodé neuf ou dix positions présentées à la suite durant une durée aussi courte que 5 secondes, il y a lieu en effet de recourir à d'autres modèles.

Le point commun des travaux précités est la liaison établie entre le traitement des positions et l'activation en mémoire à long terme de patterns appris et stockés. De la même manière, lorsque le joueur dans sa recherche en profondeur calcule les variantes et le bon coup à jouer, sa mémoire de travail intègre le répertoire des informations récupérées en mémoire à long terme étiquetées pour tenir moins de place et les diverses données liées au modèle de la situation qu'il analyse et vit dans l'instant de la partie avec un adversaire (i.e., ce qu'il sait de lui, et ce qu'il sait de ses propres réactions ou situations semblables vécues antérieurement au plan du contenu de la partie et de l'état psychologique). Ce processus est illustré par la figure 17.

De fait, le concept de mémoire de travail est un élément clé qu'il nous faut brièvement présenter avant d'aborder le processus d'interaction entre celle-ci et la base de connaissances.

2-1 Le modèle de mémoire de travail de Baddeley et Hintch (1974) et son application à l'étude de l'expertise échiquéenne

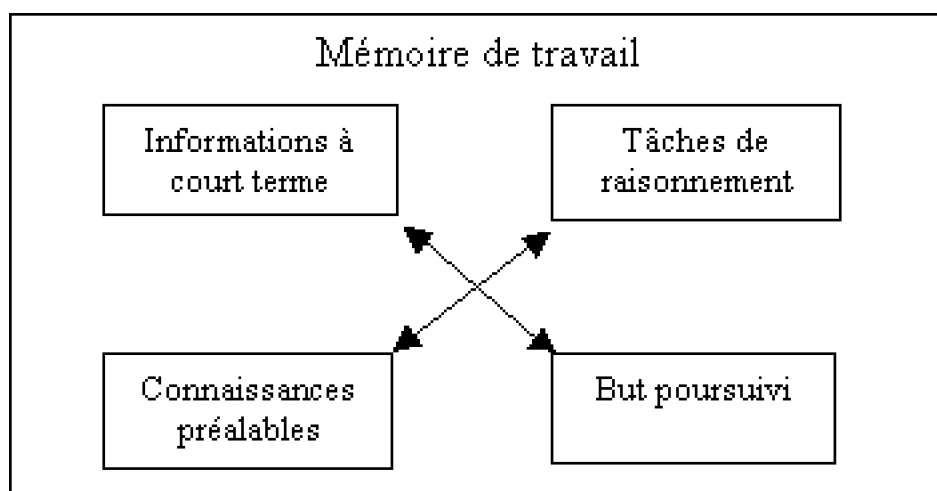
Très vite les modèles linéaires et séquentiels distinguant la MCT de la MLT à la fois du point de vue de la capacité de stockage et de celui du décours temporel, ont fait place à des modèles rendant mieux compte des processus de traitement et de contrôle des tâches exécutées pour lesquelles des informations de diverses natures étaient concernées.

En neuropsychologie cognitive, l'étude de sujets cérébro-lésés a apporté des arguments majeurs pour réfuter le traitement séquentiel et mettre en évidence la notion de mémoire de travail traitant sur plusieurs niveaux à la fois des données de nature différente, les unes issues des stimuli captés, les autres de la base de connaissances

appries antérieurement.

Warrington et Shallice (1979) ont observé chez le patient KF un grave déficit de la MCT mais la conservation de sa capacité d'apprentissage dans une tâche d'association de paires de mots, ce qui supposait l'intervention d'un processus d'activation de la MLT et postulait le recours à la mémoire de travail, distincte de la MCT effondrée.

Dans leur modèle, Baddeley et Hitch (1973) décrivent une mémoire de travail qui traite des informations à court terme, permet des tâches de raisonnement et de compréhension à partir de celles-ci, en contrôlant le processus en fonction d'un but et d'un environnement, et notamment de l'expérience du sujet exprimée en connaissances préalables. Ces fonctions et processus de la mémoire de travail n'ont que peu à voir avec une simple fonction de stockage.



La simple structure de contrôle proposée par Atkinson (1968) ne peut suffire à expliquer les performances constatées chez des sujets, surtout lorsque ceux-ci se voient proposer des doubles tâches. Précisons brièvement que le paradigme de la double tâche auquel recourt Baddeley pour attester de l'existence de la mémoire de travail a pour but de bloquer la mémoire à court terme et d'observer si, après exécution d'une tâche interférente, il y a effondrement ou non de la performance de la MCT. Les résultats obtenus ne faisant pas apparaître un tel effondrement - les effets de récence et de primauté sont par exemple maintenus -, Baddeley en conclut que la mémoire de travail est d'une autre nature que la MCT.

Baddeley distingue **trois composantes de la mémoire de travail** :

- un calepin visuo-spatial qui traite tout ce qui concerne les données visuelles et spatiales,
- une boucle phonologique qui traite tout ce qui est codé sous forme verbale,
- enfin, un administrateur central, sorte de pilote de la conduite de la tâche ou de

processeur qui sélectionne et coordonne les opérations de traitement des stimuli et informations utilisées ou récupérées, au cours de l'exécution.

Robbins et Baddeley (1996) ont investigué le rôle de la mémoire de travail chez le joueur d'échecs en utilisant ce **paradigme de la double tâche**. Au cours de plusieurs expériences ils ont bloqué l'une ou l'autre des trois composantes afin de déterminer laquelle ou lesquelles parmi les trois étaient éventuellement recrutées de façon préférentielle.

Ils **souhaitaient** ainsi **éclairer le débat** surgi après diverses études ayant mis en évidence que les **capacités visuo-spatiales** n'étaient pas prédominantes voire exclusives dans l'expertise échiquéenne et que les **aptitudes verbales** étaient bien présentes également (Holding, 1989a ; Pfau & Murphy, 1988).

Dans une première expérience auprès de vingt joueurs, un rappel de vingt positions est proposé (16 pièces en moyenne), après une exposition de 10 secondes chacune, par groupe de 4 positions selon les quatre conditions expérimentales :

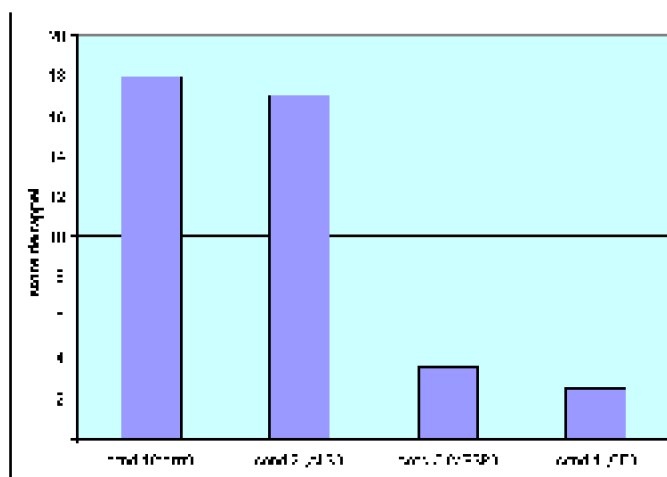
condition contrôle avec position normale,

condition 2 avec une tâche interférente durant la présentation, consistant en la répétition à haute voix de l'article anglais 'the',

condition 3 avec tâche interférente durant la présentation consistant en la pression de boutons sur une calculatrice dans un certain ordre appris préalablement ; cette tâche est destinée à bloquer le calepin visuo-spatial (VSSP),

condition 4 avec tâche interférente durant la présentation, consistant en l'énoncé à haute voix de lettres de l'alphabet en suivant le rythme d'un métronome et avec pour consigne de les énoncer au hasard en essayant de ne pas répéter une même série ; ceci a pour but d'altérer l'administrateur central.

Les résultats présentés dans la figure 18 font apparaître un effet sensible de la condition ($p < .01$). **Le blocage du calepin visuo-spatial (cond 3) et de l'exécutif central (cond 4) dégradent significativement le rappel**, ce qui n'est pas le cas de la tâche interférente de la boucle phonologique par la répétition de l'article 'the' (dont le rôle a été attesté dans une expérience antérieure de Baddeley, 1986).



ALS : articulatory suppression VSSP : visuospatial sketchpad suppression CE : central executive suppression

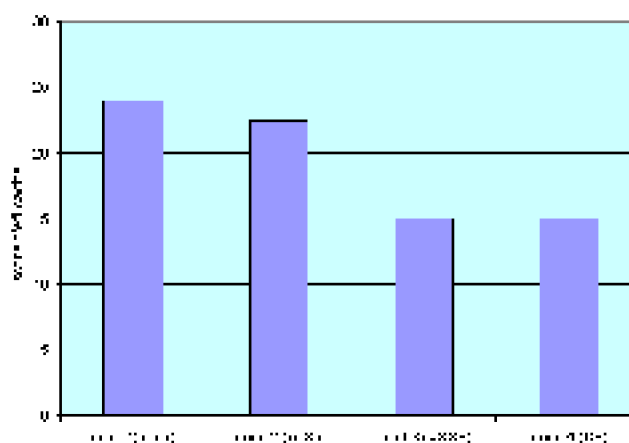
Figure 18 : Effets des différentes tâches interférentes sur le rappel, d'après Robbins et Baddeley, 1996, p 85. ALS : articulatory suppression VSSP : visuospatial sketchpad suppression CE : central executive suppression

Aucune différence n'est observée dans la dégradation du rappel selon le niveau des joueurs, pas plus que dans la tâche secondaire, c'est-à-dire qu'aucune interaction des variables n'est mesurée significative.

La forte dégradation du VSSP témoigne de l'importance de la composante visuo-spatiale dans l'encodage d'une position sur l'échiquier, ce que Saariluoma (1992) avait également mesuré avec une tâche interférente du type de celle utilisée par Brooks (1968), dans laquelle le sujet est invité à imaginer qu'il marche et fait le tour d'une enveloppe géante en suivant le bord et doit indiquer s'il tourne à gauche ou à droite.

Dans la seconde expérience, les sujets étudient une série de positions sur une durée de 3 minutes chacune, avec pour consigne de chercher le meilleur coup à jouer pour faire mat ou obtenir un avantage décisif.

Les quatre conditions sont identiques, les tâches interférentes ne changent pas de nature et visent chacune une composante de la mémoire de travail. A l'issue du délai de 3 minutes, les sujets doivent écrire les éléments pertinents de leur analyse justifiant le coup choisi. Le score d'efficacité du choix est calculé à partir d'une grille établie par un grand-maître ayant étudié les positions. Les résultats sont illustrés dans la figure 19.



ALS : articulatory suppression VSSP : visuospatial sketchpad suppression CE : central executive suppression
 Figure 19 : Effets des différentes tâches interférentes sur la recherche du meilleur coup, d'après Robbins et Baddeley, 1996, p 87. ALS : articulatory suppression VSSP : visuospatial sketchpad suppression CE : central executive suppression

Comme dans la première expérience aucune interaction des variables "niveau du joueur" et "score d'efficacité" n'est mesurée. Pour les scores d'efficacité dans la recherche du meilleur coup, le schéma des résultats est semblable : la **dégradation** du score par rapport à la condition contrôle sans double tâche est sensible. Ceci s'explique par la nature du processus mobilisé pour la recherche. L'exploration de la position afin de l'analyser et d'en dégager une interprétation en vue d'un calcul des différentes variantes d'enchaînements de coups recrute, nous le savons, d'une part le **calepin visuo-spatial** pour l'encodage de la position et l'exploration des mouvements potentiels, d'autre part l'**exécutif central** pour l'évaluation et le calcul du bon coup.

Ces deux composantes de la mémoire de travail apparaissent en conséquence essentielles. Lors d'une double-tâche leur efficacité est amoindrie du fait de la surcharge.

Cette observation dégagée des expériences que nous venons de résumer met en lumière les **liens qui, en cours de tâche, unissent la base de connaissances et la mémoire de travail**, laquelle pilote la conduite de la tâche. S'il y a dégradation du rappel et de l'évaluation en vue du choix d'un coup à jouer, c'est que ce lien est altéré. En d'autres termes, le joueur en situation de double tâche peut moins facilement et moins efficacement opérer les allers-retours entre sa base de connaissances et la tâche qu'il conduit. Il récupère moins facilement dans sa bibliothèque les patterns et leur sens, et il accède avec difficulté à l'architecture de cette base. Or l'étendue et la qualité d'organisation de cette base est le fondement de l'expertise. Ce constat a amené certains chercheurs à approfondir cette interaction entre base de connaissances et mémoire de travail comme nous allons le voir.

2-2 L'interaction entre mémoire de travail et mémoire à long terme

Dans la suite de la théorie du chunking, la question de l'architecture de la base de connaissances de l'expert a été étudiée et approfondie, et ces travaux ont permis de mieux cerner l'organisation fonctionnelle de celle-ci.

Nous citerons le travail le plus abouti sur l'organisation de la base experte échiquéenne de Gobet (1996), et le modèle novateur de mémoire de travail à long terme d'Ericsson et Kintsch (1995).

2-21 Le modèle de Gobet de la base experte échiquéenne (1996a)

Dans son article princeps sur la théorie du chunking, Gobet (1996a) a posé les principes de l'organisation hiérarchique, en écho avec les travaux sur la structure du registre lexical et les arbres sémantiques (Collins & Quillian, 1969) et les modèles de diffusion de l'activation (Collins & Loftus, 1975).

L'auteur, lui-même maître international au fort classement ELO (2380), retient une structure en trois niveaux : chunks, templates, et retrieval structures.

Les **chunks** sont le premier niveau, petits sous-ensembles qui servent de patterns d'activation. Les **templates** sont des patrons d'assemblage fréquents entre quelques chunks. Les **retrieval structures** sont des schémas d'organisation d'ensemble qui réfèrent à des types de parties, lesquels ont un label, c'est-à-dire sont étiquetés : on parlera ainsi par exemple de l'Est-Indienne, qui est une défense des Noirs avec contre-attaque très agressive par l'avancée des pions e, f, g, h qui déferlent sur le Roi adverse, et de schémas ou systèmes d'attaque souvent dénommés du nom d'un grand-maître ayant apporté une innovation dans l'attaque considérée (attaque Fischer de l'Est-Indienne).

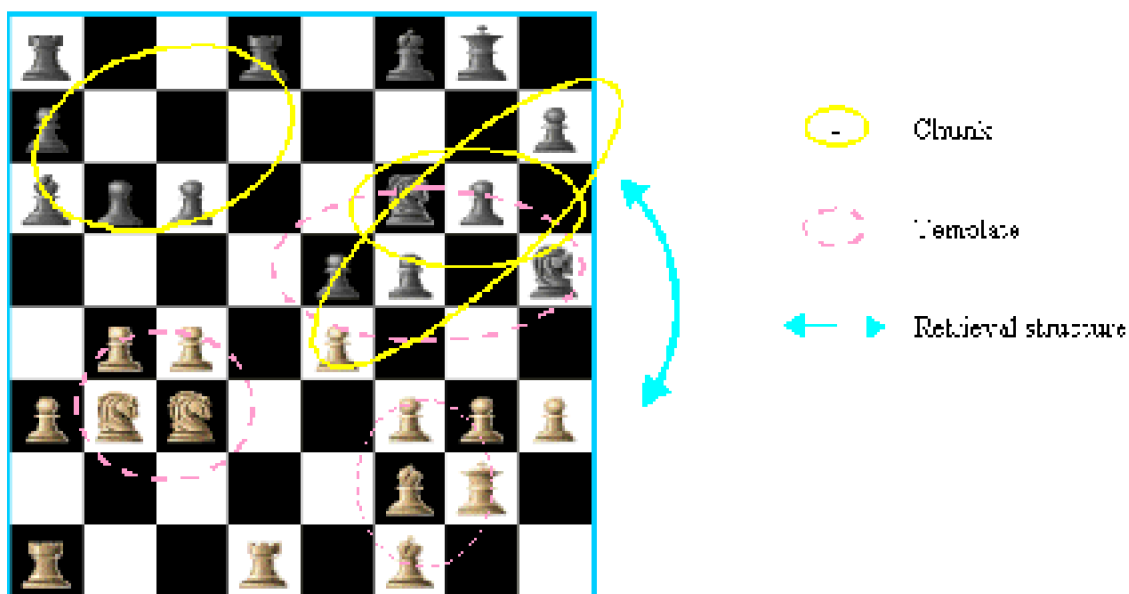


Figure 20 : Est-Indienne. 5ème partie jouée entre Karpov et Kasparov au championnat du monde de Lyon, 1990-1991. Position au 21ème coup, trait aux Blancs. (1/2-1/2)

Les experts disposent ainsi d'un répertoire de types d'attaque et de défense, étiquetées de noms précis, chaque type éponymé activant une multitude de parties jouées et analysées en profondeur entre les compétitions comprises et apprises dans un sens contextualisé.

La position présentée dans la Figure 20 correspond à la variante dite classique de

l'Est-Indienne. Figurent en jaune les chunks ou sous-ensembles les plus habituels dans ce type de partie, qui sont stockés dans la base de connaissances des grands-maîtres, tout comme le sont les templates ou patrons d'assemblage de chunks entre eux. La flèche rouge figure le template entre les deux chunks chaîne de pions noirs (h, g, f) et paire de Cavaliers (f6, h5). La flèche bleue symbolise le schéma de relations entre l'attaque des Noirs et la défense des Blancs. Les grands-maîtres connaissent les parties jouées dans les grands tournois et leur répertoire s'organise à partir de ce type d'étiquette. Ainsi la 'retrieval structure' étiquetée « Est-Indienne, système classique, match Karpov-Kasparov, 1990-1991 », permet-elle de récupérer dans la base de données ce type de position. La plupart des grands-maîtres sont capables de disposer les pièces correspondant à ce qu'ils récupèrent avec un taux d'exactitude dépassant les 80%, dont toutes les pièces clés pour la structure des template et du schéma d'organisation.

Pour vérifier expérimentalement l'efficacité de ce mode de fonctionnement de la mémoire à long terme de l'expert, Gobet (1996a) a pris le statut de sujet d'une de ses expériences. Il s'est assigné comme objectif de mesurer le nombre de positions typiques après le 20^{ème} coup qu'il pouvait rappeler après les avoir vues les unes à la suite des autres, sur une durée de 8 secondes seulement. Il s'est astreint pour ce faire à un entraînement destiné à mémoriser une liste de noms assortis de brèves notations, qu'il associait à des positions types, liste destinée à l'aider dans son travail de récupération lors de l'épreuve de rappel. Par exemple, dans la liste apprise, au numéro 5 correspondait le nom de Euwe, et le label verbal « Attaque Panov, Les Noirs ont un Cavalier très fort en d5, typique du jeu de Euwe. », au numéro 6, le nom de Botvinnik et le label « défense Grunfeld, comme celle du match Karpov-Kasparov de Séville, système joué habituellement par Botvinnik. »

Avec l'entraînement, le nombre de pièces correctement rappelées s'est accru sensiblement, jusqu'à lui permettre d'atteindre une session de rappels de huit positions et de 178 pièces, soit un taux d'exactitude moyen de 60 % des pièces.

Ce protocole et les résultats obtenus éclairent sur l'architecture d'une base experte. Celle-ci s'organise en quatre niveaux différents : les grandes catégories ou familles (1), les structures ou schémas globaux (2), les patrons d'assemblage (3), les unités ou sous-ensembles (4).

Appliquée à une base experte dans le domaine échiquéen, cela peut être schématisé comme le propose la figure 21.

Au niveau 1, des grandes catégories d'ouverture et de défense qui définissent quel type de partie va être joué ; une douzaine sont habituellement retenues dans la littérature. Dans la figure, trois d'entre elles sont citées, Gambit Dame, Espagnole et Sicilienne, mais une seule est développée, la Sicilienne-.

Au niveau 2, des schémas ou systèmes d'organisation, la Sicilienne peut être de nouveau décomposée en une bonne dizaine de systèmes, dont la figure 20. propose trois d'entre eux : le système du dragon, la Najdorf, la Scheveningen, qui sont tous très différents.

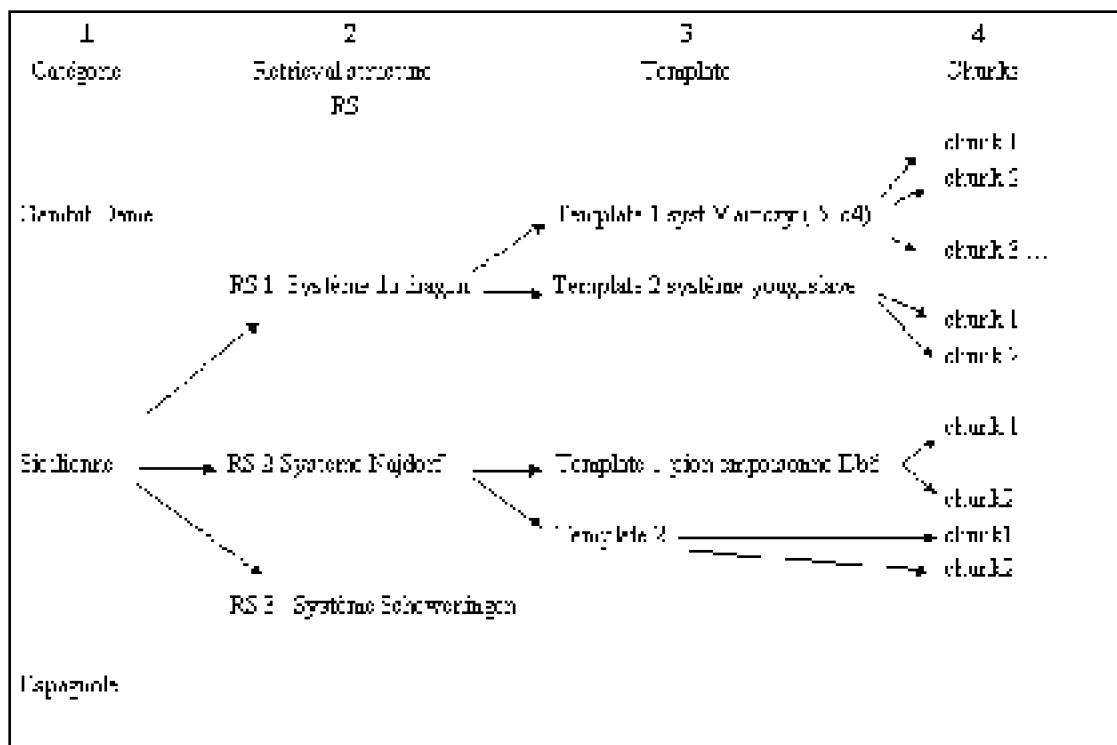


Figure 21 : Organisation de la base de connaissances expertes.

Le niveau 3 comprend les templates ou patrons d'assemblages des sous-ensembles de patterns finaux que sont les chunks (4) : quelques templates fameux sont notés dans la figure : le système Maroczy par exemple se caractérise par le coup c4 au 5ème coup des Blancs.

On voit que, souvent, le label verbal utilisé réfère à une pièce jouée à un certain moment, auquel peut être associé le nom du champion qui a introduit cette innovation ou celui d'une ville accueillant un tournoi célèbre (Scheweningen) où ce coup innovant a été joué.

Le traitement opéré par l'expert confronté à une position nouvelle permet à celui-ci de récupérer en MLT les étiquettes et labels activés par ce qu'il découvre et encode sur les trois niveaux des chunks, templates et systèmes. Il peut ainsi valider si ces données récupérées s'appliquent bien au modèle perçu et orienter son exploration afin de la polariser sur certains calculs en fonction des éléments relatifs à l'issue des parties ainsi extraites.

Cela vérifie l'observation faite dans nombre d'expériences selon laquelle l'expert va immédiatement s'intéresser à une partie du problème ou de la situation qui lui est proposé. Le professeur de radiologie n'analyse qu'une partie des clichés qui lui sont présentés, alors que son interne passe plus de temps à investiguer toutes les parties de l'image avant, lui aussi, de s'intéresser de façon particulière à la même zone que son patron.

2-22 Le modèle de Mémoire de travail à long terme d'Ericsson et Kintsch (1995)

Le modèle de Gobet est très largement comparable au modèle de mémoire de travail à long terme d'Ericsson et Kintsch (1995). Pour ces derniers auteurs, dès qu'il y a travail expert, que ce soit en compréhension de texte ou en résolution de problèmes, la distinction entre MCT et MLT n'est plus pertinente. Dans ce type de tâche, le sujet requiert en permanence les connaissances stockées dans sa base sous la forme d'indices de récupération qui sont activés par l'information qu'il est en train de traiter. Ce travail de traitement et de récupération peut être immédiat ou légèrement différé ; dans ce dernier cas il y a stockage temporaire de l'indice. Le médecin qui suit un patient depuis longtemps, au cours de son examen, se souvient de l'historique médical de celui-ci et interprète en temps réel les indices et symptômes qu'il découvre au cours de l'auscultation ou de l'entretien.

Le schéma de fonctionnement de la structure de récupération, décrit dans la figure 22, est assez semblable au schéma de Gobet (1996a).

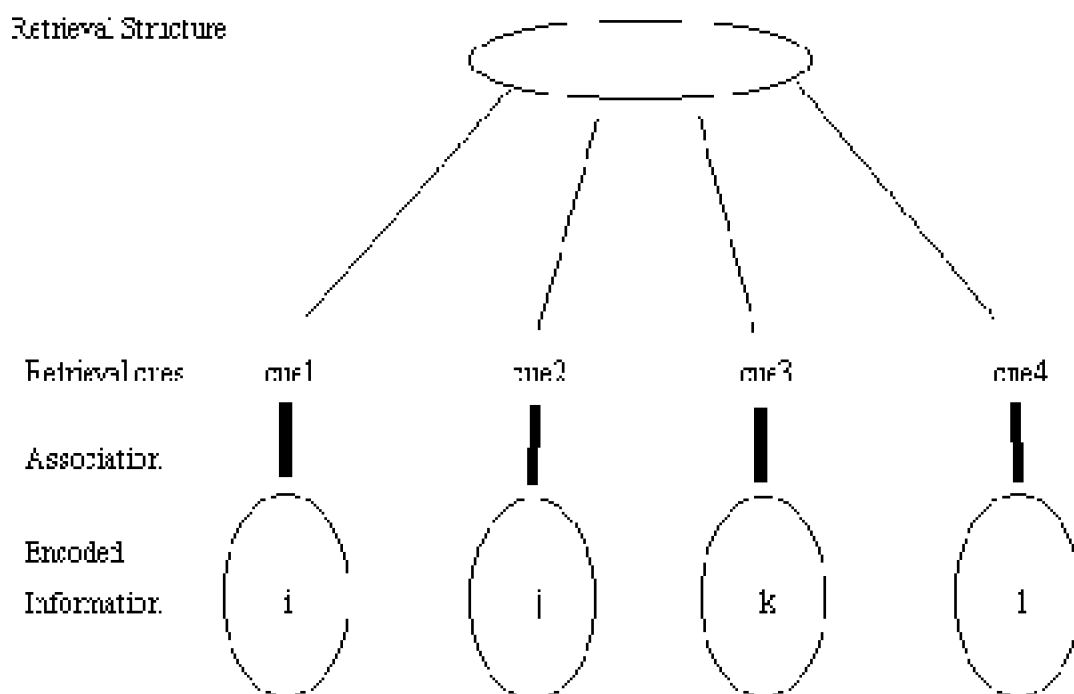


Figure 22 : Organisation des structures de récupération en mémoire de travail à long terme. D'après Ericsson et Kintsch (1995 ; p.216).

Dans ce mode d'organisation, l'élément clé est l'**indice de récupération**, ce qui pose immédiatement la **question du format de celui-ci**.

Est-il nécessaire que cet indice soit **visuo-spatial**, c'est-à-dire corresponde au mode d'encodage initial des chunks et patrons d'assemblage ?

Une transposition du format est-elle possible et efficiente, conduisant à un taux identique d'activation de la structure de récupération ?

Des expériences menées par Saariluoma (1989) sur l'efficacité comparée du rappel selon une présentation visuelle des positions ou une présentation **orale**, le placement des pièces étant énoncé par les coordonnées des cases, Ericsson et Kintsch déduisent que

les deux modalités sont équivalentes. Une preuve de ceci est apportée par le jeu à l'aveugle et la performance du rappel chez les joueurs non-voyants aussi bien que celle des joueurs pratiquant le jeu dit à l'aveugle sans voir l'échiquier.

Nous devons rapporter également les résultats des protocoles de rappel indicé de Ericsson et Staszewski (1989) qui montrent **l'efficacité des structures de récupération.**

Une position de partie réelle est proposée durant 10 secondes, ensuite une case est citée au hasard à l'aide de ses coordonnées, et le sujet doit indiquer si une pièce était présente ou non sur cette case dans la position apprise, et laquelle. Le maître répond avec exactitude en à peine une seconde. La position comportant de l'ordre de 25 pièces, seul le passage par l'indice d'une structure de regroupement, laquelle a été étiquetée lors de l'encodage par son appartenance à un schéma type de récupération, peut expliquer la rapidité et l'exactitude de la réponse. Un autre protocole atteste de ce mode de récupération au plan macro-structurel puis, en cascade, d'accès aux détails : le maître étudie durant 5 secondes une position de partie réelle, il doit ensuite répondre à une question du type « quelles sont les pièces noires qui attaquent la case d4 ? ». La même exactitude est mesurée en un temps relativement court, d'environ 4 secondes. Dans ce protocole, l'indice de récupération est la case d4, à partir de laquelle se reconstruisent les chunks et templates ; la vérification ou le complètement des pièces sont opérés par récupération de l'étiquette ayant été donnée à la partie lors de l'encodage.

Lorsque ce type de tâche est réalisée sans support perceptif, c'est-à-dire sans voir l'échiquier, le processus de traitement repose essentiellement sur la mémoire de travail, d'autant plus quand ceci est effectué simultanément sur 10 positions (Saariluoma 1991a, exp.7). Durant le déroulement de l'énonciation de la liste des pièces de la position, la mémoire de travail active en mémoire associative les niveaux templates (**T**) et schéma général de récupération (**RS**) et étiquette de façon dynamique les formats récupérés tout en acceptant en entrée, toutes les 2 seconde, les coordonnées d'une nouvelle pièce. La dynamique de la compréhension d'un texte se construit selon le même processus de construction-intégration (Kintsch & Van Dijk, 1988).

Cette évidence expérimentale de l'intervention de la mémoire de travail à long terme dans les tâches de haut niveau en lecture experte et en compréhension de texte, tout comme en récupération dans la base de connaissances expertes, semble confiner ce modèle à un domaine spécifique. En d'autres termes ce serait dans le seul domaine d'expertise que se manifesterait cette capacité de la mémoire de travail à long terme.

Ce point commun qui ressort des études de l'expertise est-il incontestable ? Telle est la question que nous devons poser et à laquelle certains travaux sur le développement des habiletés cognitives chez l'enfant ont essayé de répondre.

Conclusion

Si l'ensemble des travaux présentés jusqu'ici ont porté sur la nature des processus recrutés dans le jeu d'échecs chez l'expert, certains auteurs se sont attachés à étudier la pratique chez l'enfant et la portée de cette pratique en termes de développement cognitif.

Ceci fait l'objet de la deuxième sous-partie que nous allons présenter.

2^{ème} sous-partie Jeu d'échecs et développement des habiletés cognitives de l'enfant

De longue date, l'enseignement du jeu d'échecs en milieu scolaire a fait l'objet d'initiatives, d'études et de controverses. Dans certains pays, l'apprentissage du jeu d'échecs en milieu scolaire a été inscrit au programme des matières enseignées dans le but explicite de développer certaines facultés de l'enfant.

En France, à la fin des années 70, des textes officiels de l'Education Nationale ont consacré l'intérêt du jeu d'échecs pour le développement de certaines capacités de l'enfant, et quelques Académies et IUFM ont initié des travaux de validation des hypothèses avancées dans ce domaine. Nous mentionnerons notamment ce qui a été réalisé durant plusieurs années en Alsace. Mais tout ceci est resté exceptionnel, la pratique du jeu d'échecs en milieu scolaire n'ayant jamais fait l'objet de recherches approfondies sous l'angle du développement cognitif.

Au cours des années récentes, en France, cet apprentissage a connu un regain dans les écoles primaires et a souvent été intégré par les équipes pédagogiques travaillant avec des enfants de 7 à 12 ans, plus rarement dans les collèges.

Les observations empiriques ont porté essentiellement sur les rapports entre les mathématiques et la discipline échiquéenne. C'est dans ce domaine des mathématiques que l'apport des échecs a été le plus mis en avant du point de vue de :

• l'arithmétique, à l'aide des notions de valeurs comparées des pièces et du nombre de cases contrôlées ;

• l'algèbre, par la représentation de l'échiquier et l'usage des coordonnées orthogonales ;

• la géométrie, du fait de la richesse des mouvements des pièces et de la compréhension sur divers plans conceptuels de l'espace échiquéen ;

• de la combinatoire, c'est-à-dire des relations et actions combinées entre pièces en fonction de probabilités supposées de coups des deux adversaires ;

• de la résolution de problèmes qui voit les joueurs émettent des hypothèses, déduire des enchaînements de coups appelés variantes et définir des plans d'action de leurs pièces en fonction d'objectifs partiels ou globaux ;

• de la stratégie, avec la prise en compte de l'état d'une position et des confrontations des plans des camps opposés et la gestion de la ressource-temps disponible et de la

psychologie de l'adversaire déduite de son jeu.

Mais l'examen des thèses portant sur le jeu d'échecs témoigne, à défaut de multitude des travaux, de la diversité d'approche du sujet.

On peut s'intéresser à l'usage en pédagogie des échecs dans une optique de développement de certaines capacités intellectuelles transversales de l'élève, comme l'a fait Engel (1982) : « Le jeu d'échecs et la pédagogie. » [Thèse en Sciences de l'Education, Strasbourg, 1982]. Villar Marques de Sa (1988), dresse un panorama de la présence de ce jeu dans les systèmes scolaires de tous les pays : « Le jeu d'échecs et l'Education nationale. Expériences d'enseignement échiquéen en milieux scolaire et périscolaire. » [Thèse en Sciences de l'Education, Paris IV, 1988].

Plus proche des méthodes de la psychologie expérimentale, Roos (1984) (« Le jeu d'échecs et le joueur d'échecs en psychologie expérimentale et psychophysiologie. » [Thèse en Médecine, Strasbourg, 1984] et Getz (« Stratégies et base de connaissances dans le développement d'une habileté cognitive. » [Thèse en Psychologie cognitive, 1993, Paris V] ont fait le point sur les diverses études dans une approche développementaliste.

On relèvera également l'approche psychanalytique fortement présente dans ce jeu, telle que l'a analysé Dextreit (« Le jeu d'échecs dans le champ psychiatrique. Etude du jeu dans ses rapports avec la psychologie, la psychanalyse, la psychopathologie et la thérapeutique. » [Thèse Médecine, Besançon, 1978].

Ces citations faites, il faut objectivement reconnaître l'intérêt plus que relatif en France pour ce secteur d'études et de recherches. L'interdisciplinarité a souvent pour corollaire le caractère moins attractif d'un secteur de recherche, même si, d'un point de vue scientifique, on ne peut que le regretter. Et la France se distingue, à la différence des pays anglo-saxons, par la faiblesse du nombre de travaux et de recherches sur les échecs chez l'enfant et chez l'adulte. Moins de un pour cent des références de travaux et publications sur les mots clés échecs et enfants dans les grandes bases de données (Psyclit, Erik...) sont françaises.

Pourtant, un examen exhaustif des publications dans les revues dédiées aux sciences cognitives révèle que les échecs ont été utilisés comme support de recherches sur le fonctionnement des capacités de haut niveau en situation de tâches complexes, offrant un objet d'études idéal par la variété et la nature des activités cognitives qu'ils recrutent. Ceci fait que les échecs ont essentiellement servi à bâtir la théorie de l'expertise, ce que nous avons illustré dans notre première sous-partie, l'approche développementale ayant été laissée pour compte.

Comme l'écrivent Frensch et Sternberg (1991) : « **La recherche a adopté presque exclusivement une approche comparative des habiletés, c'est-à-dire que la plupart des études ont comparé des joueurs à des niveaux d'habileté différents. Cette approche a négligé le fait de considérer la manière dont les joueurs relativement non expérimentés jouent... En outre on a appris relativement peu sur l'acquisition de l'habileté échiquéenne et sur le fait de savoir si différentes courbes développementales peuvent mener à différents résultats.** »

Nous présenterons dans un premier chapitre l'historique des analyses et études

portant sur les qualités exigées et développées par le jeu d'échecs, avant, dans un second chapitre, de poser l'enjeu en termes cognitifs.

Chapitre 3 Historique des études portant sur les qualités exigées et développées par le jeu d'échecs

Nombreux sont, au cours des siècles, les hommes de lettres qui ont écrit ou commenté leur expérience du jeu d'échecs et leur fascination pour de jeunes prodiges. Au XVIII^{ème} siècle, un célèbre automate turc - dans lequel se cachait un joueur de bon niveau - écumait les salons de Paris en démonstrations et parties rémunératrices. On connaît les lettres de Diderot au célèbre musicien et joueur d'échecs de son temps, Philidor, à qui il reproche d'aller perdre son temps et sa santé en Angleterre à jouer sans voir contre des nobles anglais pour de l'argent. Lamennais, Musset et d'autres précéderont Hippolyte Taine, qui, le premier, fera des échecs un objet d'observation scientifique dans le domaine psychologique.

Mais c'est avec Binet et Cleveland que les premières études sur la psychologie du joueur d'échecs commencent réellement. Nous avons déjà évoqué dans la première partie les travaux précurseurs sur les protocoles verbaux des grands champions réalisés par Binet dans le cadre de ses recherches sur le jeu sans voir.

Un peu plus tard, Alfred A. Cleveland dans *l'American Journal of Psychology* publie une étude sur les qualités qui font le bon joueur d'échecs, distinguant la capacité à prévoir les coups à l'avance, l'imagination visuelle, et le sens tactique et positionnel. Il ajoute en appendice à son article la description d'un sujet pensionnaire d'une institution psychiatrique ayant appris le jeu en observant des joueurs et parvenu à un bon niveau de jeu. Ce contrepoint est nécessaire selon lui pour pondérer la vision optimiste, voire idyllique, qui ferait considérer les excellents joueurs comme dotés d'une intelligence générale. En cela Cleveland est précurseur de Zweig, Nabokov ou Czentovic qui, par la suite, ont écrit sur la dimension psychopathologique de certains sujets grands joueurs.

L'idée directrice des études et recherches durant des décennies a été d'étudier les grands maîtres afin de déterminer d'une part la nature de leur expertise, ce que nous avons abordé dans les précédents chapitres et, d'autre part, de tenter d'établir les rapports existant entre le niveau d'excellence atteint et les capacités générales intellectuelles ou, d'une façon plus générale, les qualités intellectuelles dont faisaient preuve les champions, ce qui fait l'objet du présent chapitre.

1 Les travaux précurseurs

Dans sa thèse Villar Marquès de Sa relève qu'en 1983, en Italie, les autorités éducatives nationales ont autorisé la diffusion dans le système scolaire à l'attention des instituteurs d'une traduction du manuel soviétique de l'école des pionniers utilisé à cette époque. Or il est intéressant de remarquer que ce manuel est lui-même issu d'éditions antérieures dont les premières datent du début des années trente, dans la suite directe des travaux de l'Institut de Psychologie de Moscou. Ceci s'explique par le fait que la première étude d'envergure reposant sur la méthodologie de la psychologie expérimentale avait été

conduite dès 1925-1926.

11 L'étude de Djakov, Petrovsky et Rudik (1926) sur les caractéristiques du joueur d'échecs

La première étude scientifique de grande ampleur intervient en Russie au lendemain du tournoi de Moscou de 1925. Le nouveau pouvoir politique s'attache à mettre en oeuvre tout ce qui peut contribuer à l'éducation du plus grand nombre et charge l'équipe de l'Institut de psychologie de Moscou d'étudier la valeur éducative du jeu d'échecs. Djakov, Petrovsky et Rudik conduisent une étude consistant à faire effectuer toute une batterie de tests de nature non échiquéenne à la moitié des meilleurs joueurs du tournoi, afin de décrire leurs performances intellectuelles. Leur étude porte sur les quatre fonctions qu'ils ont pré-sélectionnées comme principales dans le jeu : la mémoire, l'attention, la combinatoire, l'imagination. Par rapport aux sujets témoins de l'étude, les joueurs se montrent nettement plus performants dans la capacité attentionnelle et l'attention distribuée - pour parler le langage d'aujourd'hui -, et dans le raisonnement logique. Dans tous les autres domaines, il y a similitude des capacités, voire même faiblesse relative, les joueurs par exemple étant plus lents dans diverses opérations mentales. Le résumé donné des résultats dresse le portrait du joueur en seize points :

. bon état de santé

. des nerfs solides

. maîtrise de soi

. faculté de distribuer son attention

. sensibilité à des situations dynamiques

. esprit de type contemplatif

. haut degré de développement intellectuel

. caractère logique de la pensée

. objectivité et réalisme

. mémoire spécialisée

.

puissance de synthèse et sens positionnel

· faculté de combiner

· volonté très disciplinée

· grand besoin d'activités intellectuelles

· discipline et maîtrise de ses émotions

· confiance en soi.

Si l'on comprend, en se servant des outils des sciences cognitives d'aujourd'hui, à quoi réfèrent ces divers points, on mesure l'intérêt de cette étude. Sans porter de jugement nous devons mentionner qu'à la suite de ce travail le jeu d'échecs fut introduit dans les programmes des écoles de pionniers en tant que « **méthode remarquable d'auto-développement des capacités intellectuelles et d'autodiscipline** ». Les meilleurs éléments de ces écoles de pionniers étaient dirigés ensuite vers les Instituts régionaux dont sont sortis tous les champions russes qui ont dominé la compétition internationale durant des décennies. A l'instar de ce pays, de nombreux pays ont associé le jeu d'échecs à la pédagogie. Notons que cette attitude a existé dans des pays les plus divers en termes d'organisation politique de la société. Le tout dernier en date, **le Québec**, dans le cadre d'un programme expérimental Echecs et Mathématiques, a institué l'enseignement des échecs à l'intérieur de l'enseignement des mathématiques.

On peut rapprocher de ces résultats de Djakov, Petrovsky et Rudik (1926) **le point de vue des grands champions** de cette époque, qui se sont penchés sur leur art et ont essayé de décrypter les composantes spécifiques de celui-ci, et son intérêt pédagogique.

Ainsi le champion du monde de 1896 à 1910, Emmanuel **Lasker**, rassemble-t-il les qualités autour de sept points :

· l'intelligence ;

· la capacité à objectiver toute situation, la subjectivité étant incompatible avec l'analyse d'une situation, et encore moins le jugement sur la nature du jeu de son adversaire ; les rares cas restent anecdotiques, comme par exemple le fait qu'un grand joueur peut préférer la paire de Fous à la paire de Cavaliers, renseignement utile lors d'une partie pour calculer les variantes d'échanges de pièces ;

· la capacité à penser abstraitement une position, pour en dégager le sens et projeter celle-ci dans des schémas plus généraux de stratégie ;

la capacité à distribuer son attention sur plusieurs secteurs. Typiquement, le joueur est attentif à l'aile Roi sur laquelle il attaque et à l'aile Dame sur laquelle souvent son adversaire contre-attaque et, à l'intérieur de ces deux champs attentionnels, chaque pièce doit être sous surveillance et analysée afin de maintenir en mémoire de travail le potentiel d'action de chacune ;

la concentration différenciée selon les moments de la partie, mobilisée à volonté de façon plus ou moins forte ;

le contrôle de son tonus. Les échecs étant un combat, l'agressivité est certes présente mais, plus encore, la solidité et l'égalité du moral dans le temps, les parties se déroulant souvent sur un schéma où alternativement des adversaires de niveau identique prennent des avantages positionnels ou les perdent ;

est lié à ce dernier point la confiance en soi, en son analyse objective et en ses calculs.

12 Les témoignages des grands joueurs sur le jeu à l'aveugle

De nombreux champions ont écrit sur leur expérience du jeu et plus particulièrement sur le jeu pratiqué en simultanée contre plusieurs adversaires sans voir l'échiquier. Nous relaterons la description que certains en font lorsqu'elle illustre le processus que suivent les joueurs et que cette description éclaire sur le fonctionnement cognitif de l'activité.

Mentionnons d'abord les analyses du **Dr Tarrasch**, grand-maître international plusieurs fois finaliste dans le dernier carré des prétendants au titre mondial **sur le jeu à l'aveugle**, qui éclairent sur la composante imagerie du joueur.

« **Tout le jeu d'échecs se fait sans voir** », dit le Dr Tarrasch dans l'entretien qu'il accorde à Binet. Parlant du jeu normal, il poursuit « **Toute combinaison de cinq coups, par exemple, s'exécute mentalement, avec la seule différence qu'on a l'échiquier devant soi. Les pièces que l'on voit gênent bien souvent les calculs .** » Tarrasch décrit son expérience du jeu sans voir, ou à l'aveugle, contre plusieurs adversaires simultanément, en déroulant le processus de la façon suivante : « **Lorsque j'entends le rapporteur annoncer, par exemple, échiquier quatre, Roi à la case Dame, rien d'autre ne se montre dans mon esprit qu'un grand chaos. Je ne sais pas même de quelle partie il est question, ni quelle peut être la signification ou la portée du coup annoncé. Je commence alors par me demander quelle est cette partie quatre. Ah ! c'est le gambit du Cavalier, dans lequel la partie adverse s'est défendue d'après les règles jusqu'au moment où elle fit le coup extraordinaire du pion du Fou de la Dame, par lequel du reste elle se procura une bonne position. Par bonheur, cependant, bientôt après, mon adversaire commit la faute de permettre que je fisse le sacrifice du Fou à la deuxième case du Fou de son Roi. Maintenant il n'a pas pris mon Fou, mais il a joué le Roi à la case de la Dame, comme on me l'annonce.** »

Ce protocole verbal illustre bien le processus de construction progressive du modèle

de situation d'une partie par différence avec les autres menées en simultanée. Le joueur ne garde pas en mémoire chacune des parties de façon parfaite. Il la récupère grâce au classement qu'il opère entre les multiples parties conduites simultanément, à chacune desquelles il a attribué une étiquette. Les indices les plus importants sont récupérés en mémoire selon une arborescence qui va du plus général, le type de partie, par exemple un gambit du Cavalier, au schéma d'organisation de la partie bâti et ponctué par certains coups. Le joueur peut ainsi in fine voir la position concernée par le coup annoncé. Ce processus démontre parfaitement la manière dont fonctionne la mémoire lorsque celle-ci est confrontée à un grand nombre d'items à mémoriser : l'indigage et la catégorisation selon une organisation hiérarchique, telle celle décrite dans le modèle de Gobet présenté précédemment. Le schéma général permet de ré-accéder aux quelques templates ou patrons d'assemblage sur chacune des parties de l'espace de l'échiquier ; puis, la valeur attribuée à certains coups, étiquetés en tant que tels dans leur contexte spécifique, rend possible la récupération du détail des coups et, en conséquence, de la position. Le temps du calcul de la combinaison est alors possible. Grâce à l'encodage contextualisé, la position se fixe « comme la plaque du photographe reçoit l'impression de l'objet éclairé », ajoute Tarrasch. Pour autant il ne serait être question de négliger la mémoire verbale, puisqu'aussi bien les annonces faites des coups le sont oralement et que ceci génère une phrase composée d'un enchaînement de coups.

Cette **dimension verbale** a été décrite par un autre grand joueur prétendant au titre mondial, **Reuben Fine**, également docteur en mathématiques, qui a lui aussi analysé son fonctionnement mental lors du jeu à l'aveugle.

S'il ne méconnaît pas la dimension visuelle, Fine mentionne de façon très originale et pertinente **le mode d'organisation de la mémoire verbale des positions**.

Au-delà d'un premier niveau relatif au codage par les coordonnées sur l'échiquier - chaque pièce sur une case étant définie par une abscisse en lettres et une ordonnée en chiffres (par exemple pion e4 ou Cavalier f6...) -, un deuxième niveau de langage intervient, plus intégrateur et associatif. Il est constitué de phrases qui résument la position en termes de relations entre les pièces et de stratégie : ainsi, un joueur, s'il entend la phrase-résumé « gambit Dame refusé où les Blancs développent une attaque de minorité sur l'aile Dame », saura à quel dispositif ou schéma général d'organisation des pièces correspond cette phrase et pourra plus aisément récupérer en mémoire le détail des pièces d'une partie jouée qu'il a ainsi mémorisée. **La phrase-résumé fait surgir l'image visuelle de la position**. Le format de la représentation est ainsi dualiste et dynamique : le codage verbal construit l'image visuelle, laquelle est nécessaire pour passer à la deuxième étape, qui est celle du calcul du coup à jouer et des différentes variantes possibles. Contrairement à ce que l'on pense intuitivement, il n'y a, par conséquent, pas une seule dimension visuelle mais bien un processus à deux composantes. Ce double processus explique qu'un joueur soit capable de mener de front une vingtaine de parties, voir plus (le record détenu depuis 1960 par Koltanowski est de 56 parties simultanées avec 50 gains et 6 nulles). Un tel nombre de parties représente, si l'on compte une moyenne de 40 coups pour chaque adversaire, près de 80 positions différentes qui, multipliées par le nombre de parties, conduirait à 1600 positions à mémoriser. On comprend que ceci est impossible et que le processus mis en oeuvre

repose sur un fonctionnement différent : le recours à quelques phrases clés, lesquelles sont complétées au fur et à mesure de l'avancement de la partie. Les phrases clés aident d'autant plus efficacement à la récupération de ce qui a été mémorisé lors de la séquence du calcul des variantes possibles que le temps passé à ce calcul est un temps de réflexion pouvant durer plusieurs minutes, ce qui permet d'encoder de façon approfondie la position en fonction de l'enjeu et du but tactique du coup. Le seul fait, pour le joueur qui passe d'une partie à une autre lors d'une simultanée, de penser à l'enjeu tactique et aux variantes qui avaient été investiguées le coup précédent, lui permet de ré-accéder à l'image visuelle de l'échiquier considéré dans les moindres détails. L'encodage verbal semble donc jouer un rôle essentiel dans ce type de jeu.

Ces points listés par les grands-maîtres qui ont eu le souci de faire parler leur art balayent tout l'éventail des caractéristiques de l'activité cognitive de haut niveau qu'est le jeu d'échecs. Celle-là même que de grands spécialistes de psychologie commencent à étudier en Europe et aux Etats-Unis dès cette époque.

2 Les liens entre aptitudes intellectuelles et pratique échiquienne

Entre 1932 et 1935, un psychologue américain, **Carl Ekoos**, observe des **scolaires joueurs** et cherche à établir des corrélations entre niveau scolaire et niveau échiquéen. Il distingue six domaines de mesure : l'intelligence générale, les résultats en matière de lecture et de mémorisation, la concentration durant le travail scolaire, la concentration dans le travail échiquéen, les résultats dans les autres matières scolaires, enfin, les résultats en tournoi échiquéen entre écoles. Ekoos établit une **corrélation positive** entre ces différents domaines. Si le nombre de sujets étudiés est faible - sept -, le fait que l'étude ait porté sur trois années donne un intérêt à ces résultats. Ces derniers infirment les études faites jusqu'alors sur les experts adultes qui concluaient dans le sens d'une non corrélation entre aptitudes générales et talent échiquéen.

Beaucoup plus tard, à la fin des années 70, le maître international et psychologue **Partos** conduit une étude dans le Valais sur l'hypothèse du caractère formateur au plan intellectuel des échecs utile pour les autres matières scolaires. Partos résume les résultats en énonçant les dix qualités développées par ce jeu :

.
attention et concentration,

.
jugement et plan,

.
imagination et prévoyance,

.
mémoire,

.
volonté de vaincre et maîtrise de soi,

esprit de décision ,

logique mathématique et esprit de synthèse,

créativité,

intelligence,

organisation méthodique de l'étude et goût des langues étrangères.

Il n'est pas anormal de retrouver de nombreux points communs avec l'étude de Djakov. Capacité d'attention et de concentration sont la condition préalable à toute tâche complexe, et cette faculté, on le conçoit bien, peut être plus aisément mobilisable à la demande par un sujet qui y est entraîné par une activité à fort enjeu, comme l'est un gain ou une défaite. La compétition aiguise la volonté mais, dans le même temps, apprend à gagner et à perdre. Accepter de perdre, au plan psychologique, est important chez l'adolescent parce que cela construit une maîtrise de soi et de ses réactions ainsi que le respect de son adversaire. Accepter de gagner aide également à avoir confiance en soi, cette confiance en soi étant un facteur clé dans le comportement scolaire et d'un point de vue psycho-pédagogique. Les aptitudes de logique de construction d'un plan réfèrent à l'analyse de la position et à la recherche d'une combinatoire des facteurs "mouvements de pièces" et "répliques probables". En revanche, on comprend moins bien la présence dans la liste de Partos d'items relevant de l'imagination et de la créativité, sauf à confondre l'anticipation et la prévoyance des coups possibles de l'adversaire. La contrainte d'analyse logique et, très tôt, le recours à la mémoire des variantes et des parties jouées confèrent un rôle à la base de connaissances qui laisse peu libre cours à l'imagination. Et la capacité d'imagerie qui caractérise le jeu ne peut en aucun point être confondue avec l'imagination. Le dernier point mis en avant porte sur le goût pour les langues étrangères. Ceci rejoint les observations mentionnées ci-dessus portant sur la part du verbal et a été corroboré par d'autres études que nous allons citer.

Les liens entre niveau intellectuel et niveau échiquéen furent confirmés par **Elo** (1978) qui calcula que sur un échantillon de 180 grands-maîtres, les deux-tiers avaient étudié à l'Université. Elo établit également que 96% de ceux-ci parlaient au moins deux langues étrangères, et plus du quart cinq langues. De Groot (1965) était parvenu à des conclusions identiques, tout comme Pfau et Morphy pour qui **la composante verbale est loin d'être négligeable** contrairement à l'idée fort répandue postulant une dominante visuo-spatiale. Cette aptitude verbale – regardée par beaucoup comme la plus corrélée à l'intelligence générale – peut s'expliquer par le fait que le joueur travaille sa théorie sur des ouvrages qui sont souvent publiés dans des langues autres que sa langue maternelle, le poussant, compte tenu de l'enjeu pour lui, à suivre tout ce qui est publié, à se doter du bagage linguistique nécessaire à une bonne compréhension des textes étudiés. Un autre facteur relevé par les auteurs tient au fait que, lors des tournois, les joueurs participants viennent de pays très divers et sont de culture d'origine variées, ce

qui constitue une opportunité au plan culturel et linguistique et une ouverture d'esprit.

De ces travaux, il nous faut également dégager une composante psychologique et non plus seulement cognitive, qui a des effets sur l'efficacité des aptitudes cognitives recrutées. Il s'agit de la capacité à la gestion de ses propres ressources et de son équilibre en situation de compétition. Djakov avait dans la longue liste d'items inscrit la volonté et le tonus. Partos l'inscrit également au titre des apports essentiels de la pratique. De Groot écrit à propos de « la force de la volonté » qu'il s'agit là pour le joueur d'une capacité d'auto-organisation et de prise en charge par lui-même de tous les éléments de sa vie : mode de vie, discipline, organisation du temps comme de la carrière. Cette variable « gestion de soi » est considérée par Wagner et Sternberg (1985) comme l'indicateur le plus significatif d'un niveau d'expertise atteint dans un domaine.

Un point commun aux quelques études ayant pour objet les qualités exigées et développées par le jeu d'échecs chez l'enfant a concerné les rapports entre les aptitudes aux mathématiques et le niveau échiquéen. Les objectifs assignés à l'enseignement de cette discipline dans le cursus scolaire ont poussé certains auteurs et responsables du système éducatif à souhaiter vérifier ce que pouvait apporter ce jeu à cet enseignement. Nous mentionnerons deux études faites en Allemagne et en France.

21 Capacités échiquéennes et aptitudes pour les mathématiques chez l'enfant et l'adolescent : l'étude "Mathematik und Schacht" de Shipper (1972)

Cette étude avait pour but de rechercher si des liens pouvaient être établis entre les aptitudes aux échecs et les aptitudes pour les mathématiques. Elle portait sur 40 jeunes joueurs d'échecs classés selon la méthode allemande de l'époque, INGO, allant de 250 (soit environ un ELO de 1000, ce qui correspond aux joueurs les plus faibles) à 83 (soit environ un ELO de 2300).

Schipper a fait passer aux sujets une batterie de tests centrés sur les aptitudes mathématiques ; en tout, neuf tests regroupant une vingtaine d'épreuves, dont des résultats normés existaient par tranche d'âge. L'ensemble des résultats étaient regroupés en un quotient global. L'auteur a pu ainsi comparer les performances des joueurs à la norme moyenne de sujets non-joueurs de leur âge, puis a procédé à une analyse de corrélation entre d'une part le classement des joueurs et d'autre part leurs résultats à la batterie de tests. Enfin, une analyse des interactions a permis de calculer au sein des neuf épreuves de tests celles qui étaient les plus corrélées au classement échiquéen.

Les traitements statistiques permirent de déterminer les épreuves contrôle qui étaient les plus corrélées au niveau échiquéen, et de dégager ainsi certaines composantes cognitives développées par la pratique.

1.
épreuve de complèment de phrase ex : un cheval a le plus de ressemblance avec : a) une chèvre, b) une vache, c) un chien, d) un âne, e) un boeuf
2.
épreuve de choix de mots ex : éliminer l'intrus dans la série : travailleur, mendiant, employé, commerçant, fonctionnaire

3.
épreuve d'analogie ex bois/raboter = fer/... a) marteler, b) plier, c) limer, d) scier, e) couper
4.
recherche de point commun deux mots sont donnés dont il faut trouver la caractéristique commune, ex : voiture, libellule
5.
épreuve de calcul de règles de trois et d'autres calculs simples
6.
séries de chiffres à compléter
7.
choix de figures cinq figures simples sont présentées ainsi que cinq figures complexes composées par les figures simples, qu'il faut associer
8.
épreuve de représentation spatiale cinq cubes sont présentés qui portent sur leurs faces des figures différentes ; en dessous, ces mêmes cubes sont présentés dans des positions différentes, qu'il convient d'associer à la série du haut
9.
épreuve de découverte de traits caractéristiques le sujet apprend 5 noms de cinq catégories différentes ; puis on lui présente les initiales de ces mots dans le désordre qu'il faut classer par catégorie

S'agissant d'abord du quotient global moyen, celui des joueurs est d'un demi écart-type supérieur à celui du groupe contrôle. Ceci ne permet toutefois pas de conclure à une performance intellectuelle supérieure. Pour aucune des neuf épreuves une corrélation significative n'est trouvée avec le classement échiquéen. Quelques indications néanmoins éclairent sur ce qui a le plus été sollicité au cours de la pratique échiquéenne. La notation ci-dessous compare les deux groupes de sujets en relevant l'avantage très sensible ++++ ou le résultat très négatif des joueurs ---- par rapport aux sujets témoins.

	Joueurs //Non-Joueurs
1- épreuve de complément de phrase	=
2- épreuve de choix de mots	+++
3- épreuve d'analogie	---
4- recherche de point commun	--
5- épreuve de calcul	++++
6- séries de chiffres à compléter	++++
7- choix de figures	++
8- épreuve de représentation spatiale	=
9- épreuve de découverte de traits caractéristiques	=

C'est pour l'épreuve de calcul rapide, de compléments de séries de chiffres et de choix de mots que l'écart entre les deux groupes est le plus élevé ; à l'opposé, pour les tests d'analogies, l'avantage est au groupe contrôle.

Ces résultats éclairent sur les composantes les plus sollicitées par les échecs et dont on trouve un premier transfert sur un autre domaine. Il y a bien sûr tout ce qui touche au calcul et au raisonnement (épreuves 4 et 5). Le résultat à l'épreuve de choix de mots concerne tout ce qui est identification d'un concept ou d'une catégorie, deux activités essentielles au plan développemental. On ne s'attend pas à priori et intuitivement à trouver un tel avantage dans une épreuve portant sur le langage. Mais cette épreuve concerne l'une des fonctions du langage, l'inférence et le raisonnement catégoriel qui est proche de la logique. En sens inverse, l'avantage plus modeste des joueurs sur les témoins à l'épreuve 7 du choix de figures vient peut-être nuancer une idée à priori que l'on peut avoir sur l'importance de la représentation spatiale et sur la reconnaissance d'objets. Cette relativité est confirmée par la performance à l'épreuve 8 des cubes : la fonction d'imagerie ne semble pas intervenir tôt dans la pratique échiquéenne, ou en tout cas ne pas apporter une habileté transférable à d'autres domaines d'application que les échecs en début de pratique. Le résultat à l'épreuve de découverte semble cohérent avec les autres résultats qui concernent le langage. Les trois épreuves relatives aux capacités verbales ne sont pratiquement pas liées à la pratique échiquéenne et l'absence de corrélation positive n'est en rien anormale.

22 Capacités échiquéennes et aptitudes pour les mathématiques chez l'enfant et adolescent : l'étude de Pluinage, Remigy, Igersheim et Roos (1981) auprès d'élèves de la section études-jeu d'échecs du collège Bischwiller (Bas Rhin)

En France, les premières études destinées à établir ce que pouvait apporter la pratique du jeu d'échecs et à définir la nature des rapports entre les échecs et les aptitudes cognitives que les programmes scolaires ont pour objectif de développer ont commencé au début des années quatre-vingt dans l'institution éducative.

L'Education nationale et la Fédération française des Echecs ont ainsi créé des sections études-jeu d'échecs, à l'instar de ce qui existait pour divers sports et ont tenté d'évaluer l'apport de cette pratique. Ceci fut le cas dans deux villes, Montpellier et Strasbourg, avec intégration plusieurs heures par semaine durant le temps scolaire de l'enseignement et de la pratique. Dans la majorité des cas, des enseignants de mathématiques avaient en charge cet enseignement.

D'un point de vue scientifique, aucune conclusion ne peut être vraiment tirée de ces expériences dans la mesure où ces classes étaient constituées sur la base du volontariat, subissant en cela la critique inévitable de l'impossibilité de séparer la cause et l'effet : si des différences significatives sont trouvées par rapport à des sujets ne pratiquant pas les échecs, aucun argument ne peut en être déduit puisque l'on ne saura pas si cette différence est une cause de la pratique ou si ce sont les aptitudes initiales constatées ou latentes qui ont motivé et conduit ces sujets à participer à ce type d'enseignement. De plus, de nombreux biais doivent être mentionnés au regard de la méthodologie requise en

psychologie cognitive expérimentale. En effet, des différences peuvent exister entre les enseignants chargés de ces cours sans obligatoirement maîtriser la didactique et la pédagogie de cette matière pour laquelle les recherches au sein de l'institution n'existent pas, générant en conséquence des disparités. La plupart du temps, le fait qu'il y ait activité spécifique à une classe crée un sentiment d'appartenance (effet Hawthorne) et un besoin spécifique de démonstration que cette particularité est justifiée. Jamais ces expériences n'ont été conduites avec des classes témoins ayant exercé dans des conditions identiques une activité particulière. Plus contestable est l'argument selon lequel il y aurait parenté entre le contenu du programme en mathématiques à certains niveaux scolaires et les caractéristiques des échecs. Ainsi pour le programme de la classe de sixième, qui comporte, entre autres, le codage, les aires, les distances.

L'objet d'étude retenu par l'Education nationale, à l'époque, affichait clairement l'interrogation et l'hypothèse implicite que l'on souhaitait vérifier ou falsifier : les aptitudes manifestées en mathématiques sont-elles développées par les échecs, et y-a-t-il un rapport et une aide à l'assimilation des concepts et raisonnements de cette discipline principale en matière scolaire que sont les mathématiques ?

Nous présenterons ci-après l'étude conduite par des chercheurs sur la section études-jeu d'échecs du collège Bischwiller dans le Bas-Rhin sur l'année scolaire 1981-1982 (Pluvinage, Remigy, Igersheim & Roos, 1981)

L'hypothèse expérimentale portait sur les capacités visuo-spatiales et les modes de raisonnement. Il s'agissait de savoir si les échecs apportaient de façon significative un développement de ces habiletés, dans une démarche assez semblable à celle des études conduites en Allemagne ayant le même objectif d'évaluation des rapports entre échecs et mathématiques.

La section échecs-études de Bischwiller concernait une classe de quatrième (24 élèves, 13 garçons, 11 filles, quatorze ans d'âge moyen) ; l'expérience incluait trois autres classes de ce niveau présentant des caractéristiques identiques d'âge et de répartition par genre appartenant à ce même collège. Ces classes furent soumises en début d'année à une évaluation sous la forme de tests mathématiques et psychotechniques. Puis, en fin d'année, une nouvelle batterie fut administrée.

Les tests ex-ante portaient sur les mathématiques. Ils consistaient en une batterie de questions mises au point par l'IREM et couramment utilisées dans l'Académie de Besançon. **Aucune différence significative ne fut trouvée en début d'année entre les sujets des quatre classes.**

Les tests de fin d'année se regroupaient en deux catégories, l'une relative aux mathématiques, l'autre s'attachant à évaluer les aptitudes générales à partir de tests psychologiques classiques.

Sur les cinq exercices proches des mathématiques, deux portaient sur des calculs de pourcentages et des raisonnements appliqués à ces calculs, un de calcul relatif à un allongement de ressorts, un de construction de figures géométriques sous contraintes, enfin une épreuve d'évaluation arithmétique par rapport à une norme.

Les tests psychologiques consistaient en une épreuve de matrices progressives et

une épreuve portant sur une figure de Rey. Les séries A à E des matrices progressives comportent une dominante spatiale, les séries C, D et E portent sur la production de relations multi-factorielles liées à des concepts généraux et non plus spatiaux. Dans l'épreuve de la figure de Rey, les sujets recopient une figure et doivent ensuite la reproduire de mémoire. Le sujet doit utiliser quatre couleurs définies préalablement qu'il doit changer toutes les 30 secondes lorsque la consigne lui est donnée. Les graphismes lors de la copie et de la reconstitution de mémoire sont classés selon la gradation de Osterieth (type I-II, le graphisme est ordonné autour du grand rectangle central que le sujet a rappelé en début de tâche ; type III, le sujet commence par un contour général sans que ne soit identifié clairement que celui-ci est formé du rectangle central ; type IV, le sujet ajoute des petits bouts de dessins sans plan cohérent ni structuration d'ensemble).

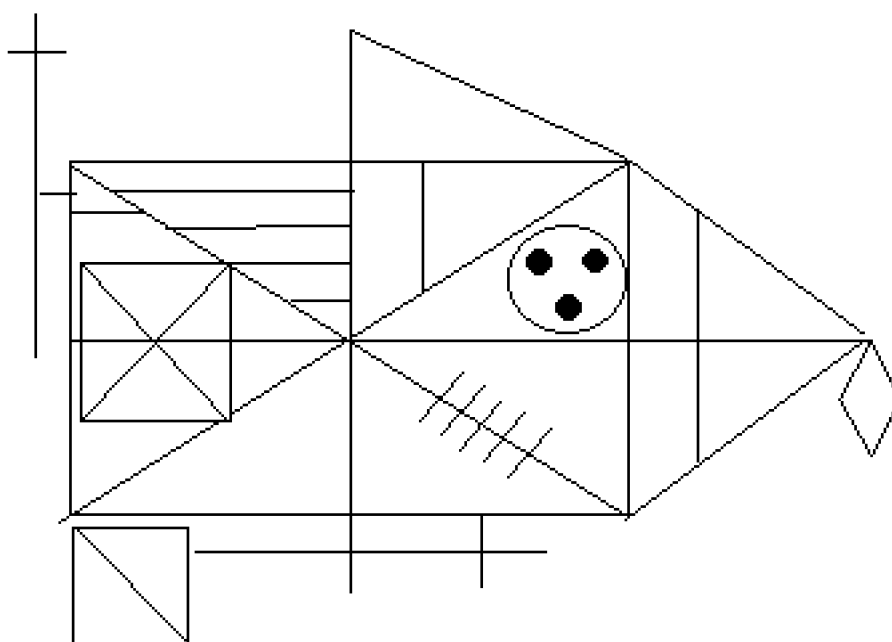


Figure 23 : Figure de Rey.

L'analyse des résultats est contrastée selon l'une ou l'autre série de tests.

Tests mathématiques : Sur aucune des cinq épreuves une différence significative n'a été mesurée entre les élèves des quatre classes, reproduisant l'absence de différence du début d'expérience. Il n'y aurait en conséquence aucun avantage spécifique de la pratique des échecs sur la discipline des mathématiques de ce niveau scolaire. Une analyse plus fine des résultats comparés du groupe expérimental et des groupes témoins donne des indications intéressantes. Sur les deux premiers exercices relatifs aux calculs de pourcentage, la différence pertinente relevée porte sur le mode de choix des données préalable au traitement : les sujets joueurs effectuent un choix pertinent des données qui leur sont nécessaires pour les calculs, ce qui semble indiquer que l'identification des variables à traiter est meilleure. Pour l'épreuve 3 de calcul

d'allongement de ressorts, comme pour l'exercice 4 portant sur la génération du plus grand nombre possible de parallélogrammes à partir de deux droites parallèles, aucune différence n'est relevée. L'hypothèse avancée pour expliquer cette absence de différences est double : la pratique de l'échiquier et du système de coordonnées orthogonales n'apporterait pas d'avantage dans des épreuves qui ne mobilisent pas ce système de références ; la règle de l'interdiction de toucher les pièces pendant la recherche du coup à jouer développerait un frein naturel aux essais par graphe, lesquels sont utiles dans le type de tâche des épreuves 3 et 4.

Tests psychologiques : A l'épreuve des **matrices progressives**, les élèves de la classe études-jeu d'échecs obtiennent des résultats significativement meilleurs que ceux des trois classes témoins. Sur les deux premières séries qui sont fortement visuelles il n'est pas anormal de trouver un avantage significatif en faveur des joueurs, ce facteur spatial étant omniprésent dans le jeu, notamment par la vision du déplacement des pièces. Ce qu'il faut noter c'est que **l'effet de la variable échecs** est le plus élevé pour les séries D et E des matrices qui traitent de **l'analyse bi-factorielle** pour la série D et **multi-factorielle** pour la série E. **La combinatoire qui caractérise le calcul des coups possibles semble par conséquent avoir bénéficié aux sujets joueurs.**

A l'épreuve de la **figure de Rey**, il n'y a pas de différence significative entre les sujets des quatre classes pour la copie du dessin mais **pour la reproduction de mémoire**, en revanche, on mesure un **effet puissant de la variable échecs**.

Pour la partie copie du dessin, les différences concernent la méthode suivie : les sujets joueurs suivent plus que les autres une méthode du type IV, et dessinent en suivant le modèle par petits sous-ensembles sans se préoccuper du dessin général, ce qui indique qu'ils suivent un processus de reproduction analytique du modèle, et surtout qu'ils jugent plus efficace de procéder par regroupement en petits motifs plus aisément mémorisables.

Pour la partie **reproduction de mémoire**, la progression des sujets joueurs est significativement plus importante que celle des sujets témoins ($p < .02$). Leur efficacité tient à la conjonction des deux méthodes qu'ils combinent dans le processus d'assemblage des sous-ensembles à partir de la structure centrale qu'est le grand rectangle. Cette dualité de procédures correspond à deux composantes de l'analyse d'une position échiquéenne, avec d'une part le chunking et d'autre part le regroupement des chunks à partir des patrons d'assemblage de ceux-ci (templates). C'est ce processus double qui conduit à une reproduction de mémoire beaucoup plus performante chez les joueurs.

Même si la figure de Rey peut faire l'objet d'observations critiques sur chacun des trois volets qu'elle sollicite - le perceptif, l'analytique et l'organisationnel -, les résultats obtenus dans cette expérience du collège de Bischwiller autorisent une interprétation positive au regard de l'hypothèse expérimentale de Roos et al. (1981), qui postulait un développement des capacités visuo-spatiales et des modes de raisonnement par l'enseignement et la pratique des échecs. La figure de Rey correspond en psychologie à la capacité de structuration de l'espace et des composantes de celui-ci.

L'effet de la variable échecs à l'épreuve des matrices progressives atteste de l'habileté développée dans le calcul combinatoire de plusieurs facteurs. L'effet de la variable échecs à l'épreuve de reproduction de la figure de Rey atteste de la qualité de la stratégie de traitement visuo-spatial, notamment dans des tâches de mémorisation.

Nous le voyons, les liens entre mathématiques et échecs sont nombreux et denses. Grammaire échiquienne et mathématiques ensemblistes et probabilistes ont objet commun. De grands mathématiciens et statisticiens ont étudié des problèmes types du jeu d'échecs, tels Euler qui a beaucoup utilisé comme modèle le problème des huit Dames sur l'échiquier, et Gauss celui du parcours du Cavalier dont nous avons vu qu'il constituait une épreuve classique de test.

Conclusion

Parallèlement à ces études portant sur les qualités exigées et développées par le jeu d'échecs que nous venons d'analyser, de nombreux chercheurs en psychologie cognitive ont utilisé la pratique échiquienne pour étudier les processus cognitifs de haut niveau mis en oeuvre dans les diverses phases du jeu.

Chapitre 4 Les travaux de psychologie cognitive sur la pratique échiquienne de l'enfant

De nombreux jeunes ayant entre 10 ans et 14 ans rivalisent dans des tournois avec des maîtres adultes, ce qui écarte l'hypothèse de petits génies du fait de leur nombre, mais ce qui pose la question de la construction de cette expertise précoce dans une activité cognitive de haut niveau. Question qui, elle-même, suscite aussitôt une autre interrogation portant sur la transférabilité et la généralisation des caractéristiques de cette expertise.

Si l'on essaye d'avoir une vue d'ensemble de ces travaux, on peut regrouper ceux-ci en deux grands ensembles.

Il y a, d'une part, des travaux qui, dans une approche très cognitiviste, ont pour objet d'étude expérimentale les diverses composantes cognitives de la pratique chez l'enfant ou l'adolescent par comparaison avec l'adulte. Plusieurs études sur l'expertise des enfants ont été faites, dont celles de Chi (1978), de Horgan et Morgan (1990) et de Schneider (1993) que nous allons analyser dans ce chapitre. Elles portent sur les questions clés en termes cognitifs que sont la mémoire, la logique, l'imagerie et la stratégie décisionnelle.

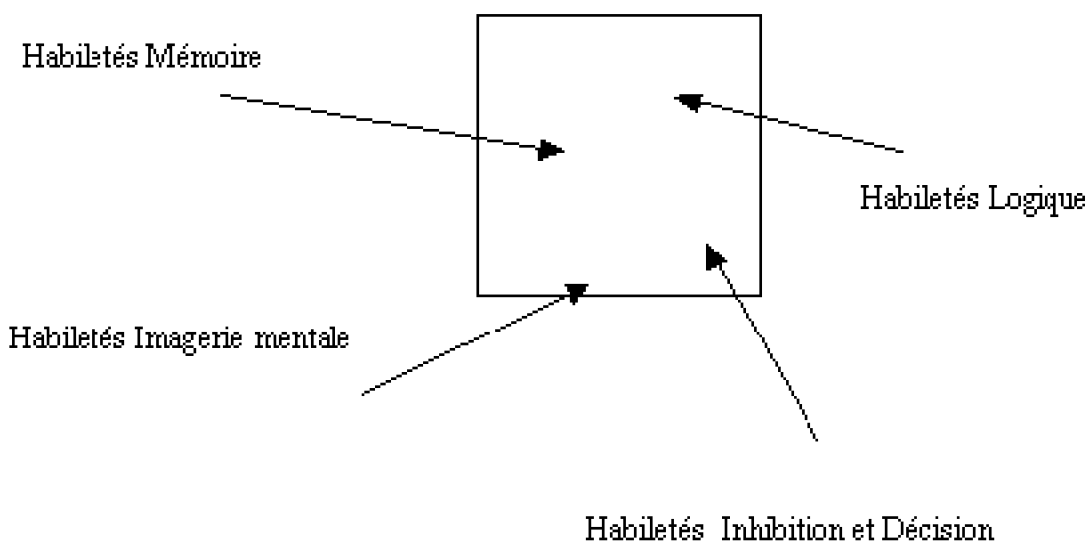
Il y a, d'autre part, une autre approche qui a vu certains auteurs tenter d'aborder ces questions dans une optique partiellement longitudinale, en essayant de voir si, dans la durée, pouvait être observé un effet de la pratique des échecs sur les autres disciplines scolaires. On peut citer Christiaen et Verholfstadt (1978) qui ont conduit une expérience auprès d'enfants âgés de 9 à 11 ans, qu'ils ont suivi sur une période de deux années. Ceux-ci, qui pratiquaient les échecs une fois par semaine, ont réalisé à l'issue de ce temps des épreuves contrôle et leurs résultats furent comparés à ceux d'un groupe de sujets contrôle. La plupart des tests sur des tâches de type piagétienne et sur des

matières scolaires donnèrent un avantage significatif au groupe joueur. Toutefois aucune réplique n'a été faite à ce jour de ce type de travail, hormis le cas de scolaires au Zaïre (Franck & d'Hondt, 1975).

En amont de la présentation de ces analyses, posons avant toute chose une remarque de bon sens qui éclaire notre travail.

Dans l'esprit d'aucun des auteurs dont nous avons examiné le travail, pas plus que dans le nôtre, n'est présente l'idée qu'une pratique intensive ferait de jeunes enfants des petits génies ou de petits monstres de calcul, voire même des Kasparov en herbe. La seule préoccupation légitime des auteurs est l'étude sur un grand nombre de sujets des composantes d'une activité particulièrement riche au plan cognitif. Nous n'avons pas identifié de travaux ayant porté sur des cas singuliers comme par exemple des sujets ayant pratiqué de façon intensive et plus ou moins volontaire ou guidée par des proches faisant peu de cas du libre choix de leur enfant. Il faut dire que certains auteurs, qui ont travaillé sur la nature de l'expertise échiquéenne chez l'enfant, ont conclu à l'absence de liens entre expertise et intensité élevée de l'activité. Ainsi, réfutant l'hypothèse avancée par Anderson (1985) faisant reposer l'expertise échiquéenne sur la pratique assidue, Holding (1985) et Pfau (1988) ont-ils mesuré une très faible corrélation entre le nombre d'heures de pratique et le classement des jeunes joueurs ($r < .10$). Holding (1985, p.227) établit qu'il n'y aurait pas chez le jeune joueur d'aptitude particulière dans le domaine visuo-spatial et conclut son étude d'une phrase empreinte d'une grande prudence que nous faisons nôtre : **» les joueurs d'échecs sont pratiquement comme tout un chacun, sans rien de plus.** (p.227) »

Nous pouvons schématiser les divers points qui seront abordés dans ce chapitre de la façon suivante :



1 – Mémoire et pratique échiquéenne de l'adolescent : les études de Chi (1978) et de Schneider (1993)

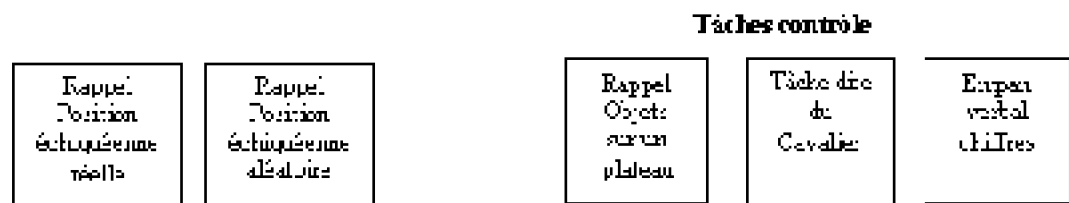
Chi (1978) dans son étude de référence avait étudié la MCT d'enfants et d'adultes sur un paradigme expert-novice en reprenant le protocole du rappel de positions d'échecs. Elle concluait au fait que la meilleure performance de l'enfant expert sur l'adulte novice dans le rappel de positions échiquéennes réelles et non pas aléatoires était liée à la base de connaissances construite par celui-ci à travers sa pratique et à l'efficacité de ses stratégies de mémorisation. Cette habileté au rappel était donc non pas dépendante de l'âge mais de l'expertise, singulièrement de la stratégie de chunking selon la théorie de Chase et Simon (1973). En revanche, s'agissant de l'empan mnésique à court terme, l'auteur mettait en évidence qu'aucun effet de l'expertise n'était constaté et que le schéma général d'une meilleure MCT de l'adulte par rapport à l'enfant était valide nonobstant l'expertise.

L'importance du facteur base de connaissances spécifiques a été vérifiée dans de nombreuses expériences durant une vingtaine d'années. Ce facteur apparaissant beaucoup plus essentiel que ceux relatifs à la capacité intrinsèque de la mémoire ou que les stratégies mobilisées, voire que les capacités de méta-mémoire.

Avant que Schneider et al. (1993) ne décident d'opérer une réplique de son protocole, une étude seulement avait adressé la même question que Chi (1978). Roth (1983) avait obtenu des résultats identiques à ceux de Chi : l'enfant expert est meilleur dans une tâche de rappel de positions échiquéennes que l'adulte novice, mais il est au même niveau s'agissant de positions aléatoires.

Chi pas plus que Roth n'ont dans leur protocole cherché à identifier la nature et le mode de construction de cet avantage, objectifs que Schneider et al. (1993) vont assigner à leur expérience.

Schneider, Gruber et al., (1993) ont défini un **protocole composé de cinq tâches.**



Trois tâches de reconstitution d'une position exposée durant 10 secondes : deux rappels d'une position réelle (par position réelle on entend une position qui correspond à une partie jouée et ayant en conséquence un sens en termes échiquéens ; la désignation en anglais est 'meaningful chess positions') en rappel immédiat et en rappel différé, et un rappel d'une position aléatoire (position dont les pièces ont été distribuées sur les cases de façon totalement aléatoire avec le seul respect des règles du jeu). Une tâche contrôle consistait en un rappel d'objets ayant diverses formes géométriques (cylindres, cônes, sphères, cubes) de deux couleurs différentes disposés sur des surfaces dessinées sur un plateau représentant elles-mêmes des formes géométriques (carrés, rectangles et losanges). Cette tâche contrôle s'éloignait par conséquent en tous points de l'échiquier et des pièces d'échecs. Deux autres tâches contrôle étaient réalisées par les sujets, l'une classique d'empan de chiffres, l'autre consistant en la tâche dite du Cavalier (Holding, 1985). Pour les rappels, les sujets disposaient de quatre essais sans limitation de durée,

afin de vérifier les éventuelles corrélations entre apprentissage dans la tâche et niveau d'expertise.

L'échantillon comprenait quarante sujets enfants et quarante sujets adultes, répartis pour moitié en experts et novices.

Les analyses faites ont permis de mesurer l'impact de l'expertise mais aussi de dégager des éléments caractérisant la nature de cette expertise.

11 Les effets de l'expertise .

Un effet de l'expertise est trouvé pour la tâche du Cavalier. Les sujets experts enfants et adultes sont plus performants que les novices : ($p < .05$), c'est-à-dire qu'ils effectuent plus de déplacements en un temps plus rapide et en faisant moins d'erreurs.

En revanche, comme pour les études de Chi (1978), aucun effet de l'expertise n'est mesuré pour l'empan de chiffres, seul un effet de l'âge ($p > .01$), les enfants obtiennent un empan moyen de 6,25 (experts) et de 5,75 (novices) contre 7,65 (experts) et 7,05 (novices). Les sujets enfants experts sont dans la norme et n'ont pas de dispositions particulières.

L'analyse de variance par mesures répétées faite sur le rappel des positions échiquiennes réelles fait ressortir un fort effet de l'expertise ($p < .01$) : les enfants experts obtiennent un score de pièces rappelées nettement supérieurs à celui des adultes novices comme le montre le tableau n°5. Ceci est aussi bien vrai au rappel immédiat qu'au rappel différé, au premier essai comme au cinquième. On observera que les scores des novices sont équivalents pour les deux groupes de novices adultes et enfants.

Pour les positions aléatoires, cet avantage reste significatif. Cette conclusion est des plus intéressantes puisque contraire aux résultats connus jusqu'alors dans la littérature (De Groot, 1966, Chase & Simon, 1973, Saariluoma, 1989. Elle éclaire sur la nature de l'expertise, et peut être interprétée comme la preuve qu'une habileté au regroupement en vue de la mémorisation est développée par la pratique.

Tableau 5 : Nombre de pièces rappelées selon conditions d'âge et d'expertise pour les positions échiquiennes réelles et les positions aléatoires. d'après Schneider (1993, p.339).

LE DEVELOPPEMENT DES HABILETES COGNITIVES DE L'ENFANT PAR LA PRATIQUE DU JEU D'ECHECS :

positions échiquéennes				
	enfants		adultes	
	experts	novices	experts	novices
Rappel immédiat essai 1	8.87	4.95	7.10	4.58
Rappel immédiat essai 5	19.52	15.90	20.85	15.28
Rappel différé	11.20	4.95	11.35	4.20
positions aléatoires				
	enfants		adultes	
	experts	novices	experts	novices
Rappel immédiat essai 1	5.00	3.25	3.60	2.70
Rappel immédiat essai 5	17.35	12.80	15.80	10.40

Une interaction significative est également mesurée entre les variables expertise et essais, **les experts progressent plus entre les essais que les novices**, affichant un effet d'apprentissage plus élevé. Cet effet est constaté à la fois chez les experts enfants et adultes. L'interaction expertise âge est significative : les enfants experts progressent plus au cours de la tâche que les adultes novices.

Les résultats au rappel d'objets dans la tâche contrôle non échiquéenne étaient intéressants à rapprocher de ceux affichés ci-dessus. L'hypothèse expérimentale de Schneider et al. (1993) postulait une disparition de l'effet de l'expertise, conformément à la théorie du domaine spécifique de l'expertise qui relie l'avantage constaté au rappel à la constitution de la base de connaissances expertes et non à une habileté transversale. Les résultats infirmèrent partiellement l'hypothèse. Les experts enfants réalisent un meilleur rappel que les adultes novices (3.33 vs 3.00) et que les enfants novices. L'effet simple de l'expertise n'est certes pas significatif pour le premier essai au rappel immédiat, mais l'interaction des variables expertise et essais devient significative ($F(1, 76) = 10.14 ; p < .01$).

Tableau 6 : Nombre d'objets rappelés selon conditions d'âge et d'expertise pour l'épreuve contrôle de rappel. d'après Schneider (1993, p.340).

	enfants		adultes	
	experts	novices	experts	novices
Rappel immédiat essai 1	3.33	2.55	3.15	3.00
Rappel immédiat essai 5	11.33	8.65	13.33	10.65

Les sujets experts semblent, par conséquent, comme dans la tâche de rappel de

position échiquienne, démontrer une meilleure capacité d'apprentissage dans cette tâche contrôle. Cette conclusion est d'un grand intérêt et atteste d'une généralisation partielle de l'habileté développée dans une tâche de rappel et de son transfert possible.

La tâche contrôle du Cavalier et l'expertise s'avèrent contribuer de façon significative à l'analyse de régression de la variance faite sur la variable rappel immédiat de positions réelles (40% de la variance). Le poids est beaucoup plus faible dans le rappel de positions aléatoires (14% pour la seule composante expertise). S'agissant de la tâche contrôle du rappel d'objets, aucun effet facteur n'entre en composante principale dans l'analyse de la variance. Cette tâche est donc indépendante des variables inter-sujets.

12 La nature de l'expertise

Pour déterminer comment l'expertise intervient, les auteurs ont effectué une **analyse du chunking** selon deux modèles différents : celui de Chase (1973) en mesurant les pièces rappelées à l'intérieur d'un intervalle de 2 secondes, et celui de Bratko (1986) qui examine la fréquence du rappel de certaines pièces.

En retenant un intervalle de 2 secondes pour délimiter l'appartenance à un chunk, on trouve un écart significatif entre enfants experts – 6.1 chunks – et enfants novices – 4.6 chunks –, sans que cet écart ne soit significatif pour autant, ce qui est en opposition aux résultats de Chase (1973) et Chi (1978) et provient sans doute de l'intervalle trop court. Il est vrai que le protocole de Chase (1973), dans lequel celui-ci avait retenu l'intervalle de 2 secondes, était différent de celui de Schneider (1993) et Chi (1978) puisqu'il consistait en un rappel avec possibilité de se reporter à l'échiquier et que ce que mesurait Chase (1973) était le nombre de regards portés à l'échiquier de référence ; cette procédure était par conséquent assez différente.

Le nombre moyen d'items par chunk est peu différent entre les enfants experts et novices (2.0 pièces rappelées par chunk vs 1.8).

Le calcul sur un intervalle de 3 secondes et demi conduit en revanche à des résultats qui deviennent significatifs, et une relation parfaitement corrélée entre l'intervalle de temps et le nombre et le poids moyen des chunks est constatée.

L'interprétation qui peut être donnée de ces résultats est celle d'un temps initial de réflexion pour la reconstitution d'un chunk qui caractériserait les experts : ceux-ci rappellent un plus grand nombre de pièces et de chunks mais le chunking prendrait plus de temps.

La méthode d'analyse proposée par Bratko, Tancig et Tancig (1986) mesure le chunking à travers la fréquence relative du rappel de certaines pièces avec d'autres. L'hypothèse est que si certaines pièces sont fréquemment rappelées avec d'autres par une grande proportion des sujets c'est qu'elles sont encodées et reconstituées en tant que parties à un même chunk. Il s'agit là d'une méthode qui rend compte de façon plus qualitative du mode de fonctionnement du chunking.

Les experts rappellent pour presque la moitié d'entre eux les mêmes 12 pièces dont

l'examen détaillé montre qu'elles appartiennent aux patterns des Rois roqués des deux camps, alors que les novices ne rappellent pour quarante pour cent d'entre eux que 5 pièces identiques non attachées à un pattern quelconque. Cela indique que les experts reconstruisent la position en suivant une méthode semblable, rappelant d'abord les chunks qui leur sont les plus familiers, tels les Rois roqués.

On doit conclure de ces deux méthodes d'analyse que l'enfant expert mobilise des composantes identiques à celles de l'expert adulte mises en évidence par Chase (1973) et Gobet (1996). Et la part de la base de connaissances spécifique est confirmée en tant que composante primordiale de l'expertise. Il n'y aurait par conséquent **aucun effet de l'âge sur ces stratégies de mémorisation, ni limitation due à celui-ci.**

Si, en conclusion des expériences de Schneider et al. (1993), il apparaît que la mémoire est la première concernée par la constitution d'une expertise dans un domaine quel que soit l'âge, on doit relever également les effets secondaires sur la capacité d'apprentissage en résultant. **L'expert apprend plus vite dans son domaine**, attestant par conséquent d'un effet cumulatif de l'expertise.

Le point sur lequel pourtant le travail rapporté de Schneider et al. laisse dans l'incertitude est la réalité du transfert à d'autres domaines des habiletés développées dans un domaine d'expertise. Les résultats obtenus dans la tâche contrôle de rappel d'objets sont ambigus puisqu'aucun effet simple n'est observé, même si nous sommes à la limite de la significativité, alors que l'interaction des variables expertise et apprentissage l'est de façon très robuste.

Une de nos expériences aura pour objectif de revenir sur ce type de protocole d'une tâche contrôle afin de vérifier s'il y a ou non transférabilité de l'habileté du chunking.

Après l'étude des liens entre mémoire et pratique du jeu d'échecs, d'autres travaux se sont attachés à examiner la composante logique développée par celui-ci.

2- Le développement des habiletés logiques : les expériences de Horgan et Morgan (1990) et Frank et d'Hondt (1979)

21 Pratique des échecs et développement des capacités logiques et d'exploration en profondeur : l'expérience de Horgan et Morgan (1990)

Les 113 écoliers de Memphis (E-U) sujets de l'étude de Horgan et Morgan pratiquaient les échecs à l'école et au collège, leur âge s'étalait de 6 à 16 ans. En début d'expérience, ils furent classés, au plan échiquéen en participant à des matchs, et sur trois autres épreuves : les matrices progressives de Raven (séries A à E), la tâche dite du Cavalier (Holding, 1985), une tâche de type piagétien (la gestion d'une usine), enfin, une épreuve de reconstitution d'une partie jouée récemment avec commentaires, ce matériau étant évalué par un maître. Cette évaluation fut répétée à l'issue de l'expérience, soit 21 mois plus tard.

Les matrices de Raven portent sur les relations entre figures géométriques dont il convient de trouver la loi afin de compléter la suite d'une série.

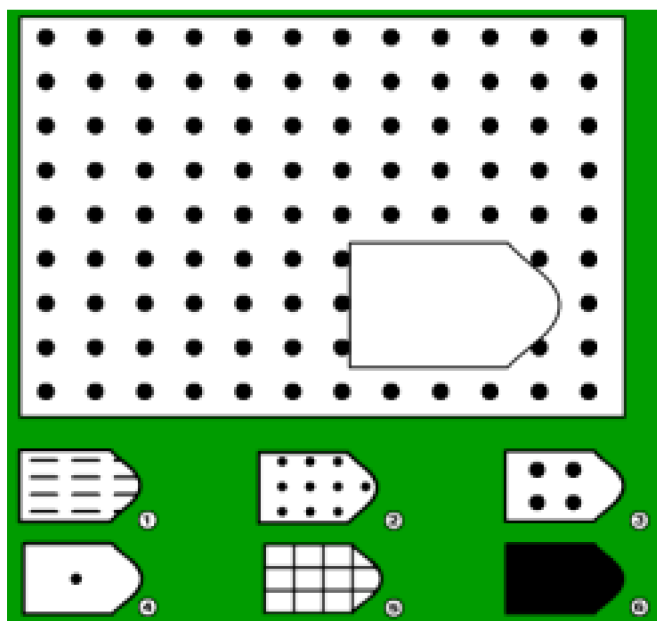


Figure 24 : Exemple de matrice du test Raven (1985)

La tâche dite du Cavalier (cf. figure 25) consiste à déplacer un Cavalier sur le plus grand nombre possible de cases de l'échiquier sans repasser deux fois sur la même case et sans mettre le Cavalier en prise du fait de la présence sur l'échiquier de quatre pions, cela, en allant le plus vite possible. Le premier essai mesure l'aptitude à calculer en profondeur et à anticiper les mouvements ; sont mesurés le nombre de déplacements opérés, le nombre d'erreurs et le temps. Le second essai mesure la capacité d'apprentissage. Dans cette tâche, Holding (1985) avait rapporté la non-corrélation entre le niveau d'expertise et la performance, mais d'autres auteurs attestaient de résultats différents montrant une corrélation entre les deux variables (Schneider et al., 1993).

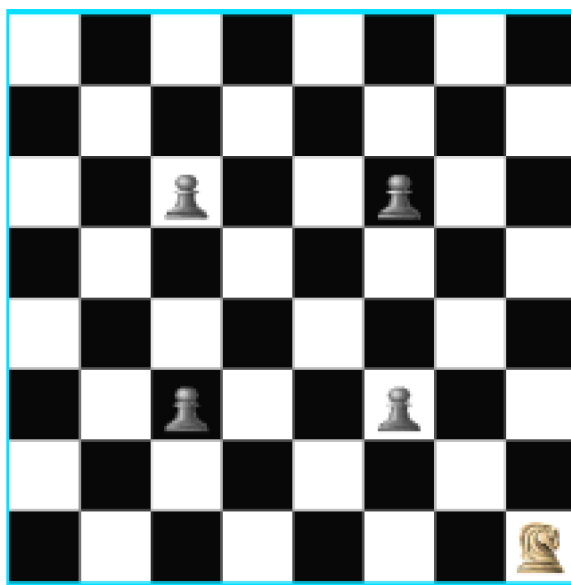


Figure 25 : Tâche du Cavalier (d'après Radojic, 1971 ; Holding, 1985).

Le premier résultat à l'issue des deux années de l'étude concerne **l'âge**. Celui-ci est **fortement corrélé au niveau échiquéen**, mais ne l'est pas au nombre de parties jouées ; les sujets, quel que soit leur échelon scolaire, progressent avec la pratique.

La matrice des corrélations calculées en début d'expérience entre les diverses épreuves et l'échelon scolaire (tableau 7) présente des relations entre épreuves qui sont cohérentes avec les données classiques de corrélation entre âge et résultats à ces épreuves. Il n'y a pas de spécificité propre aux joueurs d'échecs.

Tableau 7 : Corrélations entre les résultats aux diverses épreuves.

	Matrice de Raven	Tâche du Cavalier	Tâche de Piaget
Echelon scolaire	727	404	563
Matrice de Raven		619	578
Tâche du Cavalier			-.285

L'inter-corrélation qui lie les résultats aux matrices de Raven et à la tâche du Cavalier met en évidence **la composante spatiale de la capacité de raisonnement**. La corrélation négative entre la tâche de Piaget et la tâche du Cavalier indique que cette dernière ne mobilise pas les mêmes aptitudes logiques.

L'étude de régression faite à l'issue des 21 mois qu'a duré l'expérience, avec l'amélioration des performances aux différentes épreuves comme variable dépendante, montre que le classement échiquéen initial est le facteur principal de la variation ($R^2 = .652$). R^2 monte à $.770$ lorsque le test Raven est pris en compte, et à $.873$ s'y l'on intègre le facteur nombre de parties jouées. Ces trois variables, et à travers elles les **habiletés logiques** qu'elles mesurent, rendent compte pour l'essentiel de l'amélioration de la performance à l'issue des deux années. Comme aucun effet de l'âge n'est observé, on peut déduire que ces habiletés **sont principalement corrélées à la pratique**.

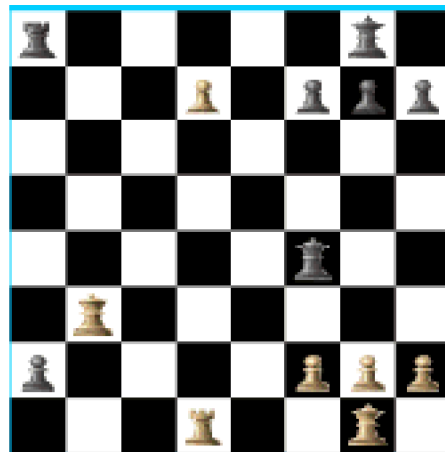
La pratique échiquéenne recrute par conséquent des habiletés logiques, sans que l'on puisse dire qu'elle ne mobilise pas d'autres habiletés, le protocole expérimental n'ayant pas retenu et mesuré d'autres variables cognitives.

L'analyse par un maître des résultats de l'épreuve de reconstruction de mémoire et de commentaires d'une partie jouée récemment apporte une conclusion principale : les jeunes joueurs ne calculent pas très en profondeur leurs coups, et n'opèrent guère une exploration au-delà d'un ou deux coups, à la différence des joueurs adultes. Leurs **habiletés sont donc surtout analytiques** car non reliées à une base de connaissances très riche. Le fait qu'ils aient beaucoup de mal à dégager ce qu'ont été les moments ayant constitué les 'tournants' (en termes de bascule vers un avantage décisif en leur faveur ou en faveur de leur adversaire) de leurs parties jouées quelques jours auparavant, et qu'ils verbalisent peu les alternatives analysées atteste de leur absence de capacité de compréhension de la structure de la partie, et de l'absence de ce que l'on peut appeler le recul cognitif, qui permet d'analyser ce qui vient d'être fait et d'en juger des aspects positifs ou négatifs.

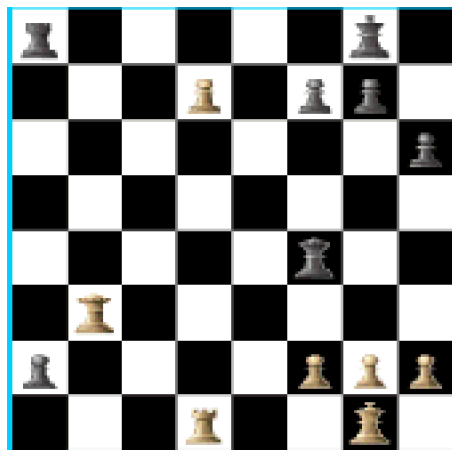
Cette **capacité d'exploration en profondeur** a fait l'objet de la deuxième série

d'expériences de Horgan et Morgan (1990) auprès des meilleurs scolaires ayant participé à leur championnat d'école. Le protocole retenu comportait deux types d'épreuves, l'une de rappel selon le paradigme de De Groot (1965) avec rappel simple de positions et rappel précédé d'une information destinée à enrichir l'encodage, l'autre de jugement de similarité dans laquelle les sujets, après avoir étudié une position, devaient décider laquelle de deux positions nouvelles très similaires à la première leur paraissait la plus semblable. Il s'agissait dans ce protocole de voir si le jugement de similarité était fait sur des traits de surface ou sur des éléments plus profonds liés à l'enjeu de la partie, puisque la première position servant de cible avait été présentée en annonçant que les Blancs faisaient mat en deux coups. Cet objectif avait pour intérêt de valider l'interprétation des résultats obtenus et précités s'agissant de l'exploration en profondeur. Selon que le jugement de similarité se faisait sur les traits de surface ou sur la structure et l'enjeu il y aurait validation ou non de cette absence de capacité d'analyse en profondeur.

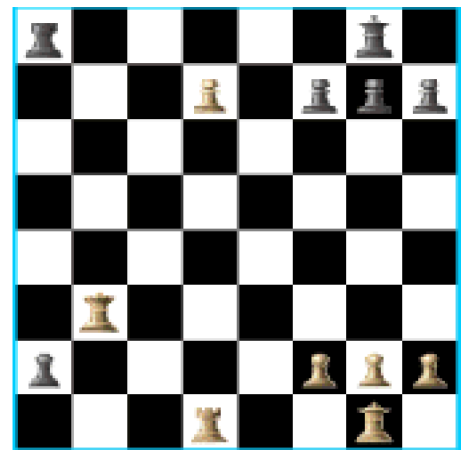
A l'épreuve de rappel simple, un effet de l'âge et de la pratique a été trouvé, ainsi qu'un effet du contexte de présentation, puisque **l'apport d'information préalable améliorait la performance** ($p < .05$). L'information contextuelle apportée préalablement à la présentation de la position aide à comprendre celle-ci, en ce sens qu'elle aide le sujet à mieux voir les relations structurelles entre les pièces. Une interaction intéressante est mesurée entre les variables contexte de présentation, âge et niveau échiquéen : dans la condition information préalable, la performance est meilleure pour l'ensemble des sujets, quel que soit leur niveau échiquéen et l'âge, ces variables n'étant plus significatives ($r = .167$ pour l'âge, et $r = .230$ pour le niveau). Cette conclusion met en lumière le grand **intérêt de l'apport d'une information qui renseigne sur le sens global et définit un but avant le début d'une tâche**, singulièrement chez des sujets enfants et adolescents. Il nous faudra revenir sur ce point d'importance au regard de la didactique d'un corpus. En revanche, lorsque les positions sont présentées sans information préalable, on mesure alors un effet de la variable âge et de la variable niveau échiquéen.



Échiquier cible, trail aux Blancs



Échiquier 1, sur le thème du mat en deux coups



Échiquier 2, sur le thème du jeu de la Dame (mat du roi noir)

Figure 26 : Exemple de la tâche de jugement de similarité d'après Horgan et Morgan (1990, p.123).

Dans l'épreuve de jugement de similarité, une position était présentée durant 45 secondes puis, un jeu de deux positions, le sujet devant décider laquelle lui semblait la plus semblable. Dans l'exemple présenté à la figure 26, l'échiquier 1 choisi est le plus similaire à l'échiquier cible puisque seul le pion noir h7 a changé de case et est désormais placé sur la case h6, tandis que sur l'échiquier 2, il manque la Dame des Noirs. Mais cette absence de la Dame noire n'a aucun effet sur la situation, à savoir le mat en deux coups en faveur des Blancs à qui c'est le tour de jouer (après pion d7-d8, le pion blanc se transforme en Dame et les Blancs font échec au Roi, les Noirs sont contraints de prendre le pion blanc lesquels reprennent ensuite avec leur Tour d1 et font échec et mat). Entre l'échiquier cible et les deux proposés au jugement de similarité, c'est celui qui maintient ce mat forcé en deux coups qui est le plus semblable, et non pas celui qui, certes maintient toutes les pièces, mais dont le changement de la case du pion h est déterminant. En effet, l'avancée du pion de h7 à h6 a libéré une case de fuite au Roi noir qui n'est plus mat

lorsque la Tour d1 reprend en d8. En apparence, l'échiquier 1 est le plus semblable ; du point de vue de l'issue de la partie, c'est l'échiquier 2 qui est le plus similaire à la cible. Dans le premier cas, la décision s'est faite au plan de l'apparence ou des **traits de surface** de la position (le nombre de pièces), alors que dans le second, elle se fonde sur la similitude de l'**enjeu** et de l'issue, le mat du couloir.

Dans cette tâche, une corrélation significative est mesurée entre niveau échiquéen et choix des positions sur le critère de la similitude en profondeur ($r = .365$; $p < .05$). **Cette composante exploration en profondeur est par conséquent une marque du niveau échiquéen. Mais** les résultats ne sont pas corrélés à l'échelon scolaire ($r = .154$), les meilleurs sujets au plan échiquéen, quel que soit leur âge, ayant fait le choix du jugement fondé sur la similarité en profondeur. Ce point est d'une extrême importance puisqu'il signifie qu'**une habileté de haut niveau, par exemple l'analyse en profondeur et le jugement de similarité fondé sur celle-ci, n'est pas liée à l'importance de la pratique**. Ainsi s'expliquent que de jeunes adolescents ayant peu d'années de pratique gagnent des matchs contre des joueurs expérimentés ayant à leur actif vingt ans de pratique. La plupart des modèles d'apprentissage, tel celui d'Anderson (1970), qui fondent l'expertise essentiellement sur la pratique ne sont pas valides devant une telle observation expérimentale. Ces résultats attestent en effet d'une acquisition plus approfondie chez l'adolescent joueur que chez l'adulte joueur, ce qui conduit certains auteurs à s'interroger sur les conséquences au plan des capacités cognitives d'un apprentissage précoce : « **Cette habileté entraînée de façon précoce n'affecte-t-elle pas les autres processus cognitifs ?** » (Horgan & Morgan, 1990, p.124). Krogius (1976) dans le même ordre d'idée observe expérimentalement que les grands maîtres qui avaient commencé de façon précoce la pratique du jeu d'échecs restent beaucoup plus longtemps à un très haut niveau et commettent moins de 'bourdes' en cours de match que ceux qui sont devenus grands-maîtres à l'âge adulte seulement.

Cette question essentielle n'a pas été abordée à ce jour et constituera un des objectifs de la partie expérimentale de notre travail.

22 L'aptitude numérique, l'aptitude spatiale, le sens organisationnel et pratique échiquéenne : l'expérience de Frank et d'Hondt (1979) .

La deuxième étude dont nous disposons sur les liens entre les habiletés cognitives et la pratique et le rythme d'apprentissage échiquéens chez l'enfant est celle de **Frank et d'Hondt** (1979). Elle présente un double intérêt. D'une part, elle est réalisée sur une classe entière et pourrait échapper à priori au reproche de biais expérimental de la plupart des études qui ont été consacrées à des sujets qui avaient fait le choix volontaire de pratiquer les échecs. D'autre part, elle a concerné des scolaires d'un pays non européen, le Zaïre.

Quarante-cinq élèves de quatrième année d'études secondaires ont suivi un enseignement obligatoire des échecs durant une année pleine. Un groupe de sujets de la même école et du même âge a servi de témoins, sans qu'il soit précisé si ceux-ci, durant le temps que leurs camarades passaient à l'apprentissage des échecs, réalisaient une activité complémentaire non scolaire. Cinq batteries de tests furent administrées en

septembre, et en fin d'année. Un premier ensemble était dédié à la mesure de la perception spatiale, au raisonnement numérique, et à la fluidité verbale. Un deuxième avait pour objectif de tester le sens organisationnel, l'habileté arithmétique et la logique non verbale. Le troisième groupe était d'ordre plus perceptif. Le quatrième observait l'attention. Le dernier consistait en un test de Rorschach. En fin d'année, le niveau échiquéen était évalué, afin de rechercher les éventuelles corrélations entre échecs et certaines aptitudes mesurées dans les tests.

Sur les diverses habiletés que mesuraient les quatre premiers groupes de tests, quelques unes ont été corrélées de façon significative au niveau atteint au plan échiquéen sur l'ensemble des sujets par rapport au groupe témoin : **l'aptitude numérique, l'aptitude spatiale, le sens organisationnel**. Sur le décile supérieur des joueurs d'autres habiletés apparaissent significatives, celles relatives à la fluidité verbale et à la perception.

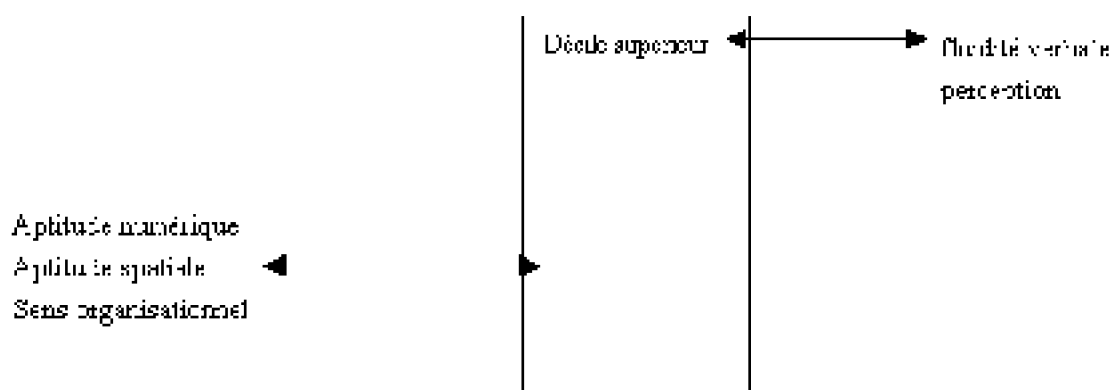


Figure 27 : Corrélations significatives entre habiletés cognitives et niveau échiquéen (groupe expérimental échecs vs groupe témoin).

On retrouve là un résultat habituel : les sujets les plus performants bénéficient plus que les autres d'un nouvel apprentissage. Ces corrélations sont cohérentes avec les résultats de l'étude de Roos (1981) précitée dont ressortait l'importance de l'habileté à la combinatoire et à la structuration de l'espace.

L'absence de motivation des sujets, rapportée par les expérimentateurs selon lesquels cet apprentissage obligatoire a été vécu comme une « corvée » doit toutefois rendre prudent dans l'interprétation de ces résultats ; même si, paradoxalement, ces résultats peuvent être considérés comme plus robustes du fait de l'importance de la variable motivation dans tout processus d'apprentissage. La seconde réserve qui doit être faite tient à l'originalité de la pratique de ce jeu par comparaison avec les jeux traditionnels pour les enfants de ce pays.

3 L'évolution de la représentation mentale d'une procédure et les conditions d'acquisition de celle-ci.

Le jeu d'échecs comporte un assez grand nombre de règles relatives d'une part au mode de déplacement des pièces, d'autre part à certaines procédures spécifiques, tels le roque ou le pion passé ou la promotion du pion. La manière dont s'acquiert une procédure est un objet d'analyse fructueux du point de vue du développement cognitif de l'enfant.

Premier principe : le sujet apprend un déplacement par rapport aux autres déplacements, par différenciation entre chacun des déplacements. Il lui **est proposé une comparaison**, laquelle aide à intégrer la notion grâce à sa relativité aux autres. Nous savons que les modèles du type « A c'est comme B » ou « A c'est différent de B » sont beaucoup plus efficaces que les modèles d'isolement de la notion ou du concept à apprendre.

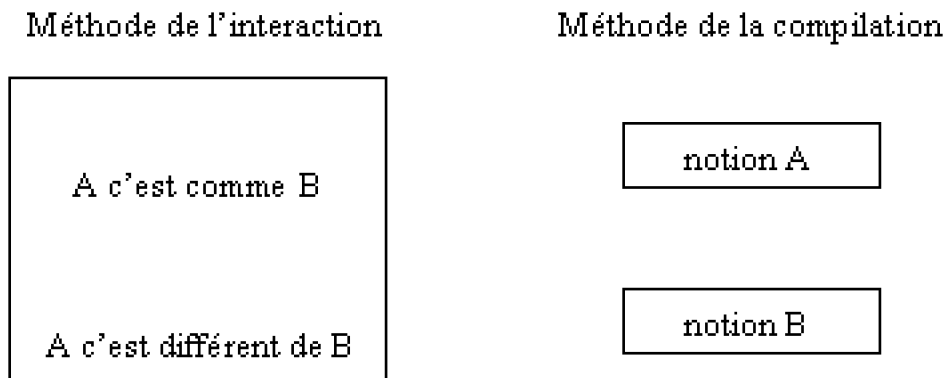


Figure 29 : Didactique : approche par les interactions vs approche par la compilation des notions.

Deuxième principe : le sujet apprend en ayant un but à atteindre, à travers une action, en l'occurrence prendre une pièce adverse. Il s'agit là d'un autre principe de didactique reconnu : **l'apprentissage par l'action**. Une telle séquence d'action est indispensable, si l'on veut que le sujet passe du stade de la compréhension à celui de l'appropriation active de la notion apprise.

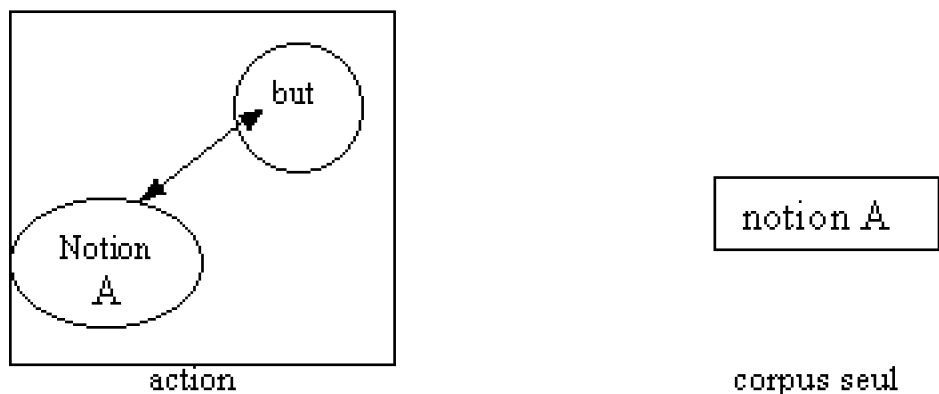


Figure 30 : Deux modèles d'apprentissage : action vs notion.

Les résultats de Fisk et Llyod (1988) répliquaient ceux obtenus par Saariluoma (1984) dans une tâche consistant à décider si des mats étaient possibles ou non.

Dans son protocole, Saariluoma (1984) proposait à des novices, à des joueurs expérimentés et à des maîtres des positions pour lesquelles les sujets devaient répondre le plus vite possible s'il y avait mat ou non en un coup. Pour 30 des 70 positions présentées le mat était possible, 20 impossible, et dans 20 positions le mat était possible mais en deux coups seulement. Plus que le résultat principal portant sur la vitesse de la

réponse liée au niveau échiquéen, c'est le taux d'exactitude que nous relèverons. Pour les novices, le taux d'erreurs sur les positions pour lesquelles le mat en un coup était possible n'est que de 3%. Le novice est par conséquent tout à fait capable d'intégrer une série d'opérations comparatives des déplacements des pièces en fonction d'un but à atteindre - trouver le mat en un coup - même lorsqu'il est novice. Cette tâche complexe lui est accessible très tôt. En revanche, les taux d'exactitude chutaient sensiblement lorsqu'il s'agissait de traiter les positions pour lesquelles il y avait mat en deux coups.

32 Dynamique de construction d'une représentation de procédure et processus d'inhibition lors de l'acquisition d'une procédure : l'expérience de Getz (1991)

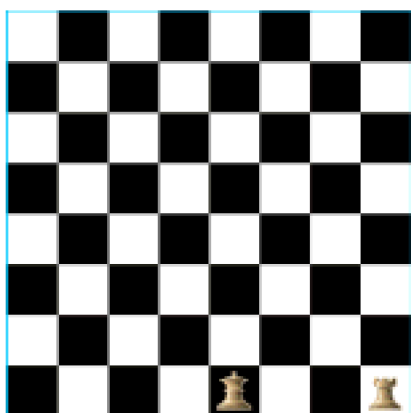
Isaac Getz (1991) a consacré la partie expérimentale de sa thèse à l'étude de l'évolution de la représentation du roque et de l'habileté à roquer chez l'enfant novice.

Le paradigme sur lequel a travaillé Getz nous intéresse en ce qu'il nous renseigne sur les **conflits cognitifs** pouvant survenir lors de l'apprentissage d'une procédure complexe et sur la manière de les réduire.

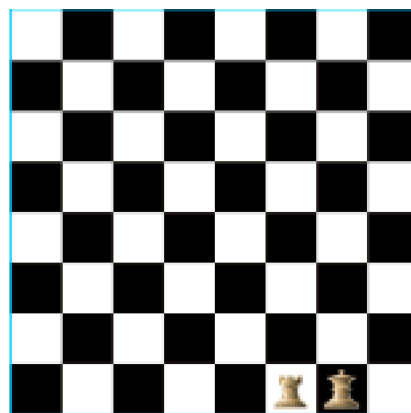
Lors des différentes étapes d'un apprentissage, il s'opère une réorganisation permanente de la représentation de la connaissance, objet de cet apprentissage. Durant cette reconstruction, la charge cognitive est telle que, souvent, elle a pour conséquence d'écarter ou de ne pas permettre l'application d'autres connaissances acquises antérieurement (étape 2 du modèle de Karmiloff-Smith). Il y a dégradation temporaire de la performance du fait de l'attention exclusive consacrée à la reconstruction. Ceci est d'autant plus sensible dans le cas où la reconstruction concerne une procédure d'exécution complexe, comme l'est par exemple pour le novice le roque. Ainsi, le sujet qui connaît la règle du déplacement d'une pièce voit que le Cavalier de l'adversaire peut lui prendre une pièce, mais il est accaparé par la mise en application de ce qu'il est en train d'apprendre et de ré-élaborer, par exemple le roque, et il ne peut intégrer simultanément les deux buts, roquer et éviter que l'adversaire ne prenne l'une de ses pièces.

L'habileté à roquer consiste à effectuer le seul mouvement du jeu d'échecs où deux pièces peuvent être jouées en même temps, à savoir le déplacement du Roi et celui d'une Tour, en opérant simultanément et de façon dérogatoire aux règles régissant le déplacement des pièces, un déplacement du Roi de deux cases (alors que la règle est d'une case seulement) et un déplacement de la Tour, qui passe de l'autre côté du Roi et vient s'installer sur la case voisine du Roi (alors que la Tour, comme toutes les autres pièces à l'exception du Cavalier qui saute par-dessus les pièces, ne peut se déplacer au-delà d'une case occupée par une pièce adverse). La figure ci-dessous indique les deux formes que prend ce roque selon que le Roi se met à l'abri sur une aile ou sur l'autre de l'échiquier, formes qui sont dénommées petit et grand roques. Ce coup est joué dans la quasi totalité des parties puisqu'il a l'immense avantage de protéger le Roi en le positionnant sur l'échiquier derrière une ligne de pions et sous la garde d'une Tour, laquelle Tour, grâce au roque, se trouve ainsi activée au centre de l'échiquier. Cette mesure de protection est apprise dès les premières leçons au débutant, à qui il est recommandé de roquer au plus tôt par mesure de sécurité et, pour cela, de sortir ses

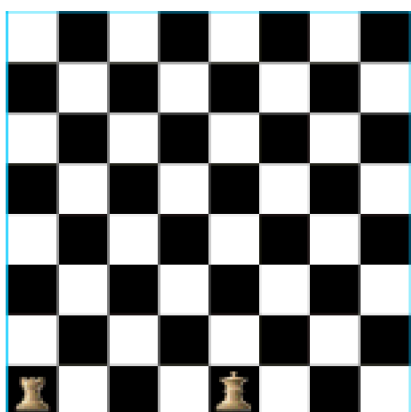
pièces (en l'occurrence le Fou et le Cavalier) afin de libérer les cases entre Roi et Tour. Le roque est par conséquent la première combinaison de pièces apprise par le novice.



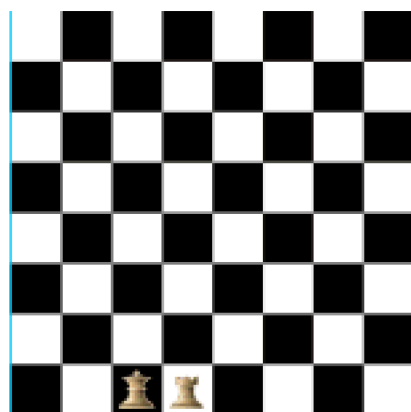
Roi et Tour avant le petit roque



Roi et Tour après le petit roque



Roi et Tour avant le grand roque



Roi et Tour après le grand roque

Figure 31 : Les pièces du roque dans les deux formes de roque possibles.

Le modèle expérimental de Getz (1991) postule que la représentation du roque varie en fonction d'autres variables externes au fur et à mesure qu'elles sont apprises par l'enfant. L'hypothèse est que le sujet passe par différentes étapes de compréhension du roque.

Il commence par appliquer scrupuleusement la règle, oubliant d'intégrer les contraintes préalables au roque que sont les règles d'interdiction de roquer lorsque le Roi est lui-même mis en échec, ou lorsqu'il traverse une case sur laquelle il le serait au cours du déplacement constituant le roque. Au commencement, le sujet est par conséquent dans une phase qui, si l'on effectue une comparaison avec l'acquisition d'un langage, correspondrait à l'acquisition d'un nouveau mot dont le sujet veut aussitôt l'utiliser pour se l'approprier et se prouver qu'il l'a intégré dans son registre lexical. Après avoir intégré les

règles formelles de ce déplacement hors norme et contradictoire avec les autres règles relatives au déplacement des pièces, le sujet, concentré sur sa préoccupation de mettre à l'abri son Roi, joue son coup du roque alors même que l'adversaire vient de jouer un coup qui menace l'une de ses pièces ou peut constituer une menace le coup suivant. L'enfant n'a pas encore atteint le recul suffisant pour intégrer dans son modèle de la situation la question de l'opportunité comparée du roque et d'un autre coup pouvant être plus urgent. Ce jugement de la situation et la mise en balance de deux coups possibles constituent les premiers temps de la pensée stratégique. Le moment où il convient de roquer est en effet directement lié à l'évolution de la position dans les premiers coups de l'ouverture de la partie, et il est fréquent qu'un joueur doive différer le roque pour tenir compte de l'ordre dans lequel l'adversaire effectue lui-même ses coups en début de partie, moment appelé « ouverture ». Nous schématiserons l'hypothèse du modèle de la façon suivante (fig 32).

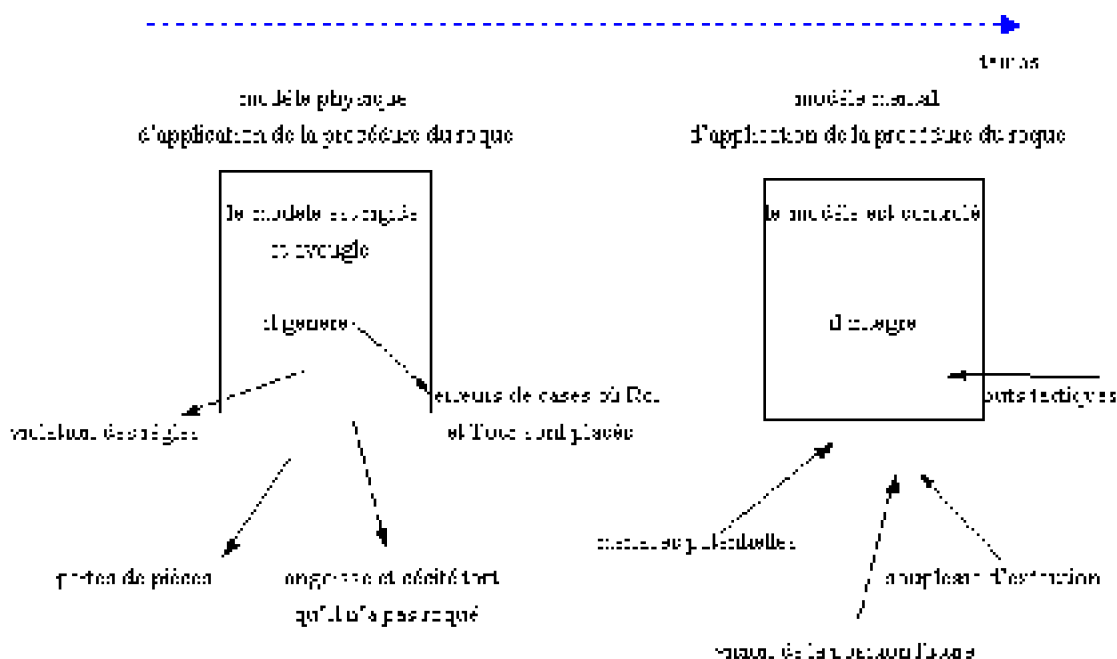


Figure 32 : Schéma de l'évolution du modèle de développement de l'habileté à roquer.

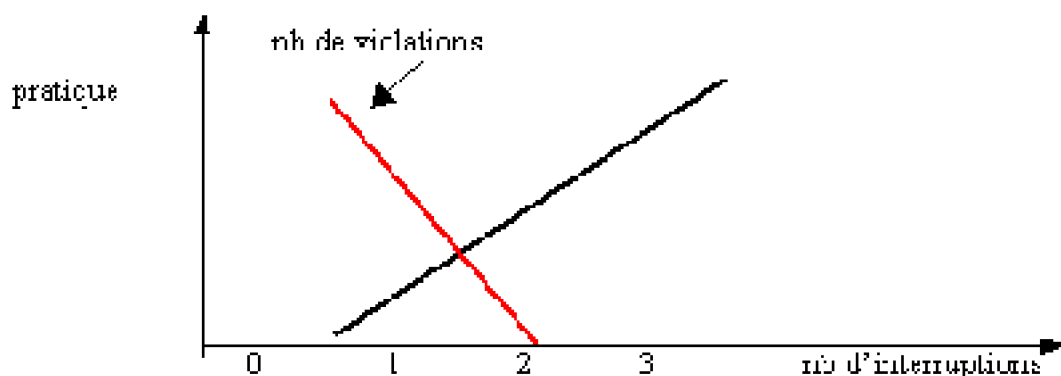
Il découle de cette présentation de l'enjeu cognitif du roque que la façon dont celui-ci s'intègre à la base de connaissances est en constante évolution, l'expérience modifiant le contexte d'utilisation de cette procédure qui, d'automatique et aveugle, devient interprétable en fonction du contexte. **Au début de l'apprentissage, le sujet novice ne fait qu'appliquer une consigne, sans voir mentalement la conséquence de l'opération.** Ce n'est que beaucoup plus tard qu'il voit sur l'échiquier la position des pièces modifiée par le roque qu'il s'apprête à jouer et sans rapport avec la position qu'il a effectivement sous les yeux. L'accès à cette représentation mentale du pattern Roi roqué de la base de connaissances est tardif et constitue en soi une étape significative au plan cognitif. Le modèle de Getz, tout naturellement, comporte ces deux composantes que sont la stratégie d'exécution du roque et le développement de la base de connaissances du roque.

Deux méthodes ont été choisies par l'auteur pour vérifier l'hypothèse du modèle de

construction de l'habileté à roquer : d'une part l'analyse des scripts de parties jouées par les sujets afin d'étudier **le mode d'interruption du roque**, d'autre part une épreuve de rappel de positions dans lesquelles l'un des camps a effectué le roque dans le but de vérifier si le rappel du roque est correct. Par mode d'interruption du roque il faut entendre le fait que le sujet, après qu'il a libéré les cases séparant le Roi et la Tour, peut ne pas jouer aussitôt le roque et attend un ou plusieurs coups avant de l'effectuer, préférant jouer un autre coup qu'il juge plus utile ou nécessaire.

Les scripts portaient sur un total de deux cent parties jouées par la centaine de sujets de l'étude. Les sujets soit disposaient d'un ELO, soit, si ce n'était pas le cas, se voyaient attribuer un ELO à zéro. Parmi les 103 enfants, 71 n'avaient pas de classement ELO (123 scripts), 32 étaient classés (67 scripts) ; les plus jeunes avaient 5 ans, les plus âgés étaient adolescents.

La variable indépendante était le nombre de mois de pratique ; les trois variables dépendantes étant l'exécution du roque sans interruption, l'exécution interrompue par un seul coup, et l'interruption de deux coups ou plus. L'hypothèse du modèle postule que les variables dépendantes sont liées à la pratique, les sujets les plus faibles ayant un pourcentage d'exécution sans interruption plus élevé que les joueurs plus expérimentés, et les plus expérimentés un pourcentage plus important d'interruptions de plus de deux coups, selon le schéma ci-dessous.



De même, le nombre de violations de règles est inversement proportionnel à la pratique (courbe en rouge). Plus le débutant est encore très proche de l'acquisition de la règle, moins il a de liberté pour prendre en compte d'autres règles que les seules règles afférant au roque ; il y a quasi cécité à voir que d'autres règles s'appliquent et doivent être conjointement respectées, comme par exemple ne pas traverser des cases où le Roi se trouverait en situation d'échec lors de l'opération du roque.

Les résultats calculés par analyse de régression logistique confirmèrent le modèle. La façon dont l'enfant exécute le roque est directement liée à son niveau de pratique. Plus il est expérimenté, plus il ajuste le moment où il roque, indépendamment du fait que les cases entre Roi et Tour ont été libérées ($p < .05$). Les sujets les plus novices confirment l'hypothèse d'un roque suivant immédiatement la libération des cases sans interruption, au détriment dans certains cas de leur intérêt – telle que prise d'une de leurs pièces –, ou

en violation des règles – Roi roquant alors qu'il est en échec ou qu'il traverse une case où il est en échec ($p < .05$).

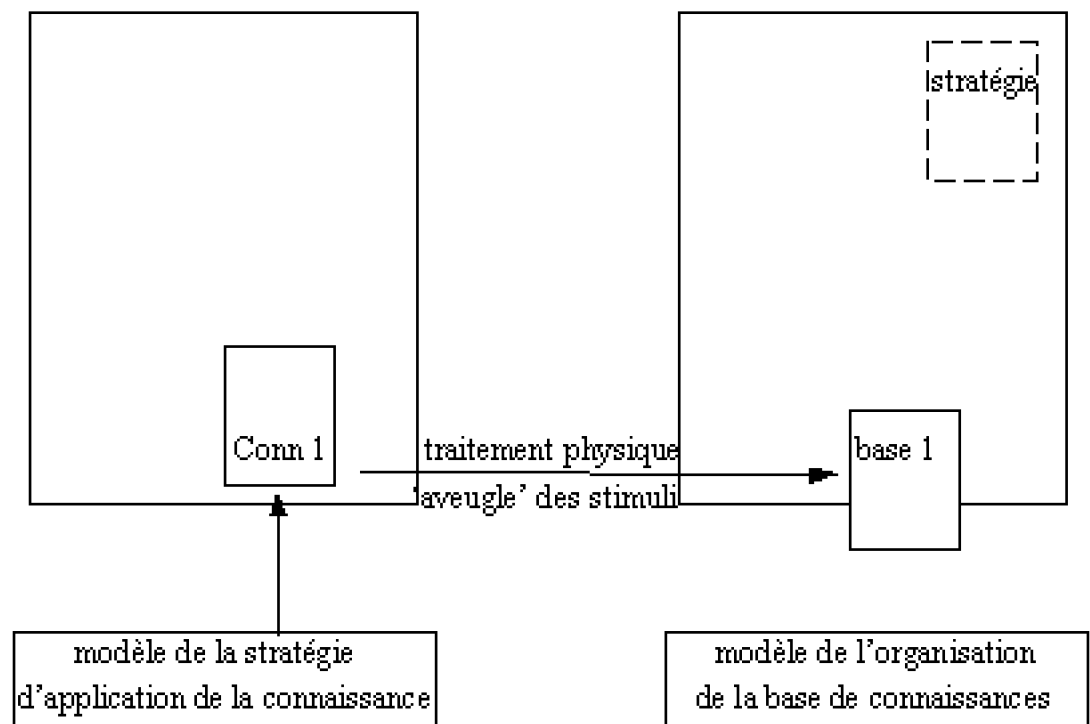
Avec l'expérience, l'enfant a construit une représentation mentale du roque qui lui permet de juger en opportunité du moment auquel le roque doit être exécuté, sans s'attacher au fait que les cases situées entre son Roi et sa Tour ont été libérées, la continuation de la procédure du roque étant mise en balance avec les autres variables de la position.

Du point de vue de l'apprentissage de la procédure du roque et, de façon plus générale, d'une nouvelle connaissance complexe, les conclusions de Getz sont d'un grand intérêt. D'une part, elles mettent en lumière le modèle de construction dynamique d'une connaissance et le fait que **le recul pris grâce à la pratique rend l'utilisation de la nouvelle connaissance plus souple et surtout contrôlée en fonction d'un but poursuivi**. D'autre part, elles établissent l'interaction entre, premièrement, l'application de la nouvelle connaissance en fonction d'une stratégie et, deuxièmement, la construction de la base de données. La structuration dans la base de données est opérée en liaison avec une stratégie d'emploi. La connaissance n'est jamais valeur en soi, in abstracto, mais toujours en situation, c'est-à-dire rattachée à un emploi en fonction d'un but.

Cette double nature de la construction d'une connaissance est déterminante pour la didactique de l'intervenant en charge de l'apprentissage. Non seulement elle rend impérative une démarche d'apprentissage par l'action, mais elle oblige également à prendre en compte l'évolution de la connaissance au cours de l'apprentissage et son enrichissement récurrent en fonction des situations différentes d'utilisation.

Nous avons essayé de schématiser cette dynamique des étapes par lesquelles passe un processus d'acquisition d'une nouvelle connaissance dans la figure 33. Ce schéma nous sera utile lorsque nous aborderons plus avant la question de la didactique des échecs en vue du transfert des habiletés cognitives recrutées par la pratique vers d'autres domaines.

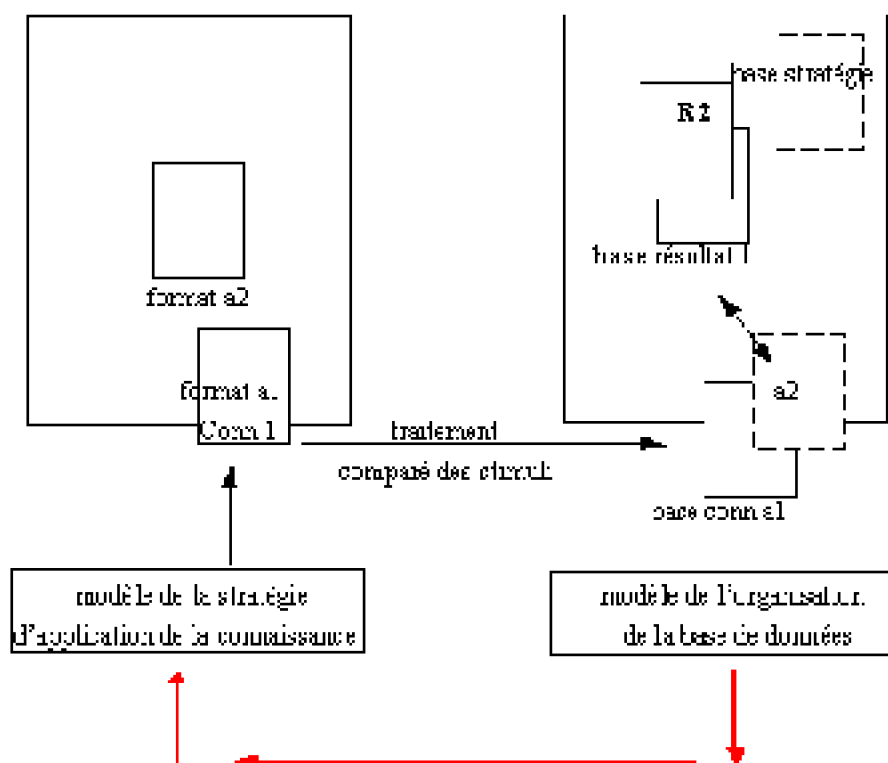
Nous distinguons **trois étapes** qui ponctuent la prise de recul cognitif et l'intégration de la connaissance à une stratégie d'emploi liée au but.



étape 1 : procédure d'application rigide, 'aveugle' de toute stratégie

Figure 33 : Modèle d'analyse computationnelle de la dynamique de construction-intégration de la connaissance 'procédure du roque'. étape 1 : procédure d'application rigide, 'aveugle' de toute stratégie

Au début de l'apprentissage il y a application stricte et physique de la connaissance. Par physique nous entendons le fait que le sujet a besoin de réaliser matériellement l'opération – il écrit le mot, pose les lignes et signes de la multiplication, il effectue sur l'échiquier le roque ...-. Il est absorbé par celle-ci, indisponible pour prendre en compte tout facteur ou variable d'utilisation supplémentaires. Peut-être voit-il qu'après avoir libéré les cases entre Roi et Tour s'il effectue le roque, l'adversaire gagnera une pièce qu'il menace, mais il est incapable pourtant d'interrompre l'opération du roque ; la procédure pour lui étant unitaire, il ressent qu'il échouerait dans son application s'il l'interrompait. Dans la base de données, le roque est entré sous cette forme primitive unitaire. Aucun accès au modèle but n'est concevable.

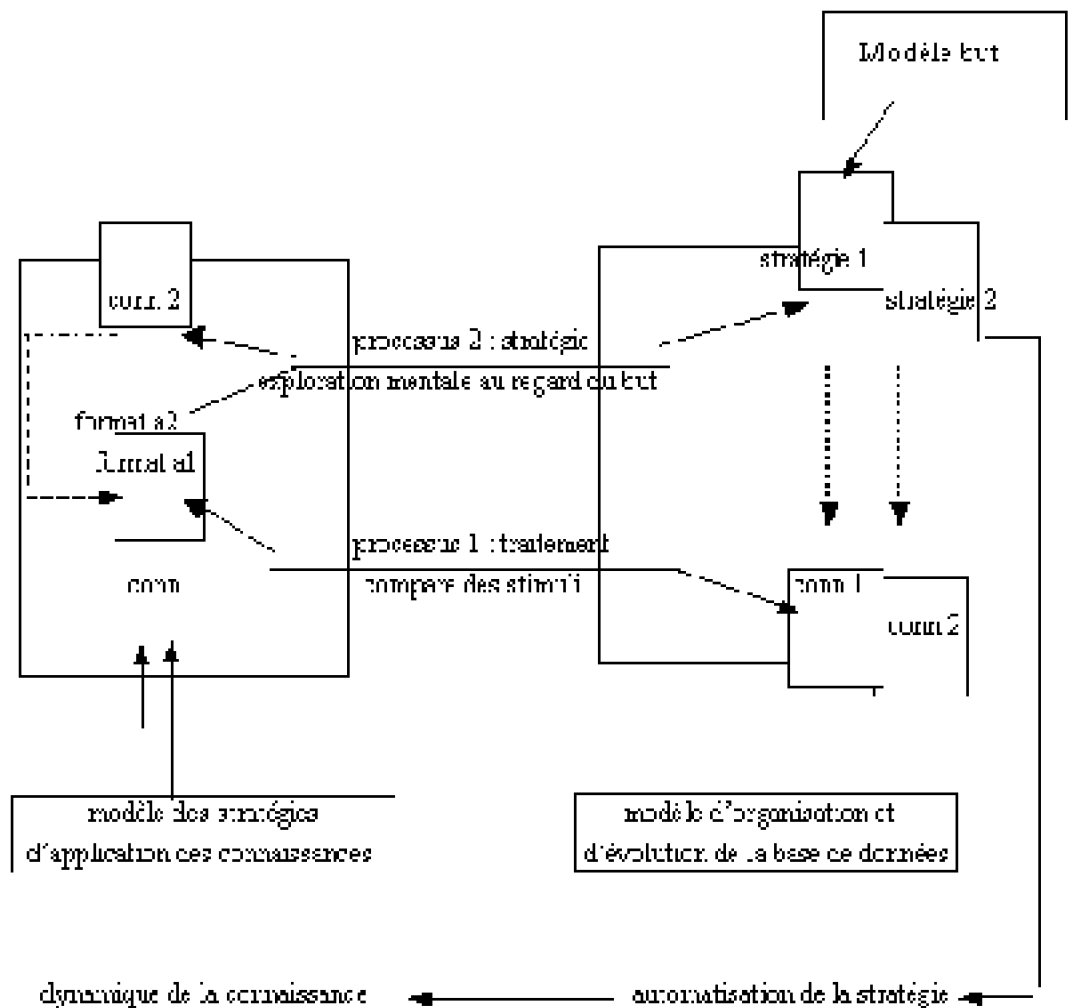


étape 2 : procédure d'application souple par comparaison avec la base de connaissances

Figure 33 : Modèle d'analyse computationnelle de la dynamique de construction-intégration de la connaissance 'procédure du roque'. étape 2 : procédure d'application souple par comparaison avec la base de connaissances

Dans l'étape 2, le sujet a appliqué une deuxième fois le roque et intégré un nouveau contexte d'utilisation en fonction du résultat du premier emploi de la procédure du roque. Il crée un deuxième format de la connaissance 'procédure du roque' lequel intègre le fait que l'effectuer de façon aveugle peut conduire à traverser une case où le Roi serait en échec. Il prend en compte cette règle et joue un coup intermédiaire en interposant une pièce afin que cette case ne soit plus menacée par l'adversaire. Il intègre dans sa base de données un deuxième format de la procédure roque et lui associe un résultat. Il va ainsi générer de multiples nouveaux formats au cours de nouvelles applications de cette procédure. Ce processus d'ajustement des formats et du modèle de construction-intégration de la connaissance devient récurrent.

Dans l'étape 3, la dynamique de construction-intégration associée au processus récurrent d'ajustement des composantes du système but. L'utilisation faite de la connaissance 'roque' devient dépendante d'une stratégie, laquelle est liée aux résultats obtenus. Dans la base de données, les trois bases qui sont les stratégies, les résultats et les formes de la connaissance roque inter-agissent.



étape 3 : automatisation de la stratégie d'application en fonction du modèle but

Figure 33 : Modèle d'analyse computationnelle de la dynamique de construction-intégration de la connaissance 'procédure du roque'. étape 3 : automatisation de la stratégie d'application en fonction du modèle but

La prégnance de la seule dimension physique en début d'apprentissage a été vérifiée expérimentalement par Getz (1991) dans un protocole où il demandait aux sujets de rappeler une position de roque présentée dans certains cas avec un placement faussé des pièces Roi et Tour. L'hypothèse était que lors du rappel le sujet ne respecterait pas la permutation des Roi et Tour et rappellerait le roque tel qu'il était en train de l'apprendre, c'est-à-dire dans le format où il était entré dans sa base de connaissances. Les résultats ont confirmé l'hypothèse : les sujets ayant le moins d'expérience n'ont pas rappelé le roque faussé par la permutation volontaire et ils ont rectifié automatiquement la position. Avec l'amélioration du niveau échiquéen, le taux d'exactitude du rappel du roque faussé a augmenté de façon significative ($G^2 = 6,270$; $p < .002$).

Le protocole expérimental de Getz (1991) lui a permis d'attester qu'il y a bien en début d'apprentissage récupération en base de données de la connaissance roi roqué et

application aveugle de celle-ci lors du rappel. Le sujet qui est en cours de construction-intégration du roque est dans l'impossibilité de dégager de la ressource cognitive pour tenir compte du changement dans le stimulus par rapport au format présent dans sa base ; il ne peut s'empêcher de rectifier le stimulus pour être conforme à l'état de la connaissance stockée.

Avec cette analyse de l'acquisition d'une procédure, l'ensemble des diverses composantes de la pratique échiquéenne de l'enfant a été abordé dans les deux chapitres précédents.

Le point constant de l'ensemble des travaux rapportés ci-dessus est qu'à travers l'analyse des composantes cognitives de l'activité de haut niveau qu'est le jeu d'échecs l'hypothèse est posée de l'existence de rapports entre les habiletés recrutées et les aptitudes ou capacités générales d'un sujet.

Conclusion

L'inventaire exhaustif des habiletés recrutées est aujourd'hui connu et étayé. Il a permis, entre autres, d'aider fortement à la définition de l'expertise dans un domaine spécifique.

Pour autant la question de la spécificité des capacités et habiletés développées par l'expert et sa transposition à d'autres domaines reste non tranchée. Certains travaux attestent d'une part possible de transfert, d'autres concluent en sens inverse.

Cette question prend un relief particulier s'agissant de la pratique par l'enfant d'une discipline, les échecs, dont on pressent intuitivement et observe pragmatiquement que les qualités qu'il développe pourraient voir leur bénéfice s'appliquer à d'autres domaines, notamment les matières traitées par les programmes scolaires.

Nous avons mentionné la très grande rareté des travaux dédiés à cette question. L'objet de notre recherche est d'approfondir la nature des composantes cognitives développées chez l'enfant par la pratique des échecs et, au vu de la nature de celles-ci, de vérifier si un apprentissage prenant en compte ces caractéristiques peut créer les conditions d'une meilleure transférabilité.

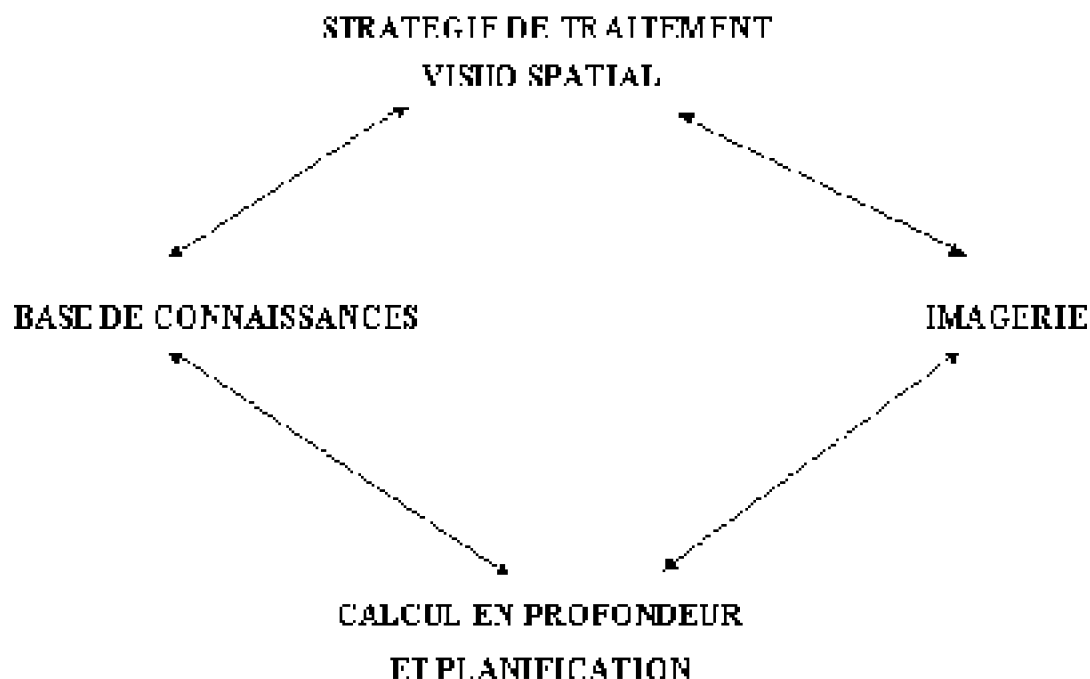
Pour ce faire, deux étapes préalables nous sont apparues prérequis.

D'une part, nous avons considéré nécessaire, avant de définir un modèle possible de transfert, de faire le point sur l'état de la littérature traitant des concepts fondant celui-ci. Ce sera l'objet de notre deuxième partie.

D'autre part, nous avons voulu vérifier de façon expérimentale si la pratique apportait un avantage pour la réalisation de tâches non-échiquéennes, attestant en cela d'un transfert d'habiletés. C'est l'objet de la troisième partie que de rendre compte de ce premier plan expérimental.

2^{ème} Partie Problématique du transfert métacognitif

L'analyse des différentes études portant sur le jeu d'échecs en psychologie cognitive présentée dans notre première partie nous a permis de dégager les habiletés cognitives principalement en cause dans la pratique des échecs, que nous résumerons dans le schéma ci-dessous autour de quatre pôles : l'organisation de la base de connaissances en mémoire à long terme, le traitement visuo-spatial des pièces dont, singulièrement, le potentiel de mouvement, la combinatoire des variantes par une capacité d'exploration et de calcul en profondeur associée à la conduite d'une stratégie ; ces deux dernières composantes supposant une fonction d'imagerie mentale, toutes opérations d'exploration et de calcul étant mentales du fait de l'interdiction de toucher les pièces avant de jouer le coup.



Nous avons expliqué en introduction que nous avons fait le choix de conduire un travail de recherche de nature expérimentale en construisant des protocoles destinés à valider les hypothèses de notre modèle de transfert des habiletés cognitives en cause dans la pratique des échecs.

Un premier plan expérimental aura pour but de vérifier si les habiletés formées par la pratique du jeu sont spécifiques au domaine échiquéen ou sont pour partie transférables à d'autres tâches non échiquéennes.

A travers ce plan expérimental, nous souhaitons répondre à la question de savoir si, pour la plupart des habiletés recrutées et développées par le jeu d'échecs, il y a transfert possible : pour le chunking visuo-spatial et la stratégie de catégorisation en vue de la mémorisation, aussi bien que pour le traitement des relations spatiales catégorielles, ou la planification, le calcul en profondeur et la résolution des conflits but/sous-but.

Il s'agit grâce à une série d'expériences d'apporter une réponse empirique sur la validité de notre hypothèse et, si transfert il y a, sur la nature de ce transfert et des processus mis en oeuvre au cours de celui-ci.

S'agit-il de traitements automatisés recrutables dans des tâches similaires ou isomorphes, dont le transfert s'opérerait de façon implicite et analogique ?

La question peut être posée, par exemple, pour la fonction du traitement visuo-spatial. Le regroupement en sous-ensembles des objets correspond-il à un simple transfert du traitement d'un système de coordonnées lignes-colonnes devenu familier avec l'usage de l'échiquier et d'une habileté de balayage visuel d'un champ, ou bien est-il la marque d'un début de mise en oeuvre de la pratique d'un encodage enrichi par indiçage des motifs constitués, pratique élaborée de façon explicite ?

S'agit-il de processus cognitifs conscients, d'ordre métacognitif, le sujet étant

conscient d'appliquer une méthode qu'il contrôle et évalue en temps réel par rapport à la performance attendue ?

Est-ce un simple transfert analogique par rapprochement de cas ou bien une dimension métacognitive est-elle impliquée, le sujet ayant le contrôle de la mise en oeuvre d'un cheminement dans l'espace-problème en une suite identifiée et élaborée de sous-étapes ?

Selon les réponses apportées, les conséquences seront d'une portée considérable au regard des deux interrogations fondant l'objet de notre recherche : l'apprentissage du jeu d'échecs est-il utile pour le développement des capacités métacognitives de l'enfant ; une didactique du transfert des habiletés recrutées est-elle possible ?

S'il s'agit de simple transfert analogique en situation de résolution de problèmes fondée sur la similitude des traits de surface voire sur la construction de schéma conceptuels appliqués à la famille de cas, alors nous restons dans le domaine spécifique des échecs et ceux-ci constituent une matière de plus au même titre que les autres.

En revanche, si nous pouvons établir la dimension métacognitive du transfert de ces habiletés, alors l'apprentissage et la pratique du jeu d'échecs peuvent être envisagées différemment dans un cursus éducatif.

Pour établir un premier plan expérimental ayant pour but de répondre à cette question, nous avons dû préalablement regarder dans la littérature ce que recouvrait et impliquait les notions de métacognition, de transfert et de didactique du transfert.

C'est cet examen que nous présentons dans cette deuxième partie.

Chapitre 5 Développement cognitif et capacités métacognitives

Le cursus scolaire a pour fonction définie par la société et les pouvoirs publics, l'acquisition de connaissances, de pratiques et de méthodes censées être utiles à la vie sociale et à l'insertion dans une activité professionnelle. C'est dire que le postulat explicite formulé à l'adresse de l'institution éducative est que ce qui sera appris à l'école sera utilisable d'une façon générale après que le sujet sera sorti de celle-ci.

Cette finalité affichée se trouve inscrite dans la description faite des curricula et des programmes par disciplines. A chacun des niveaux, les contenus de connaissances sont associés à des capacités en termes de méthodes. Comprendre, généraliser, raisonner, émettre des hypothèses sont autant de fonctions officiellement inscrites et visées à travers l'enseignement de tout corpus disciplinaire.

Ces fonctions recrutent elles-mêmes des mécanismes cognitifs simples ou de haut niveau. Résoudre des problèmes est une activité de haut niveau qui, quelle que soit la matière à laquelle elle s'applique, mobilise des habiletés cognitives. L'enseignement des mathématiques, par exemple, apprend à résoudre des problèmes dans plusieurs corpus

de connaissances, telles la géométrie ou l'algèbre, en faisant acquérir des méthodes de résolution, lesquelles peuvent être propres à chaque corpus ou partagées par des corpus proches.

La conduite et la maîtrise de ces méthodes sollicitent des capacités ou habiletés aussi diverses que les stratégies d'encodage et de récupération en mémoire, de mise en relation et d'association en base de connaissances des connaissances anciennes et nouvelles, d'étayage conceptuel de celles-ci pour en comprendre les relations et interactions... etc.

Ces habiletés, composantes majeures du développement cognitif du sujet scolaire, sont-elles intégrées au rang des apprentissages à apporter par l'intervenant ou bien sont-elles considérées comme une résultante, tel est le débat qui anime les communautés pédagogiques et institutionnelles.

Dans une structure éducative qui s'organise autour des disciplines, et malgré les recommandations faites dans les circulaires et programmes que le contenu doit être le support ou l'occasion de développer des méthodes, le risque est grand que le terrain du métacognitif ne soit pas placé au centre des apprentissages. Sans doute est-ce en grande partie lié au fait que la question de la pertinence d'une démarche se fixant pour objectif de construire et de développer des habiletés de transfert n'est pas tranchée.

Une analyse de la notion de transfert telle qu'elle a été définie en psychologie cognitive est le préalable nécessaire à l'examen des capacités métacognitives. Ainsi pourra-t-on mieux situer le plan auquel se situe le transfert de capacités métacognitives par opposition avec le transfert analogique de connaissances.

Nous pourrons ensuite, dans une deuxième partie de ce chapitre, présenter les composantes du métacognitif et l'architecture métacognitive telle qu'elle se développe chez le sujet d'âge scolaire et aborder en un troisième temps l'un des domaines d'application privilégié de la métacognition, celui de la résolution de problèmes, domaine auquel les échecs peuvent servir de modèle en ce qu'ils posent un seul et unique problème : comment faire échec et mat au Roi adverse, (ce qui n'enlève pas la complexité de la tâche).

1 – Développement cognitif et capacités métacognitives

L'observation empirique de situations d'apprentissage aussi bien que l'analyse des modèles d'apprentissage de nouvelles connaissances ou savoirs témoignent de l'importance des phénomènes de transfert de connaissances tout au long du développement cognitif de l'enfant. Le sujet qui apprend utilise constamment, de façon implicite ou réfléchi, ses connaissances, pratiques et méthodes antérieures.

Cette évidence doit être prise en compte par l'intervenant qui conçoit et met en oeuvre l'apprentissage. Dès lors qu'il sait que le sujet sera naturellement enclin à ré-utiliser ce qu'il aura appris dans des domaines voisins, l'enseignant sera contraint ou trouvera opportun d'intégrer dans son intervention ce processus de transfert d'un double point de vue.

Il pourra d'abord se servir des similitudes entre connaissances pour faire transposer de façon analogique les connaissances apprises antérieurement. Par la découverte des propriétés des connaissances, le sujet-apprenant accède progressivement à un degré de généralisation de celles-ci. C'est le transfert analogique fondé sur des éléments communs entre source et cible utilisé couramment.

Il pourra secondement aider le sujet-apprenant à analyser la manière dont celui-ci conduit son travail afin qu'il voit ce qu'il fait et comprenne l'utilité du recours à une méthode réfléchie, délibérée et auto-contrôlée. C'est le transfert métacognitif. Terrain sur lequel il est plus rare que puisse se situer l'intervention.

Nous avons indiqué en introduction que nous avons fait le choix délibéré de nous intéresser, à titre principal, à cette seconde forme de transfert dans notre recherche. Nous commencerons par examiner le statut du transfert en psychologie cognitive avant de définir plus avant la nature des capacités métacognitives.

11 La notion de transfert en psychologie cognitive

Deux séries de considérations générales sur le transfert peuvent être évoquées.

Il y a d'abord tout ce qui touche au sujet. Il y a deuxièmement les éléments caractérisant la tâche elle-même, et les relations entre la situation servant de source et celle servant de cible au transfert.

11-1 Variables relatives au sujet

S'agissant des sujets, on peut observer que la préoccupation dominante a longtemps été de rechercher si la capacité au transfert caractérisait tous les sujets indistinctement ou était spécifique à certains sujets.

Les protocoles expérimentaux témoignant du transfert ont longtemps porté sur des sujets adultes et chez les sujets d'un niveau scolaire primaire et secondaire. Certains auteurs avançant l'hypothèse que l'accès à ses connaissances et la flexibilité d'usage de celles-ci n'était pas caractérisé chez le jeune enfant (Brown & Campione, 1976). Mais d'autres auteurs se sont attachés à démontrer que le transfert intervenait très tôt chez l'enfant. Crisafi et Brown (1986) ont mis en évidence que des enfants âgés de deux à quatre ans étaient capables d'associer deux connaissances apprises pour atteindre un but, tout comme ils étaient capables d'identifier la similitude entre problèmes présentant des traits de surface différents mais ayant la même structure logique. Elles ont également clairement démontré qu'une aide apportée faisant ressortir les similitudes facilitait le transfert entre problèmes. Dans cette ligne de travail, nombre d'études ont conforté l'idée que la capacité au transfert était précoce, pour autant que certaines conditions de l'environnement de l'apprentissage fussent présentes (Brown & Kane, 1988 ; Kreutzer, Leonard & Flavell, 1975 ; Wellman, 1977b).

*** Néanmoins, cette aptitude précoce est-elle également accessible à l'ensemble des sujets, ou n'est-elle le fait que de certains d'entre eux ?**

Les recherches sont nombreuses, qui apportent une réponse nuancée à cette

question. Confrontés aux mêmes situations de transfert, tous les sujets ne manifestent pas la même capacité.

Brown et Campione (1986) ont mis en évidence que les sujets qui transfèrent le mieux au plan analogique sont ceux qui ont les meilleures aptitudes métacognitives. Les sujets qui transfèrent le mieux, relèvent Cavanaugh et Borkowski (1979), sont ceux qui ont des aptitudes métacognitives préalables à l'expérimentation qu'ils conduisent, et ceux qui sont plus performants dans l'aptitude à ré-élaborer leur stratégie en fonction du feed-back reçu sur leurs performances (Melot & Corroyer, 1986). Les meilleurs 'transfèreurs' (Mendelsohn) présentent des capacités d'analyse, de planification de la séquence initiale d'investigation de l'espace-problème, et d'auto-évaluation de leur conduite de la tâche d'une part, et de l'appréciation de l'efficacité de leurs méthodes en fonction des résultats d'autre part. Autant d'éléments caractéristiques du savoir métacognitif comme nous allons l'analyser plus avant. Chez ces sujets, le temps consacré à la première phase d'analyse de l'énoncé est plus long, ils commencent leur tâche plus lentement que les moins bons 'transfèreurs' mais parviennent plus souvent à la résolution. Ils sont capables au cours de la tâche de changer de méthode, sans pour autant passer de l'une à l'autre sans arrêt de façon aléatoire.

Ces observations expérimentales soulèvent un assez grand nombre de questions sur les mécanismes qui sous-tendent ces différences.

De quelle nature sont les capacités métacognitives qui semblent prévaloir dans l'aptitude au transfert ?

Ces aptitudes au transfert sont-elles susceptibles d'être favorisées par l'intervenant ?

Telles sont les questions auxquelles nous nous proposons d'apporter des éléments de réponse au cours de cette deuxième partie.

11-2 Variables relatives à la tâche

Les travaux sur le transfert analogique ont clairement permis de dégager deux catégories de facteurs : l'importance de la similarité entre problème source et problème nouveau auquel le sujet tente d'appliquer ce qu'il a appris de la résolution initiale, et la forte corrélation entre le degré de difficulté de la tâche et la probabilité du transfert.

*** La proximité entre les deux situations tâches est la première variable.**

La nature ou la métrique de l'isomorphie peut varier et l'on distingue deux notions : d'une part les traits de surface, d'autre part la similarité de structure. Lorsque les éléments matériels du problème sont très proches dans leur identité et dans leur présentation, le transfert est plus aisé que dans les cas où une certaine distance existe entre ces deux critères d'identité et de forme. Dans l'hypothèse où il y a distance entre les deux problèmes, le transfert analogique peut s'exercer par le recours à la construction d'un schéma abstrait bâti à partir du contexte initial de l'espace problème et du principe de résolution (Gick & Holyoak, 1983).

Distance et ressemblance sont par conséquent **les deux variables principales** pour tous les transferts à l'intérieur d'un champ de connaissances ou d'un même corpus.

Si la tâche cognitive est complexe, le sujet connaîtra des difficultés à identifier un contexte antérieur dont il pourrait transférer les propriétés et un schéma de résolution. Une **phase de décontextualisation** est nécessaire, laquelle sera plus ou moins facile selon que la spécificité du contenu rendra aisée ou non la prise de distance gommant l'effet de contenu du problème source. Le processus de résolution rendra vraisemblablement obligatoire une évaluation par le sujet de la structure du problème et une entrée dans une séquence d'investigation lui permettant de définir l'énoncé et d'identifier une stratégie possible.

Il se produira alors un glissement d'une forme de transfert vers une autre, de l'analogique vers le métacognitif.

12 Éléments constitutifs des capacités métacognitives

La métacognition n'est pas un processus unitaire, elle recouvre diverses composantes. Les travaux de recherche entrepris depuis plus de vingt ans ont permis d'approfondir le territoire conceptuel ouvert par Flavell. Dès 1971, Flavell introduit le terme de **métamémoire** pour évoquer les processus d'organisation et de contrôle des contenus de la mémoire. Puis, en 1979, il observe que ce niveau ne saurait être spécifique à la seule mémoire mais concernerait les diverses facettes de la connaissance ; il propose alors le concept plus général de **métacognition pour définir la connaissance qu'un sujet a de son propre fonctionnement cognitif**.

Ce concept de métacognition recouvre en fait **deux réalités distinctes**.

Il y a premièrement, la **capacité de savoir** ou de ressentir, dans la mesure où ce phénomène peut être largement implicite voire automatique, **à quel moment une stratégie doit être mise en oeuvre** ; ce que Flavell appelle métamémoire procédurale. Il y a **deuxièmement** la métamémoire déclarative, laquelle concerne **la connaissance délibérée et explicite que le recours à une stratégie plutôt qu'à une autre risque d'être plus performant pour une situation ou une tâche dans un contexte donné**.

Plus tard, Flavell (1977) proposera la distinction entre connaissances métacognitives et expériences métacognitives. Les unes aideraient à la compréhension de nouvelles connaissances, les autres à la mobilisation d'une capacité de contrôle durant la tâche afin de changer de méthode ou de stratégie pour mieux tenir compte de l'avancement positif ou négatif dans la tâche.

12-1 Les concepts venus éclairer les diverses composantes du métacognitif

Brown (1987) et d'autres auteurs, ont approfondi la **composante procédurale** et analysé les processus de régulation dans les tâches complexes et le monitoring. Puis, la **composante conditionnelle** de la connaissance métacognitive a été étudiée par Paris et al. (1986), afin de rendre compte des raisons pour lesquelles un processus métacognitif avait été mobilisé. Ainsi avait-on balayé en un premier volet de recherches le champ couvert par les quatre questions relatives au métacognitif : quoi, comment, pourquoi et quand.

Certains travaux plus récents (Borkowski, 1995 ; Pressley, 1995) ont mis l'accent sur

le fait qu'il est vraisemblable que ces **processus** soient **interactifs**, mouvants et **évolutifs**, parce que liés aux étapes du développement de l'enfant dans telle ou telle activité. Et, sur ce point, il est plus probable que les évolutions se fassent par interactions complexes et connexionnistes avec propagation de patterns (Siegler, 1997), plutôt que par franchissements étape par étape des niveaux de développement piagétien. Le modèle de développement serait donc très interactif et diversifié, multidimensionnel et asynchrone.

Une seconde grande évolution conceptuelle a vu les auteurs distinguer les notions de **connaissances métacognitives** et d'**habiletés métacognitives**. Les connaissances métacognitives portent sur le contenu des connaissances déclaratives, **le quoi**, alors que les habiletés métacognitives traitent des procédures et moyens de contrôle de ce que le sujet est en train de faire dans la tâche, **le comment** (Veenman, 1999). Les habiletés métacognitives incluraient ainsi pour partie la notion de connaissances procédurales y ajoutant, toutefois, un **volet auto-régulation de la conduite de la tâche en fonction des expériences vécues antérieurement et des évaluations mémorisées de l'efficacité des stratégies de résolution** adoptées précédemment. Selon certains auteurs, l'acquisition de ces habiletés pourrait être largement implicite (Reder, 1996).

Cette distinction est étayée par de nombreuses recherches expérimentales dans le domaine des stratégies d'apprentissage. Ainsi Veenman et al. (1992, 1993, 1997) ont-ils mesuré la part des habiletés métacognitives dans l'apprentissage par des **novices** de corpus très variés – géographie, physique, statistiques, psychologie – et **le caractère prédictif de ces habiletés métacognitives pour les performances dans l'apprentissage**. A l'opposé, chez les sujets **experts** d'un domaine, les habiletés métacognitives seraient très liées au domaine et dépendantes de celui-ci, et beaucoup moins générales (Glaser & Chi, 1988). En d'autres termes, la spécialisation entraînerait par corollaire un enfermement de l'expert et une déconnexion de son corpus de savoir des autres domaines rendant de moins en moins transférable celui-ci ; ceci s'accompagnerait d'une deuxième conséquence, l'appauvrissement des habiletés métacognitives. La routine et la spécialisation seraient en cela très destructrices : « **routine kills intelligence** » (Veenman, 1999) selon un schéma non ambigu, comme l'illustre la Figure 34.

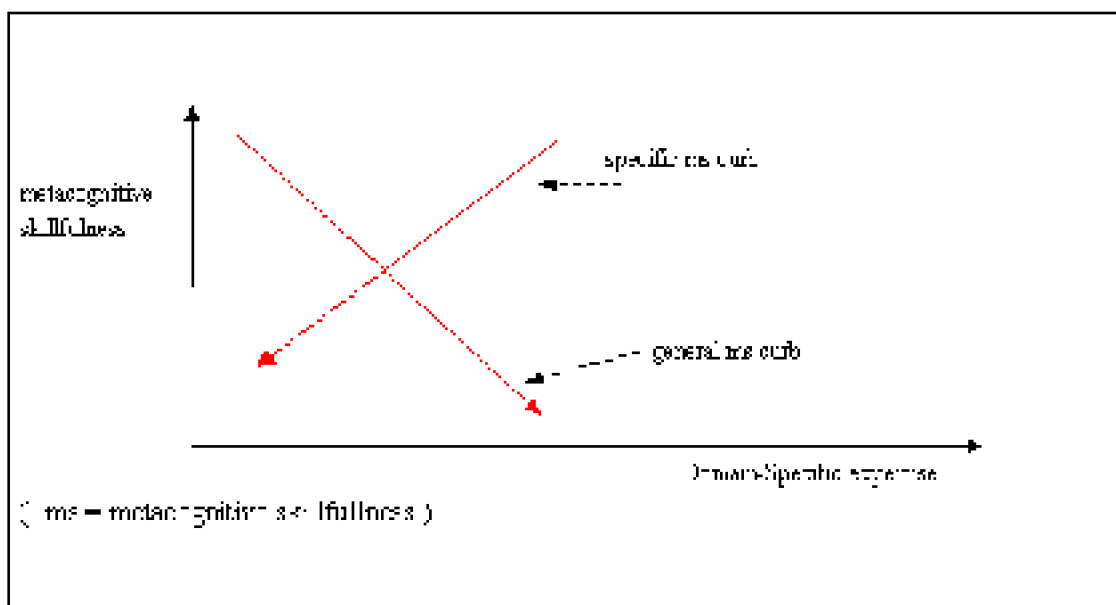


Figure 34 : Schéma des relations entre habiletés métacognitives et expertise domain-specific (d'après Veeman, 1999).

Sur cette figure on voit clairement que plus il y a expertise, moins il y a recours au métacognitif, l'expert qui a automatisé n'a plus à réfléchir. Mais Veeman et Elshout (1999) atténuent ou complètent leur schéma en mettant en évidence la corrélation entre les habiletés métacognitives et le niveau d'intelligence, ce qui permet aux sujets ayant le meilleur niveau d'intelligence d'apprendre très vite un domaine spécifique de connaissances nouvelles : les experts ne seraient pas immanquablement inscrits dans cette courbe dangereuse de la spécialisation !

12-2 Les travaux récents sur les interactions entre mémoire de travail et capacités métacognitives

Brainerd (1983) affirme que le développement cognitif de l'enfant peut, en fait, être ramené à la seule question du développement de sa mémoire. Dans cette même approche, Kyllonen et Christal (1990) considèrent que les aptitudes cognitives en matière de raisonnement et de résolution de problèmes sont principalement une conséquence du développement de la mémoire de travail.

A l'opposé de cette tendance, et dans la lignée de Flavell (1979), nombre d'auteurs privilégient la piste de la part prépondérante des capacités métacognitives dans le développement des capacités de l'enfant en résolution de problèmes et dans les processus d'apprentissage (Brown, 1987).

Certains auteurs, enfin, retiennent un point de vue de synthèse entre ces deux attitudes de prépondérance d'une dimension sur l'autre, et préfèrent mettre l'accent sur les **interactions entre les deux composantes mémoire de travail et capacités métacognitives**. Après Siegler et Jenkins (1989), Bjorklund (1990) et Schneider (1990)¹ ont établi expérimentalement que les stratégies cognitives suivies en résolution de

¹ Le modèle de Schneider fera l'objet d'un examen approfondi plus avant.

problèmes dépendaient des interactions entre mémoire de travail et capacités métacognitives.

Si la mémoire de travail est nécessaire pour la capacité à résoudre des problèmes de difficulté croissante, la faculté de construire de nouvelles stratégies pour faire face à de nouveaux problèmes dépendrait, elle, de la mise en oeuvre de processus et de capacités métacognitifs (Roberts & Erdos, 1993).

Une partie des travaux met l'accent sur le **caractère évolutif des interactions** entre mémoire de travail et capacités métacognitives dans la construction des processus cognitifs en résolution de problèmes. L'intérêt de cette approche pragmatique tient à la prise en compte du facteur apprentissage. Dès que la pratique intervient dans une tâche, il est concevable que ce qui doit mobiliser la mémoire de travail pour la conduite de la stratégie suivie puisse être pour partie et progressivement procéduralisé ou automatisé, libérant ainsi de la mémoire vive (selon la métaphore de l'informatique). En résolution de problème par exemple, les ressources disponibles ne sont-elles pas allouées préférentiellement au contrôle de l'élément-but de la stratégie poursuivie et à la combinatoire optimisée des composantes de la stratégie ? (objectifs et sous-objectifs, délai, méthode-planification, allocations des moyens les plus appropriés, obstacles et concurrents ou contradictoires attendus ou inconnus).

Ceci permet un meilleur **auto-contrôle de la stratégie** conduite durant la tâche, grâce à l'intervention nouvelle de capacités métacognitives, en interaction avec la mémoire de travail désormais non saturée (Shatz, 1978). Une telle approche constitue la base des processus dans les modèles d'apprentissage (Case, 1985).

Whitebread (1999) rapporte la mise en oeuvre d'une telle interactivité entre mémoire de travail et connaissances métacognitives dans une tâche de reclassification (selon le paradigme de Inhelder & Piaget, 1964) chez des enfants de 5 et 6 ans. L'auteur constate également une variation dans les stratégies suivies entre les sujets de 5 et 6 ans. Les sujets de 6 ans mobilisant des connaissances métacognitives pratiquaient des stratégies descendantes² (Inhelder & Piaget, 1964) recrutant peu la mémoire de travail ; leurs performances dans la tâche étaient en conséquence peu corrélées avec la mémoire de travail. A l'inverse, les sujets de 5 ans, qui recouraient à des stratégies ascendantes³, lesquelles saturaient la mémoire de travail et en conséquence ne mobilisaient pas de connaissances métacognitives, voyaient leur performance fortement corrélée à la mémoire de travail. Dans une deuxième expérience, Whitebread (1999) utilise une tâche non plus de reclassification mais de discrimination multidimensionnelle s'inspirant du paradigme des deux jumelles de Kemler (1978). L'auteur établit un rapport significatif entre capacités métacognitives et résultats dans la tâche, le niveau "méta" de la stratégie de contrôle étant statistiquement prédictif des performances et éminemment proportionnel à l'âge des sujets.

² Stratégie descendante : l'enfant part d'une dichotomie générale puis au niveau inférieur constitue des sous-ensembles, cela jusqu'au niveau le plus fin.

³ Stratégie ascendante : l'enfant part du rang le plus bas de classification puis, pas à pas, regroupe par catégorie et supra-ordonne les regroupements.

Schneider et Pressley (1997) ont recensé le nombre d'études dans lesquelles cette corrélation entre mémoire de travail et capacité métacognitive était rapportée, concluant que cette interaction est prédominante, mais très fluctuante, en ce qu'elle ne semble pas corrélée à un continuum développemental, c'est-à-dire qu'elle peut varier selon les tâches et les âges.

Plude, Nelson et Scholnick (1998), pour leur part, font état des nombreuses études dans une approche développementale utilisant le modèle de Nelson et Narens (1990) d'analyse chez l'adulte du monitoring et du contrôle de la mémoire dans les tâches d'acquisition et de récupération.

English (1992) a apporté la démonstration du caractère précoce de cette intervention du métacognitif par la construction d'une stratégie, en mettant en lumière la part jouée par l'utilisation d'une stratégie, dès lors que celle-ci a été explicitée au cours de la tâche, dans la conduite d'une résolution d'un problème simple de mathématiques chez des enfants de 4 ans.

Toutes ces études justifient d'examiner maintenant de façon plus approfondie la question des interactions entre mémoire de travail et capacités métacognitives.

12-3 Modèle de la dynamique des interactions entre mémoire de travail, capacités métacognitives et contrôle des stratégies dans les tâches complexes

Nous avons essayé de figurer sous la forme d'un schéma d'ensemble (figure 35) cette question de l'interactivité entre capacités métacognitives, mémoire de travail, nature du contrôle de la stratégie suivie et niveau de performance, suivant le degré de complexité d'une tâche de résolution de problèmes.

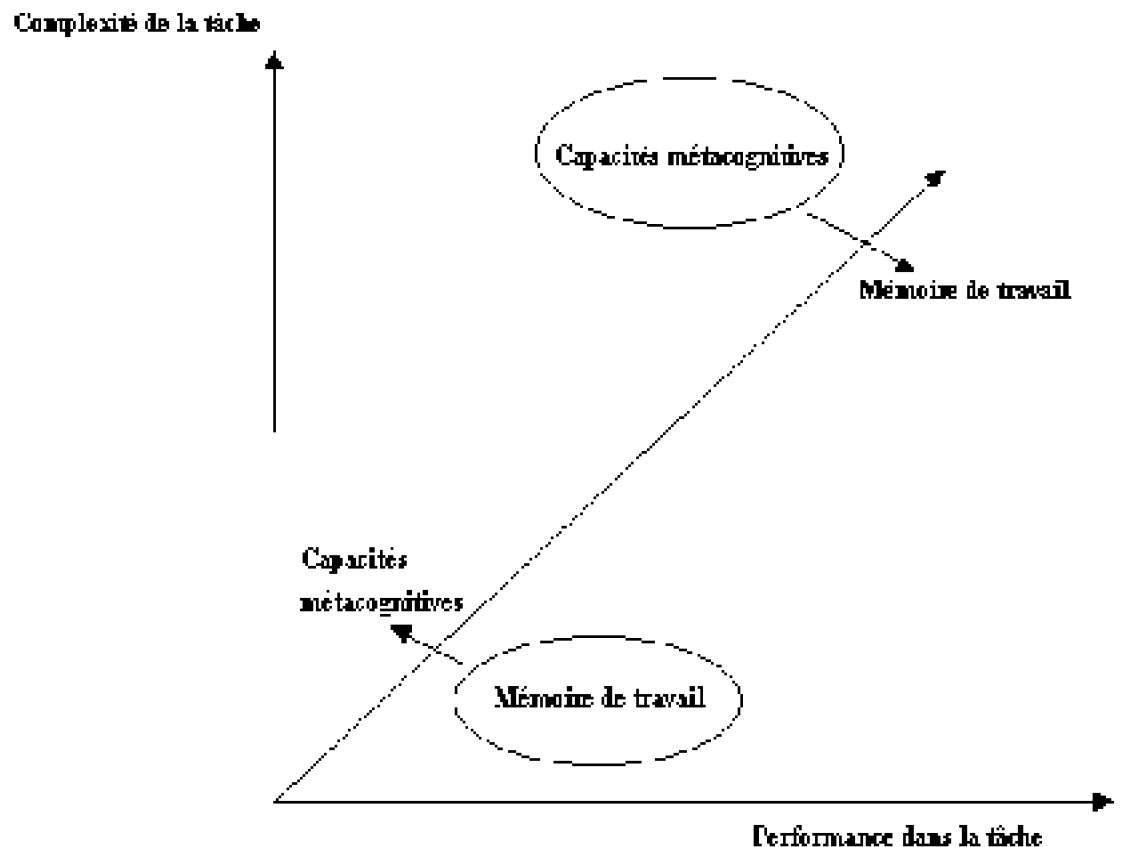


Figure 35 : Modèle de la dynamique des interactions entre mémoire de travail, capacités métacognitives et stratégie de contrôle de la tâche.

Les types de comportement dans la tâche dépendront de la combinaison des trois facteurs mémoire de travail, capacités métacognitives et stratégie de contrôle. La part relative du facteur capacités métacognitives est prédictive du niveau de la performance future, en ce qu'elle libère proportionnellement une part plus grande d'autorégulation de la stratégie poursuivie durant la tâche ou d'un éventuel changement de stratégie au profit d'une autre plus efficace. Dans ce cas les sujets se trouvent dans les stratégies descendantes qui voient le métacognitif piloter la mémoire de travail et autorisent l'adaptation des stratégies suivies en fonction des résultats obtenus en cours de tâche. Selon les distinctions introduites par Nelson et Narens (1990), dans le cas où la mémoire de travail est accaparée par le factuel de la tâche (*basic or 'object level'*), le seul lien existant entre celle-ci et le niveau supérieur (*'higher order'*) ou métacognitif est appelé **monitoring**. Le monitoring consiste en une remontée d'informations sur l'objet de la tâche sans que les ressources de la mémoire de travail soient suffisantes pour dialoguer avec le niveau "méta" et pour rendre possible la mise en oeuvre des processus descendants d'aide au contrôle de la stratégie.

2 - Métacognition et développement cognitif

L'approche développementale cognitiviste a essayé d'apporter une réponse à la question

cardinale de la construction des processus cognitifs et métacognitifs chez l'enfant, à la fois du point de vue du moment de leur apparition, des étapes de leur consolidation et de la nature des processus mis en place.

21 Les modèles piagétiens

Le modèle des stades de développement de Piaget visait à rendre compte de la construction de **connaissances générales indépendantes du contexte, d'ordre logico-mathématiques**, et posait le principe d'une correspondance entre ces **stades** et l'âge des sujets. Très vite ce modèle n'a pas permis d'expliquer les « **décalages** » de construction des connaissances, certaines s'installant plus vite que d'autres, que le modèle piagétien réputait pourtant de même ordre car référant à des opérations mentales similaires. De même, ce modèle ne donnait-il aucun argument solide pour expliquer les « effets de contenu », qui modifient les attitudes et performances des sujets selon les contextes et la variété des problèmes référant pourtant aux mêmes structures logico-mathématiques.

Quittant l'orientation logiciste, l'école piagétienne est passée à un système explicatif plus fonctionnaliste (Inhelder & Cellier, 1962). Opposant structure et procédures, les néo-piagétiens distinguent une activité procédurale liée à la logique de l'action et une activité structurale qui détermine les formes générales de la pensée. On ne parle plus de structure générale de connaissances logico-mathématiques correspondant à des stades de développement, mais de « **connaissances en fonctionnement dans des activités finalisées** ».

Cette nouvelle approche repose sur deux concepts, celui de modèle et celui de procédures. Le modèle, c'est le fait que le sujet en situation de résolution de problème se construit en mémoire de travail, un modèle mental ou interne qui le guide dans la mise en oeuvre de procédures de résolution. Il y a équilibration permanente entre le modèle et le résultat obtenu par une procédure. Il est clair toutefois que ce fonctionnalisme néo-piagétien reste très inspiré par la pensée structuraliste, quels que soient les habillages centrés sur le fonctionnement.

Puis, le modèle en escaliers d'étapes homothétiques à l'âge a dû laisser place à des modèles parlant de multiplicité de processus, lesquels seraient fortement influencés ou liés à des contextes ; de là sont apparus les concepts clés de décalages et de trajectoires, et de contextualisation.

22 Les modèles récents sur l'architecture cognitive

Les modèles récents d'architecture cognitive sont désormais plus **connexionnistes**, la question principale étant non plus la structuration des connaissances selon des niveaux plus ou moins abstraits mais leur fonctionnement en situation. Ils sont également **multidimensionnels**, le développement cognitif ne reposant plus sur un processus unitaire et linéaire fondé sur la substitution d'états, mais sur la pluralité de processus intervenant et se développant en parallèle et qui seraient liés à des situations et contextes spécifiques à chaque sujet, et surtout plus ou moins contrôlés par le sujet par la mobilisation de processus métacognitifs.

Ainsi **Reuchlin** (1978) postule-t-il que chaque sujet dispose d'un **répertoire de processus cognitifs** capables de remplir une même fonction dans la majorité des situations rencontrées. Son modèle comporte cinq propositions :

1. dans nombre de situations un sujet dispose de plusieurs processus cognitifs,
2. certains de ces processus sont plus facilement évocables, ce qui conduit souvent à ce qu'un seul soit activé,
3. la hiérarchie d'évocabilité des différents processus varie selon les sujets,
4. cette hiérarchie d'évocabilité peut changer selon les situations,
5. dans une même situation, tous les processus évocables ont une efficacité différente, laquelle dépend largement de l'expérience du sujet.

De par ce système de processus vicariants, l'individualisation des processus distingue fortement ce modèle des conceptions antérieures, tout comme l'idée que l'efficacité de ceux-ci sera largement dépendante du sujet et de la capacité de celui-ci à contrôler la stratégie suivie.

Lautrey (1990) dans son modèle pluraliste de développement cognitif ajoute quatre éléments au modèle de vicariance de Reuchlin :

1. plusieurs processus sont évocables et mobilisables en parallèle,
2. les pondérations des processus recrutés en parallèle peuvent être différentes selon les sujets,
3. il peut y avoir interaction de deux processus recrutés simultanément,
4. cette dynamique entre les deux processus recrutés et de poids différent est source de développement.

Enfin, reprenant la théorie du conflit cognitif entre une connaissance antérieure et la connaissance née de la situation nouvelle traitée, Lautrey postule que l'interaction engendre une dynamique auto-organisatrice, laquelle est l'une des bases du développement.

1. l'interaction est spécifique au sujet et, selon les périodes de développement, elle donne lieu à des chemins cognitifs différents de développement.

Ce dernier point libère du conflit ancien opposant Piaget et Bruner sur la genèse de la conservation (expérience princeps sur l'équivalence perçue des volumes de liquides selon la taille des récipients). C'est en effet l'interaction entre le traitement de l'évaluation des dimensions de la transformation et le traitement de l'identité quantitative de l'objet qui définit l'état du développement. Il n'est plus besoin de retenir le modèle à trois systèmes de représentations de Bruner (1964), qui voit le sujet passer de l'un à l'autre à diverses étapes de son développement – systèmes enactif, iconique et symbolique- .

On peut dégager de cette évolution au plan théorique trois conclusions au regard de notre objet de recherche.

Premièrement, l'accent mis sur le rôle de la mémoire de travail et sur les stratégies de traitement. Deuxièmement, l'importance pour le développement cognitif des facteurs de conflit cognitif et de leur résolution par la mise en oeuvre de phénomènes d'inhibition dans les situations contextualisées d'acquisition de connaissances. Enfin, la mise en évidence, grâce aux travaux sur les paradigmes expert-novices, qu'au cours du développement l'organisation et la structuration de la base de connaissances est une composante essentielle.

Ceci est illustré par les modèles de Pascual-Leone et de Case.

Pour **Pascual-Leone (1987), le développement de la mémoire de travail est la source principale du développement cognitif**. Pascual-Leone parle de capacité mentale liée à la maturation des zones du cerveau, évaluée en termes d'énergie mentale et constituant une sorte de réservoir de ressources organisées en schèmes. L'apport original de la recherche de Pascual-Leone porte sur l'évitement des situations-pièges (semblable au piège perceptif, dans le système iconique de Bruner, que constitue la hauteur du récipient d'eau dans l'expérience de conservation) par l'inhibition des « schèmes dangereux » (Piaget) utilisés habituellement dans des situations semblables. Cette **capacité d'inhibition** autorisant le recours à des stratégies contrôlées serait la vraie mesure du développement cognitif en ce qu'elle régule les conflits cognitifs apparus lors d'une tâche.

Case (1987a) parle, lui, non de capacité mentale mais de mémoire de travail, distinguant l'espace opérationnel et l'espace de stockage. L'efficacité du premier dépendrait à chaque stade de développement de l'état du cortex préfrontal, et l'accroissement de ses performances, notamment de la vitesse, libérerait autant de ressources pour la fonction stockage. Ceci permettrait, quand tous les processus caractéristiques du stade de développement sont efficaces, de passer à un stade suivant. Case, comme Anderson, accepte le concept d'expérience grâce à laquelle s'acquiert une vitesse et une automaticité des processus. C'est cette expérience qui construit et organise la base de connaissances autour des contextes d'acquisition ou de modification.

Dans cette conception, la résolution de problèmes n'est plus le résultat de l'application de règles logico-mathématiques mais dépend de l'activation de connaissances contextualisées, et au nombre de ces connaissances figurent les composantes de la métamémoire formée par l'expérience.

3 - Capacités métacognitives et résolution de problèmes

C'est surtout en résolution de problèmes que les travaux sur la métacognition ont été les plus nombreux, compte tenu du fait qu'il s'agit d'une activité de haut niveau cognitif qui recrute plusieurs capacités : le raisonnement hypothético-déductif, probabiliste ou inductif, la planification, la stratégie et l'inhibition. Ajoutons que la résolution de problèmes étant au coeur de la formation scolaire, elle constitue naturellement un sujet privilégié d'étude en psychologie cognitive développementale.

Résoudre un problème, c'est parvenir à un but qui n'était pas immédiatement compréhensible à la seule lecture des données de l'énoncé en appliquant diverses opérations mentales aux données.

S'interroger sur la capacité à résoudre les problèmes c'est immédiatement poser la question de l'étendue de cette capacité de résolution en termes de généralisation d'une compétence avérée pour un problème à une famille donnée de problèmes, puis de généralisation à d'autres types de problèmes grâce à un transfert représentationnel. C'est, en d'autres termes, se poser la question suivante : les compétences en résolution de problèmes sont-elles universelles et applicables d'un type de problème à l'autre, et ce dans quelles conditions, ou bien ces capacités sont-elles spécifiques sans qu'il n'y ait de transfert possible au-delà d'une généralisation analogique aux problèmes très proches du problème-source?

Pour mieux appréhender le champ que recouvre cette interrogation, il est utile de rappeler succinctement la typologie admise le plus couramment en résolution de problèmes. Classifier les catégories de problèmes, en effet, aide à mieux appréhender les compétences requises pour les résoudre.

31 - Taxonomie des problèmes

Une classification des types de problèmes a été faite en fonction des compétences requises pour les résoudre, Greeno (1978) suggérant trois types de problèmes : les problèmes d'arrangement, ceux d'induction de structures, enfin ceux requérant une transformation d'un état initial pour parvenir à un état-but.

* Les problèmes d'arrangement

sont ceux qui nécessitent de ré-arranger des éléments pour satisfaire un critère spécifié.

Appartiennent à cette catégorie les anagrammes : il s'agit de ré-arranger des lettres afin de constituer un mot : ainsi les lettres S.H.E.C.E.C constituent le mot ECHECS. Pour cela il faut être capable de produire beaucoup de solutions partielles et de les abandonner aussitôt si la condition (constituer un mot existant) n'est pas satisfaite. La recherche peut être rendue plus performante si le sujet dispose de connaissances préalables et sait comment et pourquoi y recourir, telle que par exemple la fréquence relative des voyelles, ce qui lui facilite la constitution de sous-ensembles et augmente la performance de productions d'appariements de syllabes. On peut citer également les problèmes du type

de celui décrit par Kohler (1925) où il s'agit de réarranger des objets (caisse, corde, bâton) disposés dans une pièce d'une certaine manière en une nouvelle structure pour atteindre le but, à savoir des bananes placées hors de la portée du chimpanzé. Dans ce type de problème, la succession de tentatives de nouveaux arrangements conduit souvent à la découverte soudaine de la bonne structure : ce type de problèmes tient par conséquent moins à la rigueur d'un raisonnement logique qu'à la capacité à faire défiler des suites de combinaisons jusqu'à ce que l'une satisfasse au but. On est donc peu souvent dans une démarche métacognitive mais plutôt proche de la théorie de *l'insight* de la Gestalt. La preuve qu'il s'agit souvent d'algorithmes aléatoires a été apportée par diverses expériences dans lesquelles les sujets doivent à intervalles réguliers déclarer s'ils considèrent être proches de la solution ou non. Dans des problèmes de type anagrammes aucune corrélation n'était faite entre la solution et la déclaration, alors que dans des problèmes où le raisonnement intervenait plus, les corrélations augmentaient avec l'approche de la solution (Metclafe, 1986b). Dans ce type de problème, la capacité de résolution est fortement influencée par la rigidité des représentations sémantiques fonctionnelles des éléments à ré-agencer : on ne voit un objet que dans sa fonction première du propre usage que l'on en fait, ce qui empêche de voir une fonction différente et accessoire mais qui aiderait à définir un autre type de relations entre les objets. Le détournement d'objets propre à la création artistique perturbe la vision de celui qui est habitué à la mono-fonctionnalité (cf. les bougies de Duncker, 1945).

* Les problèmes d'induction de structures

sont ceux qui nécessitent de trouver la nature de la relation qui unit une série d'éléments.

Ils recrutent donc plus couramment des processus métacognitifs.

Ceci correspond à des problèmes du type extrapolation de séries dans lesquels il s'agit de compléter une série en comprenant la nature des relations entre les nombres déjà affichés : 1 2 8 3 4 6 5 6 Appartiennent à cette classe de problèmes, la plupart des problèmes de raisonnements propositionnels, tels que les énoncés « A est à B ce que B est à D ». Ainsi dans le problème « Washington est à 1 ce que Lincoln est à ... », on a le choix pour compléter la phrase entre 10 ou 5. Pour trouver la bonne réponse, il convient dans un premier temps d'établir le lien ou les liens existant entre Washington et 1. Deux possibilités apparaissent : la relation entre l'ordre dans la liste des présidents américains, Washington ayant été le premier, et la relation entre billets de banque et présidents, Washington ayant son effigie sur le billet de 1 \$. Si l'on retient la relation monétaire, on répond 5 puisque le portrait de Lincoln figure sur les billets de 5 \$. Si l'on retient la relation "ordre" sur la liste des présidents américains, on est tenté de répondre 10, pensant que Lincoln a été président bien après Washington. A défaut de connaître la réponse à la deuxième relation, le sujet choisit celle dont il a pu vérifier la validité.

Dans ce type de problèmes analogiques, le processus de résolution se compose de quatre étapes dont certaines recrutent une capacité métacognitive : la caractérisation ou **l'encodage des attributs** des éléments de l'énoncé : qu'est-ce que Washington ? Puis, **l'inférence** pose la nature de la relation pouvant exister entre l'élément de la première proposition Washington et l'élément de la seconde proposition le nombre 1. L'étape 3 vise

à **mettre en correspondance** les deux composantes du problème Washington et Lincoln d'une part et les nombres 1 et 5 d'autre part. Les deux personnages ont été présidents, la relation potentielle entre les deux serait donc l'ordre dans la liste de ceux-ci. Mais une autre correspondance peut être établie celle des billets de banque. Les données sont alors rassemblées pour opérer **le choix** de l'analogie qui paraît la plus vraisemblable ou la moins risquée. On est proche du modèle de Sternberg (1977) du raisonnement analogique : encodage, inférence, mise en correspondance, application.

Comme l'ont montré Sternberg et Gardner (1983), des corrélations existent entre la capacité à résoudre les problèmes de type induction de structures et mécanismes métacognitifs. Ainsi dans l'exemple précité **l'inférence** seule n'est pas suffisante, elle **doit s'inscrire** dans la construction d'un **modèle de mise en correspondance** entre les deux ordres de relations d'où sera déduite une hypothèse sur la relation la plus probable dans le cas ponctuel. On doit également mentionner au titre des problèmes d'induction de structures, la plupart des matrices composées à partir de relations abstraites entre éléments dont il faut compléter la série en choisissant entre plusieurs solutions de complètement proposées, comme par exemple les *Raven Progressive Matrice tests* (1962).

Dans ce type de problèmes, la nature des relations est abstraite et la mise en correspondance concerne de multiples facteurs ce qui mobilise la mémoire de travail dans ses composantes "calepin visuel" et "exécutif central" (Baddeley, 1974).

*** Troisième catégorie enfin, celle des problèmes de transformation ,**

qui nécessitent de changer un état initial grâce à une séquence d'opérations jusqu'à ce que celui-ci corresponde à un état-but.

Ce type de problème recrute principalement des **capacités de planification fondées sur une méthode « analyse fins-moyens » et des stratégies d'investigation d'un espace-problème**. C'est principalement cette catégorie qui met en jeu les capacités métacognitives. Et c'est dans ce domaine que les travaux des cognitivistes ont été les plus poussés au cours des décennies récentes en s'appuyant sur le travail pionnier de Newell et Simon (1958), la théorie de traitement de l'information et les modèles de simulation. On citera l'article princeps de Anzai et Simon sur les structures de buts appliqué à la tâche des Tours de Hanoi (1979).

Les modèles analyse fins-moyens bâtis autour de programmes informatiques simulant la résolution de problèmes par l'homme (le GPS de Ernst & Newell, 1969) ont mis en évidence deux aspects essentiels : le rôle de la mémoire et l'importance du découpage de l'espace-problème en sous-ensembles afin de circonscrire l'étendue des choix possibles et de cheminer vers la solution.

La performance en résolution de problèmes est très dépendante des capacités de la mémoire à court terme, de l'organisation de la mémoire à long terme et des méthodes d'accès à celle-ci. Si l'on retient le modèle de mémoire de travail d'Ericsson (1995), la mémoire de travail comporte à la fois la composante à court terme et ses limites, mais également les éléments de mémoire à long terme qui assurent la consultation des fichiers d'expériences voisines et des fichiers schémas de résolution ou de configurations. Ces

derniers sont récupérables en fonction de l'appréciation portée sur l'état d'avancement vers la résolution et sur l'efficacité évaluée en temps réel de la stratégie suivie. Appréciation qui est d'autant plus difficile que la démarche intuitive est de rechercher de nouveaux états intermédiaires plutôt que de revenir à des états déjà connus (Altwood & Polson, 1976) ce qui surcharge la MCT et suscite la tentation du sujet de la vider pour recommencer depuis le point de départ en évitant les choix précédents et, par corollaire, en augmentant les impasses.

32 - Théorie de l'espace-problème

Dans la généralité des cas, la résolution d'un problème suppose l'exploration de multiples chemins ou alternatives aux différentes étapes de l'avancement. Newell et Simon dans leur théorie postulent que résoudre un problème c'est passer par une suite d'états intermédiaires conduisant de l'état initial à l'état-but tout en satisfaisant à une série de contraintes ou règles. Ceci met en place les deux concepts clés que sont l'espace-problème et la **partition en but et sous-buts** d'une part, et la **satisfaction des contraintes** d'autre part.

Entre l'état initial et l'état-but s'étend l'**espace-problème**. A l'intérieur de celui-ci les changements d'un état à un autre se font en recourant à des opérateurs plus ou moins nombreux et en anticipant les états futurs pour valider le choix d'un opérateur entraînant tel ou tel changement d'état. La maîtrise d'une méthode de résolution nécessite une capacité à anticiper et à visualiser ces états intermédiaires (« **mental states** ») et à évaluer en permanence leur pertinence au regard de l'approche ou de l'éloignement de l'état-but. **L'analyse fins-moyens** qui est l'heuristique principale pour ces auteurs consiste en conséquence à constamment noter l'écart entre l'état intermédiaire obtenu et l'état-but, et à choisir un opérateur qui modifie l'état intermédiaire en le rapprochant le plus possible de l'état-but. Cette évaluation sera plus ou moins facilitée par l'existence ou non en mémoire à long terme de schèmes d'états intermédiaires, dont la récupération, aisée si la MLT est bien organisée, peut augmenter sensiblement la vitesse et l'ampleur de ces validations. La méta-mémoire joue donc un rôle essentiel pour l'avancement dans l'espace problème dans l'hypothèse où la bibliothèque de cas ou de schémas cognitifs est riche.

Les stratégies d'investigation de l'espace-problème recrutent elles aussi des capacités métacognitives multiples pour les diverses opérations :

de découpage en sous-buts (Catrambone, 1995) pour lequel le sujet doit être capable de formuler des étapes intermédiaires compatibles avec le but global,

de satisfaction de contraintes (Richard, Pointreud & Tijus, 1993), ce qui peut avoir pour effet de polariser sur le contenu et de créer un effet de contenu (Bastien, 1987) lequel, s'il n'est pas inhibé ou dépassé, rendra plus difficile la généralisation et le transfert,

de raisonnements par analogies (Gick & Holyoak, 1983) qui voient les sujets rapprocher le problème posé à un problème source traité préalablement et stocké en MLT, que celui-ci soit isomorphe ou distinct, ce qui oblige à recourir à la construction d'un schéma de convergence et de transfert de l'un à l'autre,

de constructions de diagrammes (Caroll, Thomas & Malhotra, 1980) qui, par la représentation graphique des éléments et structures sous-jacentes du problème, aident le sujet à piloter sa recherche,

ou de transferts représentationnels, et non plus analogiques, (Novick & Hemlo, 1994) qui voient un sujet utiliser des schémas représentationnels typiques (réseaux, arbres, ensembles sous-ensembles...) pour analyser et organiser la structure du problème.

Après la phase d'investigation ou exploratoire qui correspond à la compréhension du problème par le sujet, peut succéder une phase plus aisée de planification des actions en vue de résoudre le problème (Kotovsky et al., 1985), pour autant que les conflits surgissant en cours de résolution puissent être levés.

33 - Les conflits cognitifs en résolution de problèmes

Nous devons mentionner cette notion de conflit cognitif dans ce chapitre de la résolution de problèmes dans la mesure où les difficultés peuvent surgir dès l'origine du problème c'est-à-dire à la lecture de l'énoncé et dans l'interprétation des termes de celui-ci. Le sujet qui lit un énoncé le fait en s'aidant de son stock de connaissances, ce qui peut l'aider lorsque ce recours est délibéré et explicite. Il peut également recourir de façon implicite à ses connaissances préalables et ne pas déceler qu'il détourne tout ou partie des termes de l'énoncé et s'enferme dans un schéma présupposé le conduisant à une impasse.

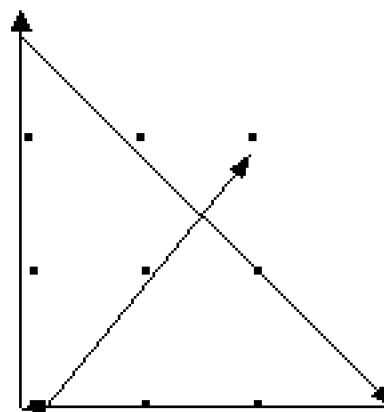
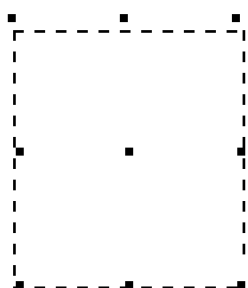
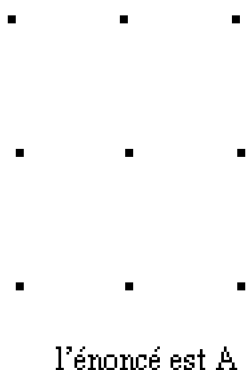
Il en est ainsi chaque fois que le sujet ajoute à l'énoncé un terme ou une contrainte qui n'y figure pas par une « **importation aveugle** » (Richard, 1990), ce qui le prive de la possibilité d'investiguer l'espace problème avec toute la liberté de recherche de solution nécessaire et utile. Un autre type de comportement tient, à l'inverse, à la **rigidité fonctionnelle** qui empêche de poser sous tous les angles un problème, ou tout simplement de trouver comment le problème peut être posé : c'est le cas de la famille des problèmes pour lesquels ce qui est en cause est précisément la question de savoir comment poser le problème afin d'entrer dans une recherche de solution.

Le classique cas des deux cordes (Maier, 1931) illustre la nécessité fréquente de **restructurer le problème**, c'est-à-dire de le poser différemment si l'on veut trouver une méthode de résolution. Attacher les deux cordes entre elles est impossible si le sujet imagine, après avoir saisi la première, tenter d'atteindre la seconde, laquelle restera hors de sa portée. Devant ce constat le sujet doit poser différemment le problème : comment rapprocher une corde, par quelle opération, ce qui le conduit à découvrir qu'il doit donner un mouvement de balancier à l'une des cordes afin que lors des mouvements il puisse atteindre le bout de la corde depuis sa position médiane une main agrippant l'autre corde. Il y a eu restructuration du problème, lequel n'était plus d'attacher les deux cordes mais

de créer un mouvement de balancier mettant à portée de main l'une des deux. Si cette transposition du problème n'est pas opérée du fait d'une rigidité fonctionnelle – la corde pend, il faut l'attraper tout en tenant la deuxième – il y a impasse.

On retrouve le concept de rigidité fonctionnelle (Duncker, 1926) évoqué dans le cas des bougies à accrocher au mur. Etre fixé sur la fonctionnalité première de la boîte d'allumettes - contenir les allumettes - rend impossible de voir qu'une fois vidée, la boîte peut servir de réceptacle à la bougie ; le problème restructuré devenant comment fixer au mur la boîte d'allumettes et non pas comment fixer au mur les bougies.

Le problème des neuf points de Scheerer (1963) illustre une autre forme de rigidité non pas dans la lecture fonctionnelle des objets mais dans la lecture de l'énoncé. Dans ce problème, il y a **déformation de l'énoncé initial** par ajout implicite de contraintes qui rendent insoluble le problème, ce qui conduit à un glissement de sens et à une impasse. Le sujet voit dans le graphe des neuf points un carré dans lequel il s'enferme pour tracer les quatre segments de droite auxquels il a droit pour relier les points sans lever le crayon. L'absence de conscience qu'une opération mentale est ajoutée par le sujet lorsqu'il lit l'énoncé le conduit à penser que la solution est impossible. S'il tente de comprendre comment il interprète l'énoncé par le questionnement des termes de cet énoncé - questionnement relevant typiquement d'un travail métacognitif - alors surgira la contrainte supplémentaire qu'il ajoute et dont il pourra sortir.



A est lu en ajoutant implicitement un carré la solution se trouve hors de ce carré

Cette notion de rigidité fonctionnelle est essentielle lorsque l'on examine les questions relatives au transfert car le même phénomène s'applique. Devant un problème nouveau, le transfert par analogie à un problème connu peut enfermer dans une impasse si une partie des termes de l'énoncé est différente, rendant nécessaire une transposition d'une structure de données initiale à une autre. Ceci a été mis en évidence dans le classique problème des jarres d'eau de Luchins (1959). Le protocole retenait deux groupes : un groupe expérimental qui se voyait proposer des problèmes dont la méthode de résolution était identique, un groupe contrôle à qui étaient soumis des problèmes à résoudre selon des méthodes différentes. Puis, les deux groupes étaient confrontés à un problème test pouvant être résolu soit par une méthode simple soit par la méthode plus complexe appliquée par le groupe expérimental. Lors de la résolution du problème-test, le groupe expérimental s'était attaché à résoudre le problème en recourant à la méthode plus complexe apprise, alors que le groupe contrôle avait immédiatement recouru à la méthode la plus simple. La fixation des sujets du groupe expérimental sur la méthode de résolution apprise les avait empêchés de voir qu'il existait une méthode plus simple.

L'ensemble de ces facteurs handicapant la faculté de fraîcheur du regard porté sur un problème met en évidence l'importance de l'étude et de la prise en compte des connaissances antérieures et des stratégies intuitives et implicites de manipulation des

données initiales d'un problème dans un sens plus facilitateur.

Cette prise en compte constitue l'une des tâches préliminaires à la construction d'une didactique d'un corpus. L'identification et la mise à jour en vue d'un rafraîchissement des réseaux sémantiques activés à la lecture de l'énoncé sont des points que nous devons aborder dans notre discussion générale sur la stratégie du transfert (cf. 6^{ème} partie) au vu de la théorie connexionniste de la connaissance

Chapitre 6 Métacognition et Transfert

Nous avons relevé en introduction de cette partie que le transfert de connaissances est l'un des processus les plus essentiels du développement cognitif chez l'enfant ou du fonctionnement cognitif chez l'adulte. L'enfant, comme l'adulte, essaie constamment d'appliquer et de mettre à jour ou d'adapter ce qu'il sait aux nouvelles choses ou situations qu'il découvre (Chukovvky, 1971).

Deux processus de nature sensiblement différente sont mis en oeuvre : le transfert analogique, qui reste lié au domaine de connaissances, le transfert métacognitif qui est indépendant de celui-ci et peut s'appliquer à tout domaine de connaissances.

Comme nous l'avons relevé, le transfert métacognitif intervient lorsque la transposition s'opère entre deux situations ou problèmes très différents ou non isomorphes sur la base non de traits de surface ou structurels mais de processus ou de concepts.

C'est dans le domaine de la résolution de problèmes que le transfert analogique est le plus couramment utilisé. Le sujet, à partir de la solution qu'il connaît d'un problème, rapproche celle-ci d'un problème nouveau auquel il est confronté afin de trouver la solution. Cette comparaison pourra se faire sous des formes et à des niveaux différents : les aspects de surface, ou tout ce qui concerne la similitude des formes, ou bien les éléments plus profonds, ceux portant sur la structure de l'action ou des raisonnements, les enchaînements d'évènements ou les relations causales entre évènements et acteurs. Si le sujet ne compare que des détails et reste au niveau des traits de surface, on pressent qu'il lui sera plus difficile de transposer, c'est-à-dire de raisonner par analogie en rapprochant les éléments et relations de structures, que celles-ci concernent les évènements, les acteurs ou les actions. Cette question des formes possibles de la représentation analogique est au coeur de la problématique du transfert. Elle pose en effet la question des niveaux de compréhension des situations, problèmes ou textes, et du travail réalisé par le sujet, seul ou aidé, au moment où la situation est vécue, le problème résolu ou le texte lu.

Mais un préalable à toute analogie doit être rappelé : pour qu'une situation puisse servir de source de comparaison, encore faut-il que celle-ci soit récupérable en mémoire. Bien souvent, il y a risque d'attribuer à un défaut de capacité de transfert ce qui n'est que la manifestation d'une absence d'encodage et par conséquent d'impossibilité de récupération.

1- Les modèles dominants du transfert de capacités métacognitives

11- La théorie du domaine spécifique et des éléments communs

Selon le modèle ACT d'acquisition d'une habileté d'Anderson (1989), les connaissances acquises lors d'un apprentissage sont encapsulées, enregistrées et transformées en procédures appelées **règles de production**. Il ne peut y avoir transfert entre deux tâches que si les deux tâches partagent ces règles de production. C'est ce principe qui entraîne le corollaire de la spécificité d'usage d'une connaissance et a conduit à poser l'impossibilité du transfert d'une connaissance acquise lors de l'apprentissage d'une habileté à un autre domaine, même si entre ces deux domaines certaines notions sont communes. Comprendre un programme informatique n'est pas gage de performance dans l'acte d'écrire un programme informatique, même si dans ces deux domaines il y a connaissances communes, telles que les définitions et les instructions d'un langage informatique, (Mc Kendree & Anderson, (1987).

Cette **théorie du domaine spécifique** s'est beaucoup appuyée sur les travaux relatifs à l'expertise attestant que l'expert, dès qu'il était sorti de son domaine, retrouvait des capacités égales à celles du novice ; lesquels travaux ont été largement le fait des auteurs étudiant l'expertise échiquienne (Chi, 1987).

Gobet (1996a) a observé chez les Grands Maîtres d'échecs une dégradation de la performance de rappel de positions dont un des quatre quadrants avait été modifié par réflexion dans un miroir selon un axe vertical, horizontal ou en diagonale. Ceci attesterait du stockage des chunks en MLT sous leur forme absolue, c'est-à-dire d'une localisation précise des pièces les composant, point contesté par Holding (1992). L'encodage d'après Gobet serait donc précis, ce qui expliquerait le trouble réel lors de modifications de localisations de chunks nous dit l'auteur, dans la ligne des conclusions de Saariluoma (1994). La cause principale de la dégradation de la performance tiendrait à la modification des relations entre le chunk et le reste de l'échiquier. Cette explication a le mérite d'être cohérente avec l'architecture à trois niveaux proposée par l'auteur : chunks, regroupables en templates, eux-mêmes organisés en schémas généraux (*retrieval structures*) de relations des sous-ensembles de pièces correspondant au type de partie jouée. Il est normal que l'altération de la cohérence structurelle donnée par le template rende incompréhensible l'arrangement des chunks et altère par voie de conséquence la récupération de ceux-ci. Si les chunks ont perdu le sens qui les liait entre eux, leur degré d'intérêt disparaît, ce qui explique leur moindre rappel par comparaison avec le cas où un template leur confère un rôle dans la macro-structure.

Est-il pour autant justifié de déduire comme le font Gobet ou Saariluoma, dans la ligne de Chase et Simon, que la réduction du taux de rappel et du nombre de chunks identifiés dans les hypothèses de modification de la position échiquienne par réflexion dans un miroir, démontre que la capacité de la mémoire de l'expert serait "Domain Specific", et égalerait celle des novices pour les autres domaines ? Que le template ayant disparu, la perte de cohérence dégrade la performance s'agissant des rapports entre les chunks peut s'expliquer. Mais pour autant a-t-on le droit de coupler de façon non

réversible template et chunk et de conclure que la capacité de chunking aurait disparu? Ne faut-il pas plutôt rester dans la logique de Gobet et distinguer les deux niveaux de mise en mémoire, chunk et template, niveau de surface et macro-structure, et considérer que seul le deuxième niveau est gravement altéré sans que le premier ne soit atteint? Sauf à considérer que l'expert, à partir d'un certain niveau, entrerait dans une activité dont l'automatisme lui ôterait toute capacité d'évaluation consciente d'un changement de contexte ou de situation! Sorti de son contexte d'encodage spécifique et de sa chaîne de significativité, le motif initial ou chunk, échelon de base de la chaîne de complexité perdrait toute signification et ne serait plus reconnu: le grand-maître serait perdu sans la complexité!! Cette hypothèse explicative rendrait compte de l'incapacité de l'expert à transférer à d'autres domaines que celui de son expertise ses compétences d'organisation en vue de mémoriser!?

L'autre hypothèse, que nous préférons retenir, et que nous nous sommes proposé de vérifier expérimentalement distinguerait l'habileté au chunking, laquelle pourrait être transférable, de l'organisation de la base de connaissances de l'expert qui, elle, serait très spécifiée, condition nécessaire à son étendue considérable.

Jusqu'à ces dernières années, ce modèle du "*Domain-Specific*" a prévalu. Puis, toujours dans le cadre de recherches sur les langages informatiques, de nouvelles expériences ont démontré le caractère non pertinent de la théorie du domaine spécifique d'usage.

Pennington (1996), dans deux expériences, a mis en évidence l'existence de transfert de sous-capacités dans le domaine de la programmation informatique, dès lors qu'il y a eu passage par une étape d'élaboration conceptuelle au cours de l'acquisition par le sujet des connaissances spécifiques.

On s'éloigne de plus en plus de ce modèle restrictif du transfert en acceptant, pour qu'il y ait transfert entre domaines voisins, de relativiser à la fois la spécificité d'usage d'une connaissance et la procéduralisation des connaissances les figeant à un domaine spécifique, et le passage obligé par des règles de productions.

Cette évolution a été fortement liée à l'évolution de la théorie de la connaissance, dont il est utile de faire brièvement état pour comprendre l'apparition de nouveaux modèles du transfert.

12 L'approche connexionniste de la connaissance

La notion classique de la connaissance repose sur l'unicité de la représentation et de l'appartenance à un réseau sémantique hiérarchisé (Collins & Quillian, 1969). La trace mnésique de la connaissance est unique et le modèle d'activation est séquentiel, la perception de traits distinctifs donnant l'accès au concept selon des règles de typicité et de spécificité (Smith et al. 1974), ou bien selon une hiérarchie des propriétés (Collins & Quillian, 1969). Les travaux sur la MLT ont bouleversé cette vision uniciste. Pour les auteurs tenant des modèles de la mémoire à long terme, (Estes 1994; Hintzman 1986; Medin & Schaffer 1978; Nosofsky 1991), la connaissance est constituée de **traces multiples** différentes les unes des autres: les traits de surface perceptifs sont distincts des propriétés de nature sémantique ainsi que des valeurs émotionnelles qui peuvent lui

être liées. La connaissance est également très **épisodique**, c'est-à-dire se modifiant par accumulation d'expériences, son stockage étant fortement **contextualisé**. Ce point a pour corollaire le fait que la connaissance est en perpétuelle modification et que tout nouveau contexte vient l'enrichir et l'amender. Enfin, elle est **distribuée**, c'est-à-dire stockée sur des réseaux neuronaux divers et elle n'est pas localisée en un lieu unique, ce qui est la conséquence directe de son caractère multi-dimensionnel. L'activation d'une connaissance peut en conséquence intervenir par l'une quelconque de ses diverses facettes ou entrées possibles, une entrée activant en réseau par diffusion neuronale les diverses composantes utiles en fonction de l'élément-but lié au contexte et en réaction au contexte d'activation. Cette **activation** pourra être **asynchrone**, c'est-à-dire intervenir en des instants différents selon l'interaction entre ses diverses composantes et les autres connaissances au cours du contexte d'utilisation.

On peut, avec Nososky (1991, 1997), schématiser l'approche connexionniste de la connaissance (Fig 36).

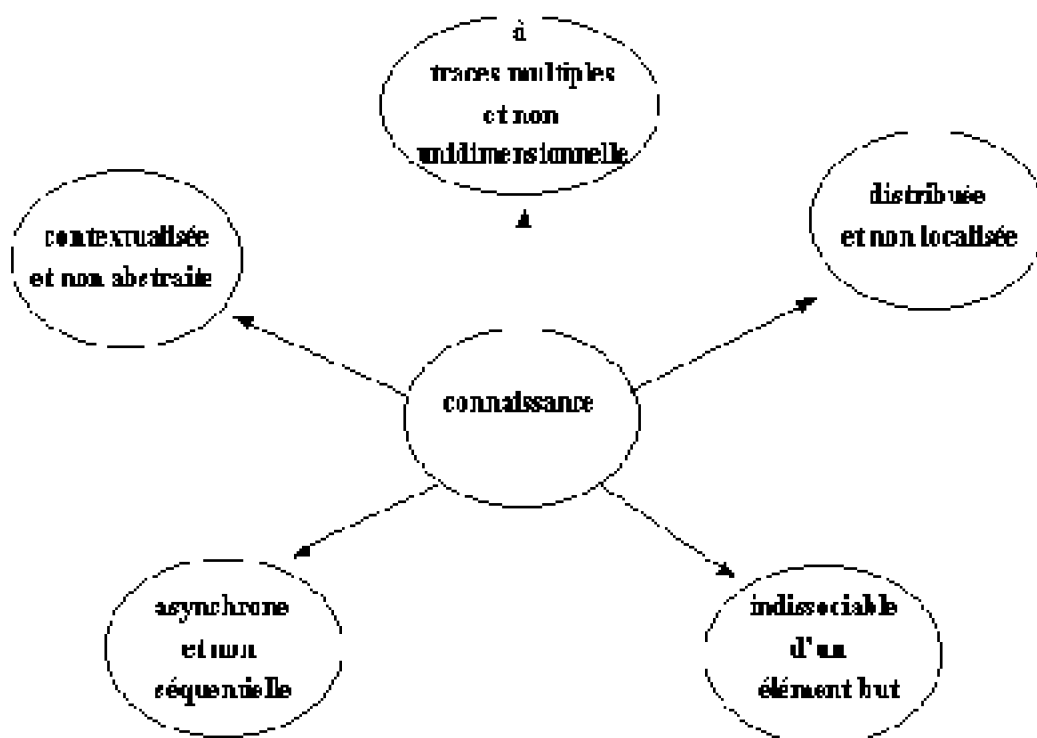


Figure 36 : L'approche connexionniste de la connaissance (Nosofski, 1991).

La deuxième composante de l'approche connexionniste porte sur les **processus d'activation et de rétro-propagation de la nouvelle connaissance dans les réseaux sémantiques existants**, et sur les interactions entre composantes de celle-ci.

Si l'hypothèse de travail est que nous sommes en présence d'états successifs de la connaissance qui sont enrichis au gré des diverses activations directes, connexes ou secondaires, la question de la **dynamique des niveaux de compréhension** devient alors principale. Pour un état donné du réseau sémantique constitué pour une connaissance A

par les composantes de celle-ci et les contextes situationnels d'encodage d'une part, et par les interactions entre A et les connaissances X, Y reliées sémantiquement à A, correspond un niveau de compréhension 1. Lorsque de nouvelles entrées, c'est-à-dire de nouveaux emplois de A dans des contextes ultérieurs plus ou moins similaires, interviennent, le niveau de compréhension change partiellement et se stabilise temporairement à un état 2. Dans le même temps une rétro-propagation pourra intervenir sur l'état des connaissances X et Y, selon que la pertinence et l'état de satisfaction au regard du but liés à la nouvelle entrée de A auront été validés.

Cette question des interactions se pose différemment selon que les unités de connaissances sont des unités proches et associées, ou des unités hétérogènes peu reliées sémantiquement (mémoires auto-associatives ou hétéro-associatives) d'une part, et selon qu'elles sont à unités simples non cachées ou à unités multiples ou multicouches, certaines étant intercalées entre l'entrée et le sortie. Dans les cas simples ou explicites entre l'entrée et la sortie, le réseau d'interconnexions répond à la loi des poids de connexions antérieures : je reconnais un visage par les connexions établies entre les pixels de l'image antérieurement traitée à plusieurs reprises, laquelle sert d'attracteur en vue d'un traitement immédiat et d'une proposition d'interprétation me faisant dire « c'est bien untel ». Si « untel » porte soudain une barbe, j'ai du mal à le reconnaître car le vecteur à l'entrée n'a plus le même poids dans la matrice de connexion puisqu'il ne correspond plus au vecteur stocké. Dans de nombreux traitements entre entrée et sortie s'intercalent des unités cachées, et interfèrent des connaissances ou éléments implicites venant perturber la matrice de connexion. Cette part cachée du cognitif, cette boîte noire en quelque sorte, constitue le vrai défi pour les sciences cognitives. Elle donne un relief particulier à l'émergence d'une capacité métacognitive chez le sujet, laquelle pourra l'aider à diminuer la part implicite qu'il traite en aveugle au cours de la tâche, en développant son expertise d'auto-contrôle des stratégies suivies et de ce qu'il ajoute au cours du traitement sans rapport à la tâche.

Nous le voyons les processus intervenant dans cette dynamique de la compréhension sont multiples et chacun devra être pris en compte dans une didactique du transfert. Notons de ce point de vue que les modèles connexionnistes de la connaissance ne sauraient rendre compte, en l'état actuel des recherches, des facteurs constituant l'intentionnalité du but poursuivi et du sens donné par chacun à la connaissance en fonction de ses rapports à autrui. Dans une tâche cognitive, la psychologie cognitive ne peut à ce jour appréhender par une sorte d'analyse en composantes principales semblable à celle des statisticiens le poids des vecteurs autres que ceux de la seule connaissance, que sont l'intention, le sens et le rapport au monde, et l'altérité. Les patterns des valeurs d'activation autant que les matrices de la force des connexions n'intègrent que peu d'éléments autres que sémantiques au sens orthodoxe du terme.

Comme le relève Tiberghien (1997) :

« Le connexionnisme a autant de difficulté que le cognitivisme à rendre compte des difficiles problèmes de l'acquisition de la signification, de la référence (rapport au monde) et de l'intentionnalité. »

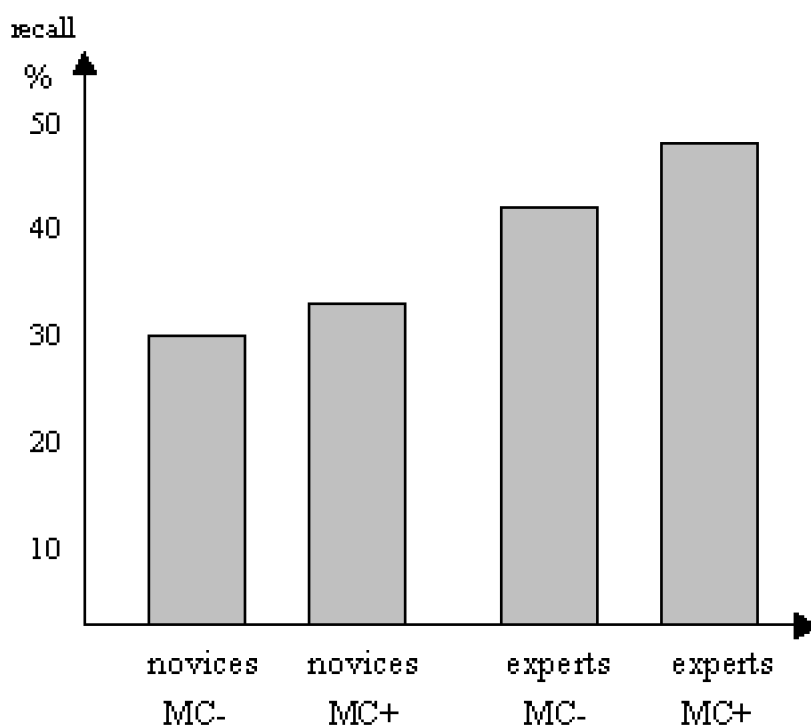
13 La dynamique entre capacités métacognitives et domaine spécifique des connaissances : les expériences et le modèle de Schneider (1990, 1992, 1998)

Est-ce que le métacognitif apporte vraiment une différence de performance dans le cas où la tâche concerne un domaine de connaissances riche en contenu spécifié ?

A cette question essentielle les tenants de la théorie 'Domain-Specific' répondent par la négative, alors que des travaux autour de la théorie du 'Domain-General' autorisent certains auteurs à conclure différemment. Est-ce qu'il existe des stratégies de mémorisation, ou portant sur d'autres activités cognitives, qui soient transversales et transférables du domaine d'expertise dans lequel des connaissances ont été construites à d'autres domaines de connaissances ? Sur cette deuxième question, les mêmes camps s'affrontent : les tenants de la théorie 'domain-specific' argumentent à partir de certaines études sur l'expertise (Ericsson, Krampe et al., 1993). A l'opposé, les auteurs qui privilégient la thèse de la métamémoire croient à la pertinence de principes généraux de stratégies de mémorisation applicables à de nouveaux contextes ou corpus d'items.

Le modèle de Schneider aide à clarifier les points de vue divergents et solidement argumentés des deux écoles en démontrant **l'existence d'interactions entre les connaissances d'un domaine spécifique et les connaissances plus générales au niveau métacognitif.**

Dans une première étude déjà mentionnée, sur le rappel de textes relatifs au football chez des sujets d'âge scolaire experts ou novices en matière footballistique, Schneider (1990) montre que les sujets ayant les meilleures capacités métacognitives étaient plus performants dans le rappel que leurs camarades ayant de moins bonnes capacités métacognitives (cf. fig 37).



MC- = low metacognitive knowledge, MC+ = high metacognitive knowledge

Figure 37 : Rappel moyen selon l'expertise et le niveau métacognitif. (data from Körkel, 1987) d'après Schneider, 1998, p.93.

Au vu de ces résultats, le point qui devait être toutefois soulevé au plan expérimental était de savoir quelle variable, de l'expertise au football ou de la capacité métacognitive, était à l'origine de la performance pour les sujets du groupe 4 (experts MC+). Rien n'autorisait en effet à déduire des scores plus élevés pour ceux-là que la variable MC prévalait sur la variable expertise. Rien ne permettait deuxièmement de savoir laquelle des composantes procédurale ou déclarative de la capacité métacognitive était recrutée.

Un deuxième protocole, (Körkel & Schneider, 1992) a permis de répondre à l'une de ces questions. Bien plus que les connaissances métacognitives déclaratives, ce sont **les connaissances métacognitives procédurales qui sont un bon prédictif de la performance au rappel** (.48) comme cela est illustré dans la figure 38.

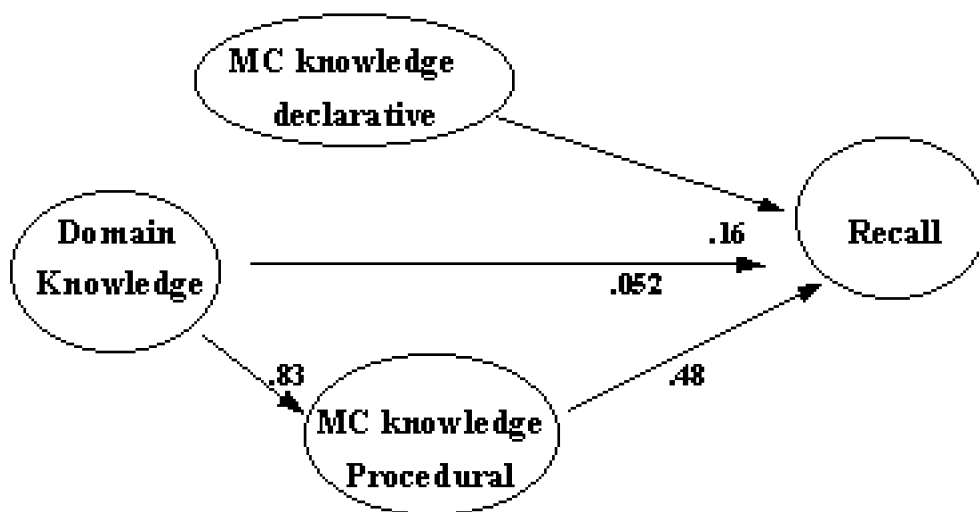


Figure 38 : Rappel et part respective des diverses composantes cognitives. From Körkel & Schneider, 1992.

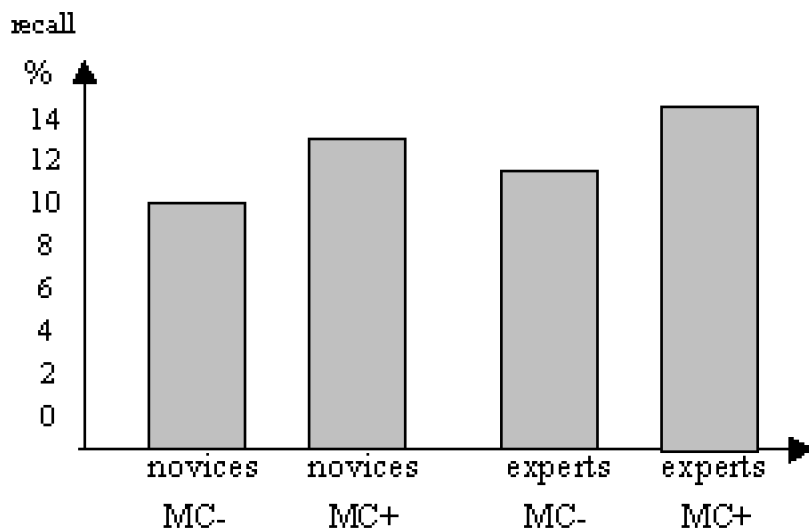
On relèvera également avec les auteurs le lien assez fort entre le domaine d'expertise et le taux de rappel (.52) et, de surcroît, le fort coefficient de l'effet du domaine d'expertise sur la composante métacognitive procédurale (.83), alors que la composante métacognitive déclarative intervient très faiblement dans la performance du rappel.

Ces résultats confirment le rôle principal joué par le domaine d'expertise et mettent en évidence le lien effectif et primordial entre celui-ci et les connaissances métacognitives procédurales. Ils confortent également l'impact direct et indépendant des connaissances métacognitives procédurales (.48) sur le taux de rappel. C'est par conséquent cet effet qui explique l'avantage des sujets non experts en football sur leurs camarades experts dans l'expérience rapportée ci-dessus. En d'autres termes, **le niveau élevé de richesse du domaine spécifique ne limite pas l'intervention des compétences métacognitives**, en l'occurrence de la métamémoire, lesquelles jouent un rôle effectif indépendamment du domaine.

Dans une seconde expérience Schneider (1990) a utilisé non plus une tâche de rappel de mots mais un paradigme différent avec une tâche de classification de listes d'items en vue du rappel. Le protocole comprenait deux séries contrebalancées, l'une de dessins tous reliés au football, l'autre composée de dessins d'objets familiers. Il était demandé aux sujets durant le temps d'étude des stimuli (2 minutes) de faire tout arrangement des items qui leur permettrait de mieux retenir ceux-ci. Puis, il était demandé avant le rappel d'estimer le nombre d'items qu'ils pensaient pouvoir rappeler.

Avant le rappel intervenait une tâche interférente, sous la forme d'un empan numérique. L'hypothèse expérimentale était double : étaient attendus à la fois un effet de l'expertise dans la tâche de classification d'items liés au football et un effet de la composante métacognitive dans les deux séries de listes. Afin d'opérer des intercorrélations entre variables, un pré-test était passé par tous les sujets pour évaluer leur métamémoire.

Des résultats identiques à ceux de la première expérience furent trouvés (fig 39).



MC- = low metacognitive knowledge, MC+ = high metacognitive knowledge

Figure 39 : Rappel items non footballistiques. D'après Schneider (1998, p.98).

Les experts étaient plus performants que les novices pour les items de la série football ($p < .01$), mais ils l'étaient également pour la seconde série ($p < .05$). Les sujets organisaient mieux les items en vue de les classer ou regrouper par catégories, ce qui était à l'origine de leur meilleur résultat hors le champ de leur expertise ($p < .05$). En outre, les performances chez les sujets experts ou non, identifiés comme MC+, étaient supérieures pour les listes d'items hors football. L'effet de la variable capacité métacognitive était donc présent. Ces sujets MC+ étaient beaucoup plus justes dans leur prédiction de performances que leurs camarades, ce qui semble être un indicateur de la conscience de pouvoir suivre une stratégie en laquelle on a confiance et de l'existence d'une composante émotionnelle au nombre de capacités métacognitives.

Le modèle décrivant les intercorrélations entre les diverses variables prédictives du taux de rappel des listes de mots est schématisé dans la figure 40. Il laisse apparaître clairement le poids de la composante stratégie (.81), qui regroupe les aptitudes mesurées au regroupement en sous-ensembles et au tri, dans la performance du rappel. Cette capacité stratégique est elle-même fortement corrélée avec la métamémoire (.74).

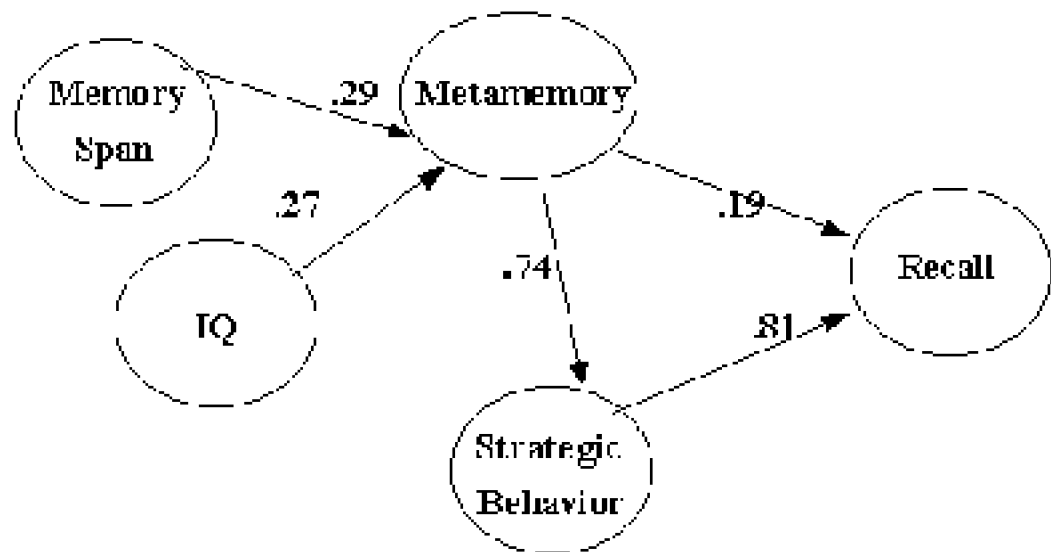


Figure 40 : Impact des différentes composantes sur le taux de rappel d'items non footballistiques. d'après Schneider (1998).

Le schéma permet également de calculer la part indirecte de la métamémoire à travers la stratégie dans la performance de rappel (.06). Nous ne consacrerons pas de développement particulier sur la part très relative de la capacité de la MCT ou du facteur quotient intellectuel dans la composante métamémoire, ceci étant éloigné de l'objet de notre recherche.

*** Les conclusions des expériences de Schneider et collaborateurs et le modèle d'analyse des interactions entre domaine d'expertise et métamémoire qu'ils en tirent sont essentielles au regard de la problématique qui nous occupe : **si une fonction métacognitive est mobilisable, indépendante du domaine d'expertise de la tâche, et si une interaction forte existe entre le domaine d'expertise et les capacités métacognitives procédurales, alors la question d'une intervention didactique au plan du transfert métacognitif durant la construction de l'expertise devient pertinente et doit être étudiée.** Ceci valide notre hypothèse de travail et nous suggère une méthodologie de recherche d'interactions entre variables métacognitives et variables cognitives principales recrutées dans une tâche.

D'autres expériences ont attesté de l'existence du transfert métacognitif dont nous allons rendre compte.

2 - L'évidence expérimentale du transfert métacognitif

21- Résultats expérimentaux

La littérature sur le transfert abonde d'expériences. Nous mentionnerons ici celles qui illustrent les conditions du transfert, ses étapes et l'efficacité de celui-ci.

L'entraînement des sujets à la construction d'un schéma de structure et de résumé, au moment de la résolution d'un problème ou d'un exercice de mémorisation, influencerait directement la capacité de transfert, et la répétition augmenterait l'apprentissage par abstraction (Gick & Holyoak, 1983). Brown, Kane, et Echols (1986) l'ont démontré dans leur étude portant sur des **enfants de 4 et 5 ans**. Les enfants qui, après avoir entendu une première histoire et découvert la solution au problème posé, ont répondu à des questions sur les buts des personnages de l'histoire et se sont ainsi approprié la structure de l'histoire, transfèrent mieux la solution à de nouvelles histoires que ceux qui n'ont pas été invités à réfléchir à l'histoire avant de s'interroger sur une nouvelle. Les élèves qui, pour une leçon sur la manière dont les avions peuvent décoller, ont bénéficié d'un résumé préalable puis, au cours de la leçon, d'une identification claire du plan suivi et du marquage des points clés, ont obtenu de meilleurs résultats sur un exercice transfert où ils devaient résumer par écrit la leçon puis résoudre de petits problèmes analogiques (Mautone, 2001).

La recherche de Lodico, Ghatale, Levin, Pressley et Bell (1983) apporte une réponse à la question de **l'efficacité d'un entraînement à l'établissement d'une relation entre conduites stratégiques et performances**. Des enfants de 7 à 8 ans qui sont entraînés au contrôle, c'est-à-dire à l'évaluation et à la comparaison des performances obtenues dans une tâche, obtiennent un meilleur score que les sujets du groupe témoin. L'entraînement consiste à se voir suggérer deux méthodes possibles de conduire une même tâche, à les mettre toutes deux en oeuvre pour ensuite apprécier l'efficacité respective de chacune en analysant les raisons de la différence de résultats obtenus avec chacune des deux méthodes. In fine, les sujets sont invités à décider laquelle des deux méthodes employer lorsqu'ils devront recommencer une tâche similaire.

Mayer (1996), dans une étude de plus de vingt expériences portant sur l'apprentissage de matières scientifiques, a mis en évidence **l'avantage comparatif des programmes comportant le recours à des modèles conceptuels**. Il faut entendre par modèle conceptuel le fait qu'un sujet passe par une phase d'explication à haute voix de l'application possible du concept qu'il est en train d'acquérir. Les sujets ayant appris sur de tels modèles obtenaient une performance nettement supérieure (+64%) dans une tâche de résolution de problème par transfert d'un **modèle conceptuel « auto-déclaré »**, comparativement aux sujets contrôle qui n'avaient pas bénéficié de tels modèles.

Dans une expérience conduite auprès de 68 enfants scolarisés de niveau 5 à Chypre Georghiades (2000) apporte la démonstration de l'efficacité d'une intervention au niveau métacognitif. Les élèves qui ont bénéficié, durant l'apprentissage de concepts rudimentaires des sciences, d'une séquence métacognitive obtiennent de meilleurs résultats dans l'acquisition, le transfert et la durée que les sujets contrôle. S'appuyant sur ces données, l'auteur plaide en faveur d'une prise en compte dans la conception des programmes et l'environnement de la pédagogie de la dimension métacognitive, qui s'avère le médiateur le plus puissant de l'amélioration des performances.

Dans leur protocole, Tomic et Klauer (1996), apportent la preuve du transfert à la suite d'un **entraînement au raisonnement inductif** d'écoliers de 7 ans d'âge moyen, filles et garçons, sur cinq sessions, à raison d'une par jour, d'une durée de 30 minutes. Les post-tests sur la performance en mathématiques et sur les tests de raisonnement (Catell et Raven's matrices) ont conduit à des résultats significatifs dans les tests immédiats d'après apprentissage et différés quatre mois et neuf mois plus tard. De nombreuses expériences ont attesté de l'intérêt d'une stratégie d'apprentissage par transfert chez **des enfants ayant des difficultés**. Ainsi Masterson et al. (1994) pour le raisonnement analogique chez des enfants souffrant de troubles du langage. Hutchinson (1993), chez des enfants ayant des difficultés d'apprentissage dans la résolution de problèmes d'algèbre. Ou encore Sugden (1989) pour le transfert d'habiletés cognitives chez des enfants en situation d'échecs scolaires.

Demerval (1992) concluait pour sa part à un transfert rapide et fructueux d'une **stratégie d'organisation** entre deux épreuves d'une tâche de rappel de mots chez des enfants de 10-11 ans, en contradiction avec la théorie dominante du déficit de production d'une stratégie de catégorisation entre 9 et 13 ans.

Certaines études ont établi que chez les enfants rangés dans la catégorie des **sujets surdoués**, l'aptitude au transfert métacognitif était la vraie mesure rendant compte du phénomène. Il n'y aurait pas chez ceux-ci de talent particulier en capacité stratégique, mais une connaissance métacognitive explicite leur permettant de voir de façon très consciente et verbalisée comment se servir de concepts ou stratégies appris pour les appliquer à un domaine nouveau et différent (Carr, Alexander & Schwanenflugel, 1996).

Les sujets qui transfèrent le mieux les stratégies sont ceux dont le niveau de savoir métacognitif préalable à l'expérience est le plus élevé (Cavanaugh & Borkowski, 1979 ; Veenam et al., 1997).

Chez de jeunes sujets, Yelland (1995) démontre pour des protocoles mettant en oeuvre des tâches simples de programmation informatique de type LOGO, que ce qui différencie les performances entre les sujets est l'application de stratégies auto-contrôlées et que cette capacité métacognitive est fortement corrélée avec les performances en mathématiques.

Des diverses expériences précitées, nous pouvons dégager les étapes par lesquelles il faut passer pour qu'il y ait construction d'une capacité de transfert métacognitif.

22 - Les étapes et conditions d'efficacité du transfert métacognitif

22-1 Les trois étapes du transfert métacognitif

Nous pouvons retenir trois étapes principales

**** la verbalisation de la stratégie**

Hannafin montre l'importance, au cours de l'apprentissage d'un savoir ou de la réalisation d'une tâche, d'une **phase de verbalisation sur la stratégie suivie et sur l'efficacité de celle-ci**. Cette phase a pour but de permettre au sujet d'analyser 'à chaud' ce qu'a été sa stratégie et d'en identifier les composantes afin de pouvoir rapporter celles-ci à l'efficacité obtenue. Elle a pour effet second d'identifier ce qu'aurait pu être une stratégie différente et, de fait, ré-organise ainsi la stratégie qui a été suivie en l'amendant ou en la complétant. Cette clairvoyance sur le rapport efficacité et stratégie suivie constituerait l'élément principal du savoir métacognitif. Bjorklund et Zeaman (1982) ont obtenu le même résultat auprès d'enfants de 6 à 11 ans, dans des tâches de clustering après avoir **verbalisé leur stratégie** et bénéficié d'une aide stratégique.

**** l'expérience métacognitive**

Keeney, Canizzo, et Flavell (1967) ont avancé que s'il y a extinction rapide des effets de l'entraînement en vue de mémoriser, c'est que cet entraînement ne comportait pas de phase de prise de conscience de l'efficacité et de la nature de la stratégie de mémorisation utilisée, ni de phase de transfert et de généralisation. L'existence de ce feed-back explicite sur la stratégie utilisée et sur le rapport entre celle-ci et la performance est, en soi, constitutive de l'expérience métacognitive. Melot (1998) a montré que le **feed-back explicite sur une méthode** suivie durant une tâche de catégorisation améliorait la performance d'une stratégie de catégorisation dans une tâche de rappel chez des enfants de 6-7 ans et de 8-9 ans. C'est parce que les enfants sont moins enclins à **faire le rapport entre leur performance et la stratégie suivie** qu'ils se constituent moins d'expériences métacognitives et sont par conséquent moins efficaces dans le transfert et la généralisation de stratégies (Pressley, Levin, & Ghatala, 1984).

**** La capacité à ré-élaborer par verbalisation une stratégie suivie est un bon prédictif de la capacité de transfert de stratégie et de maintien de ce transfert dans la durée (Melot, 1998).**

L'expérience précitée de Lodico, Ghatala, Levin, Pressley, et Bell (1983), a confirmé que par l'évaluation et la comparaison dirigées des stratégies de mémorisation on permet aux sujets -des enfants de 7 et 8 ans- d'interpréter leurs expériences métacognitives et de se doter de capacités métacognitives pour des conduites à venir. Spiker (1985) a conclu dans le même sens sur le caractère éminemment profitable sur la capacité de raisonnement du feedback en cours de tâche chez de jeunes enfants.

Les sujets qui ont été les plus efficaces dans la phase de ré-élaboration lors du feed-back opéré sur la stratégie sont ceux qui ont le mieux transféré une méthode de résolution d'un problème-source à d'autres problèmes (Corroyer & Melot, 1986).

Il apparaît donc que le fait d'inviter des sujets aussitôt un problème résolu à analyser celui-ci, notamment dans les relations entre ses composantes et l'appropriation de la structure de la solution, doterait les sujets d'un recul métacognitif facilitateur pour l'encodage et l'entrée en MLT des connaissances autant que pour leur récupération en

vue d'une transposition dans l'avenir.

Le modèle du transfert métacognitif comporte donc trois étapes distinctes :

1. le recours conscient et organisé à une stratégie cognitive,
2. l'analyse de l'efficacité de celle-ci par rapprochement avec les résultats obtenus,
3. la découverte et le contrôle des effets de cette stratégie appliquée à d'autres domaines.

Celui-ci n'emporte d'effets entièrement positifs qu'à la condition que soit également satisfaite une dernière condition, le traitement des erreurs.

22- 2 L'importance du traitement des erreurs et échecs

Au cours d'une tâche cognitive complexe, comme par exemple la résolution d'un problème, le sujet rencontre des difficultés qui peuvent lui faire commettre des erreurs le ralentissant ou l'écartant un moment du but à atteindre. Dans certains cas, ceci ne constitue pas une gêne dirimante pour aller à la solution, mais parfois cela peut bloquer tout avancement et conduire à une impasse. L'enjeu, au regard de la tâche à accomplir, est le risque de répétition de l'erreur lors d'une tâche future. C'est pourquoi le statut de l'erreur et de l'impasse ont fait l'objet de travaux importants autant que le mode de traitement de celles-ci.

22-21 Le traitement des erreurs, objet de recherche

Dans la plupart des protocoles expérimentaux on s'intéresse ou l'on privilégie les bonnes réponses, laissant de côté les erreurs. Celles-ci sont pourtant aussi importantes pour étudier le fonctionnement cognitif du sujet, renseigner sur ce qu'il fait et comment il le fait. Des recherches récentes se sont attachées à donner un statut identique d'objet de recherche aux erreurs au même titre que les réponses correctes (Kelderman, 1996 ; Kulikowitch & Alexander, 1994). Et démonstration a été faite du caractère fructueux d'une telle approche dans de nombreux domaines, comme celui des mathématiques (Tatsuoka & Tatsuoka, 1987), celui de la lecture (Goodman, 1977), ou encore celui du langage (Hall, Gerber & Stricker, 1989).

On peut tenter de schématiser les apports de cette ligne de recherche en dégageant quatre thèmes de réflexions :

les erreurs ne sont que rarement le fait du hasard, et leur contenu nous renseigne en tant que tel sur le mode de fonctionnement cognitif et l'interaction entre une tâche et les processus de traitement,

les erreurs n'ont pas toutes la même valeur, certaines présentent un vif intérêt

s'agissant des stratégies suivies par le sujet,

il est possible de classifier les erreurs selon des patterns d'occurrence,

enfin, l'analyse des erreurs peut s'avérer utile pour la conception des processus didactiques d'un corpus à enseigner ou apprendre.

Pierce (1996) étudie les erreurs durant le transfert analogique sur des problèmes non isomorphes et met en lumière le caractère prégnant de scripts d'erreurs reproductibles parce que souvent implicites **lors de la transposition brute sans adaptation d'un schéma à un autre**. Patalano (1994) grâce à des post-tests a comparé les taux de rappel respectifs de problèmes résolus et de problèmes non-résolus dans un ensemble de problèmes où le nombre de résolus était supérieur. Le ratio entre les problèmes non-résolus et les résolus est selon lui un bon prédictif de la mémorisation. En d'autres termes, quelques problèmes non-résolus parmi un grand nombre ayant conduit au succès sont mieux mémorisés que les autres. Un problème sur lequel un sujet a 'séché' marque plus l'esprit et s'ancre par conséquent plus en mémoire. Cela renforce l'intérêt d'une phase de travail sur les erreurs.

Un travail de construction d'une **théorie des erreurs** serait probablement utile pour l'étude des mécanismes de l'analogie (Alexander, 1998) et, de façon plus générale, du raisonnement en situation de résolution de problèmes ou appliqué à d'autres activités cognitives. Seul aujourd'hui est objet d'études approfondies le dysfonctionnement ou la pathologie. Or l'erreur ne ressortît pas obligatoirement à l'un ou à l'autre. La tâche des Tours de Hanoï est le prototype de celles où la nature de certaines erreurs de coups renseigne plus sur le mode de fonctionnement cognitif, par exemple sur l'absence du recrutement des zones de l'inhibition pour écarter les appariements au but et accepter des coups en apparence contre-intuitifs, que sur la capacité de planification. C'est ce domaine d'analyse des erreurs qui a permis l'esquisse des structures hiérarchiques implicites du raisonnement (White & Alexander, 1986), et a conduit **Alexander (1990)** à une modélisation des réponses erronées en six catégories ordonnées hiérarchiquement autour de deux axes, celui des connaissances et celui des capacités stratégiques, grâce à une analyse multidimensionnelle prenant en compte la notion de distance par rapport au but ou à la solution. Son modèle se retrouve en d'autres termes symétrique, ou plutôt en miroir, avec le modèle proposé plus haut de l'efficacité du transfert par la dynamique entre domaine de connaissances et capacités stratégiques. Il est dynamique en ce qu'il permet d'évaluer l'évolution des types d'erreurs chez un même sujet au cours de l'acquisition des connaissances d'un domaine. Cette hiérarchie ordonnée et cette dynamique des erreurs s'est avérée pertinente dans plusieurs protocoles expérimentaux (Alexander et al. 1998 ; Kulikowitch, 1994 ; Lane, 1995).

22-22 Les erreurs dans le transfert de séquences d'opérations

Une seconde piste de recherches porte non plus sur les erreurs dans les processus d'acquisition et de transfert de connaissances, mais sur les erreurs intervenues dans le transfert de séquences d'une habileté cognitive à multiples étapes. Plusieurs auteurs ont étudié le **transfert négatif** à l'occasion de l'utilisation d'un enchaînement de séquences ou d'opérations pour la résolution d'une tâche-transfert (Luchins, 1942 ; Reason, 1990 ; Singley & Anderson, 1989 ; Woltz 1991).

La connaissance des séquences d'opérations est distincte de celle de contenu des connaissances, et fait l'objet au même titre que celles-ci d'un transfert possible. Woltz postule qu'il est peu vraisemblable que le même processus de transfert intervienne selon les types de séquencement d'opérations pour lesquels évidence expérimentale a été apportée du caractère positif de leur transfert. Selon qu'il s'agit d'une tâche perceptivo-motrice, ou de tâches cognitives de haut niveau, du type grammaires artificielles, calcul numérique indexé ou computations numériques, les modes représentationnels du séquencement servant au transfert seront différents et, partant, les types d'erreurs pouvant surgir le seront également. A cette différenciation du séquencement s'ajoute un deuxième facteur tenant à la nature implicite plus souvent qu'explicite de la connaissance du séquencement. Cohen (1990) entre autres a montré que la plupart du temps l'acquisition du séquencement d'opérations était implicite et indépendante du contenu explicite des connaissances auxquelles s'appliquait une séquence d'opérations. Ce caractère implicite serait à l'origine des phénomènes d'amorçage dans la compréhension des composantes d'une séquence et la restructuration de celles-ci dans un modèle erroné (MacKay, 1987). Luchins (1942) avait démontré que les sujets ayant appris un mode de résolution des problèmes de jarres d'eau étaient moins performants que ceux qui étaient novices c'est-à-dire non familiers avec un type de solution dans le traitement de nouveaux problèmes requérant d'autres types de séquences d'opérations. Mais Luchins ne pouvait déterminer si le taux d'erreurs plus élevé était lié au fait que les sujets s'efforçaient de transférer une solution ou si l'erreur provenait de l'amorçage de transposition d'une séquence d'opérations apprise auparavant mais non valide pour le nouveau problème. Un autre exemple d'amorçage par un schéma implicite automatisé est donné par Norman (1981) avec le cas d'une personne qui souhaite aller en voiture dans un nouveau magasin et qui, en fait, suit un itinéraire qui le mène dans le magasin où il a l'habitude d'aller. Cet auteur explique l'erreur par le fait qu'en mémoire la séquence (le script) aller dans un magasin est associée à un itinéraire et à une action, l'achat de produits courants. Il y a au plan cognitif chevauchement de deux séquences assez proches : faire des courses et aller pour cela en voiture dans un magasin, d'une part, et souhaiter se rendre dans un magasin nouveau pour acheter quelque chose qui ne se trouve pas dans le magasin habituel. La première séquence comporte un schéma d'opérations très prégnant parce qu'organisé autour d'un itinéraire mémorisé en une procédure automatique - « la voiture y va toute seule »-. La nouvelle séquence d'opérations « aller dans un nouveau magasin » a été fortement amorcée par la similitude des composantes de la séquence aller faire des courses, d'où l'erreur d'itinéraire. S, de plus, le nouveau magasin envisagé se situe dans une zone géographique voisine, le risque est encore plus grand. Ce chevauchement de certaines composantes dans les deux séquences est à l'origine de l'erreur introduite par la force de l'habitude de conduite de l'une des séquences. Ou bien lorsque des opérations cognitives

sont insuffisamment spécifiées, elles sont rapportées à un contexte voisin connu pour lequel un taux élevé de réponses connues et adéquates existe (Reason, 1990).

L'erreur par transfert négatif, c'est-à-dire par application lors du transfert d'une procédure apprise mais inappropriée au nouveau contexte est liée à la manière dont cette procédure a été acquise et automatisée, et sera, nous dit Woltz (2000), plus fréquente chez l'expert qui a procéduralisé beaucoup de séquences. Chez celui-ci, le niveau attentionnel est, par voie de conséquence, différent de celui du novice : il s'est limité avec la pratique à une supervision globale de la séquence, ne s'attachant plus à l'analytique de chacune des opérations de la séquence. Le traitement de ce type d'erreurs suppose une capacité d'auto-contrôle de l'opération de la séquence sur laquelle le transfert négatif peut intervenir. Si nous reprenons l'exemple du sujet ayant décidé d'aller faire des courses dans un nouveau magasin, une capacité métacognitive devra être mobilisée pour identifier le point de l'itinéraire en partie commun où son attention devra être mobilisée pour éviter que l'application automatique de la séquence itinéraire ne le conduise au magasin où celui-ci va habituellement.

Dans son expérience 1 portant sur une tâche de réduction de nombres selon plusieurs règles concurrentes, Woltz (2000) met en évidence la faible capacité de transfert chez les sujets ayant appris une seule méthode de réduction par rapport aux autres sujets qui n'avaient pas bénéficié d'un apprentissage intensif sur l'une des méthodes. Le taux d'erreurs était directement proportionnel à la familiarité entre blocs d'essai de la tâche et blocs d'essai de l'apprentissage.

Une deuxième expérience portait sur des militaires ayant pour un groupe appris une procédure de traitement d'une situation par rapport à un groupe témoin. La figure 41 montre l'augmentation du nombre d'erreurs non détectées et non rectifiées par les sujets du groupe méthode unique approfondie (high skill) par rapport au groupe témoin.

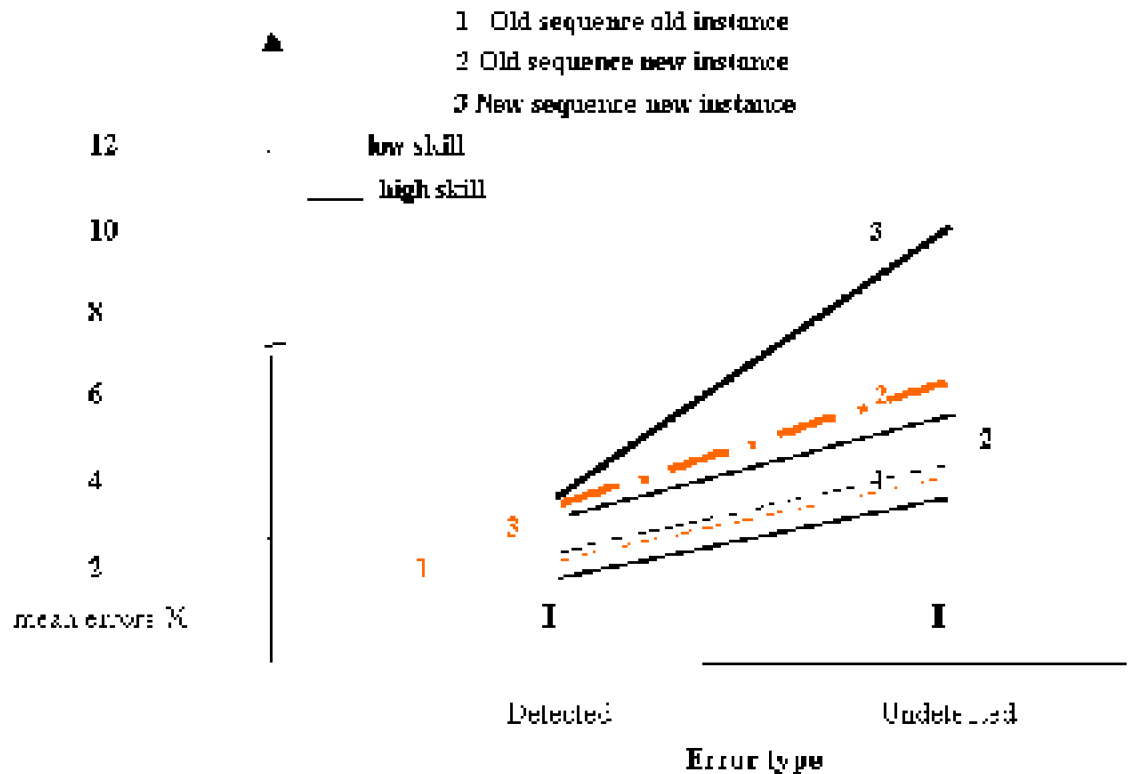


Figure 41 : Détection ou non d'erreurs durant le transfert selon les conditions. (Woltz, exp. 2, 2000)

Le fort transfert négatif est par conséquent lié à la difficulté qu'ont eu les 260 militaires d'une base de l'US Air Force à sortir de la séquence de résolution apprise et à rechercher une autre méthode de résolution. Ce transfert négatif conduisait les sujets du groupe haut degré d'apprentissage dans une méthode à une capacité significativement moindre ($p < .001$) à détecter leurs erreurs en temps réel pour les questions de séquences non apprises, et à les corriger comme le protocole expérimental les invitait à le faire en revenant sur leur décision afin de viser le 100% de réponses correctes.

Chapitre 7 Métacognition, Transfert et Didactique

La Didactique, singulièrement celle portant sur les disciplines scientifiques, ne saurait être

détachée des conditions dans lesquelles sont mis en oeuvre les processus d'apprentissage et, en amont de ceux-ci, des modèles de la connaissance et de ses représentations, telles que nous les avons évoqués. C'est pourquoi avant d'aborder la nature de l'intervention didactique il est nécessaire d'aborder les modèles d'apprentissage et de la connaissance.

L'approche connexionniste récente conduit à poser la question de la nature de la didactique de façon très ouverte, loin des partitions définies il y a quelques années par les constructivistes ou les piagétiens.

1-Métacognition et modèles d'apprentissage

11 - Les modèles classiques

Nous présenterons les quatre modèles principaux d'Anderson (1976), Karmiloff-Smith (1986), Siegler (1989a) et Chi (1978).

11-1 - Le modèle d'Anderson

Ce modèle distingue trois composantes de l'apprentissage, et trois phases temporelles.

trois composantes sont :

1.

i.
l'**acquisition de connaissances**. Au cours de cette acquisition, les connaissances se relient entre elles en réseaux, ces liens associatifs étant plus ou moins forts. Les notions essentielles de ce processus sont les notions de force ou de poids des liens, de renforcement des associations, et de propagation de l'activation des connaissances à travers ce réseau associatif. L'étendue de la base de connaissances et son organisation sont un élément de la performance. Chi et al., (1989) l'ont illustré pour le paradigme de l'expert ;

ii.

l'**interprétation de la connaissance**, c'est-à-dire son usage en situation réelle à l'aide d'une stratégie contrôlée de traitement de l'information, qui peut être formalisée par la création d'une règle de production ;

iii.

l'**acquisition de connaissances sur son propre usage de stratégies contrôlées**, c'est-à-dire d'une méta-connaissance procédurale. Ces stratégies contrôlées peuvent être quasi automatiques, correspondant aux « systèmes adaptatifs de production » de Waterman (1970). Mais, selon Anderson, elles sont plus souvent contrôlées jusqu'à ce que la probabilité de la performance soit suffisamment élevée pour être « procéduralisées » et appliquées automatiquement, ou généralisées. C'est grâce aux processus de généralisation et de discrimination que l'apprentissage est contrôlé, et que les règles ou stratégies acquises sont assouplies ou ajustées (tuning). Ensuite,

peut intervenir le renforcement des règles, ultime étape, selon le modèle ACT d'Anderson (1976), du processus de contrôle de l'apprentissage. Le résultat de l'action est valorisé et il y a renforcement en cas de succès de l'action. La question du renforcement est une question clé en psychologie de l'apprentissage, et dépend largement du mode de traitement de l'information en feed-back sur l'action. Pour Anderson, contrairement à d'autres auteurs comme Schneider ou Pressley, la connaissance méta-procédurale, c'est-à-dire la connaissance de l'efficacité des stratégies employées et leur interprétation, n'est pas un facteur majeur d'amélioration des performances.

2.

les **trois phases** sont :

i.

la phase **déclarative** ou **cognitive**, appelée contrôlée* chez Schiffrin et Schneider. Le sujet réalise une action lentement en énonçant ce qu'il fait ; ainsi le débutant déplacera-t-il une pièce sur l'échiquier en se rappelant, souvent à haute voix et de façon lente et contrôlée, les règles du déplacement apprises ;

ii.

la phase **procédurale** ou **associative**, ou automatique* chez Schiffrin et Schneider. Le sujet déplace la pièce sans faire attention à la règle qui est devenue une procédure automatisée, il n'est plus centré sur la règle mais sur la liberté fournie par celle-ci, par exemple les cases où il peut déplacer ses pièces.

iii.

phase de **tuning**, ou **d'ajustement** autonome* chez Schiffrin et Schneider. Le sujet combine et ajuste la liberté donnée par plusieurs procédures automatisées en vue d'opérer un traitement plus complexe et plus élaboré ; il y a généralisation des règles de production, c'est-à-dire dépassement de leur champ d'application stricte par combinaison ou fusion de plusieurs règles ou degrés de liberté.

Dans certaines tâches complexes, certaines composantes ou sous-habilités peuvent être à des phases différentes de la tâche globale, par exemple telle sous-tâche sera automatique tandis que telle autre sera plus contrôlée.

Le caractère récurrent des phases fait que, dans des tâches complexes, le passage à une étape pour une sous-tâche peut soudainement éclairer ex-ante d'autres sous-tâches et modifier sensiblement le degré de compréhension global. Il s'agit là de la notion de saut qualitatif, de passage à une nouvelle étape de compréhension. La faiblesse dans une sous-tâche tire vers le bas la performance et, subitement, lorsqu'elle est améliorée, il se produit un changement radical dans le niveau de la performance globale : tout s'éclaire pour le sujet.

Selon ce modèle ACT d'acquisition d'une habileté d'Anderson (1989) les connaissances acquises lors d'un apprentissage sont encapsulées, enregistrées et transformées en procédures appelées règles de production. Il ne peut y avoir transfert

entre deux tâches que si les deux tâches partagent ces règles de production ou éléments communs. C'est ce principe qui entraîne le corollaire de la spécificité d'usage d'une connaissance et a conduit l'auteur à poser l'impossibilité du transfert d'une connaissance acquise lors de l'apprentissage d'une habileté à une autre habileté voisine, même si certaines notions sont communes à ces deux habiletés. Comprendre un programme informatique n'est pas gage de performance dans l'acte d'écrire un programme informatique, même si dans ces deux domaines, il y a connaissances communes, telles que les définitions et les instructions d'un langage informatique (Mc Kendree & Anderson, 1987).

Ce modèle a prévalu jusqu'à ces dernières années. Puis, toujours dans le cadre de recherches sur les langages informatiques, de nouvelles expériences ont démontré le caractère non pertinent de la théorie du domaine spécifique d'usage. Pennington (1996), dans deux expériences, met en évidence l'existence de transfert de sous-habilités dans le domaine de la programmation informatique, dès lors qu'il y a eu passage par une étape d'élaboration conceptuelle au cours de l'acquisition par le sujet des connaissances spécifiques. De même les travaux sur l'apprentissage intentionnel du transfert appliqués au thème de l'enseignement de l'informatique (LOGO) ont démontré que l'entraînement à la décontextualisation des connaissances acquises s'avérait efficace pour le transfert.

On s'éloigne de plus en plus de ce modèle restrictif du transfert, à la fois en acceptant de relativiser la spécificité d'usage d'une connaissance par la procéduralisation des connaissances les figeant à un domaine spécifique, mais aussi en contestant le passage obligé par la construction de règles de productions ou éléments communs pour qu'il y ait transfert entre domaines voisins.

11-2 Le modèle de Karmiloff-Smith (1986)

Pour Karmiloff-Smith (1986), le développement de l'apprentissage crée de l'automatisation, laquelle conduit à une réorganisation des stratégies dont le sujet a conscience. L'accessibilité à la conscience du sujet étant le point novateur de son approche.

Karmiloff-Smith considère trois étapes dans le développement d'une habileté cognitive, dont la première recouvre les étapes 1 et 2 d'Anderson, la seconde la phase 3 du modèle de cet auteur, et la troisième, originale, qu'elle appelle ré-organisation des structures mentales. Ces étapes correspondent à des changements des structures, c'est-à-dire des représentations mentales internes.

• dans la phase 1 de la compétence procédurale, l'enfant accumule les stratégies spécifiques lui permettant de produire des résultats après les avoir validées par feed-back externe lui confirmant de façon répétée sa réussite ;

• dans la phase 2, l'enfant, fort de sa réussite grâce au recours à des procédures automatiques, éprouve le besoin de contrôler le traitement automatique pour le transposer à d'autres situations et le généraliser ; il a besoin pour cela de savoir

comment sa stratégie opère, et de se construire une sorte de méta-processus (cf. la phase 3 d'Anderson de composition et de généralisation) c'est-à-dire d'élaborer des stratégies plus globales. Il y a dé-compilation des procédures automatiques et extraction de leurs points communs pour reconstituer une méta-procédure. Durant cette phase de ré-organisation qui consomme beaucoup de ressources, le niveau de performances peut diminuer, phénomène classique que l'on observe dans les processus d'apprentissage (Ackerman, 1989) ;

enfin, la phase 3 de compétence conceptuelle voit le sujet retrouver son niveau de performance par stabilisation de la stratégie généralisée ; il pourra alors avoir conscience de ce qu'il fait, c'est-à-dire de la manière dont est constituée au plan interne sa stratégie.

Ces trois phases sont récurrentes et, selon les sous-habilités, un sujet pourra en être à des stades différents. Certaines données comportementales éclairent sur les changements en train de s'opérer chez le sujet : la verbalisation qui change, ou le contrôle par le dessin (cf. la capacité d'interrompre la procédure de dessin chez des enfants de 5 et 9 ans ayant à dessiner « l'homme qui n'existe pas »).

11-3 -Les autres modèles d'apprentissage

Le modèle de **Siegler (1989a)** s'inspire lui aussi des modèles de système de production de règles. L'idée est que, dès qu'il y a difficulté, les enfants utilisent des stratégies de back up lentes, contrôlées et générales. En revanche, pour les problèmes familiers ils recourent à des stratégies automatiques où stimuli et action-solutions sont stockées en une même information en MLT. En arithmétique, l'enfant alterne comportements et stratégies d'expert et de novice. Selon les cas, dit Siegler (1989a), il choisit ; ce qui diffère de la théorie de l'apprentissage d'Anderson. Pourquoi alterne-t-il ? En vue d'optimiser sa performance répond l'auteur. Pour ce faire, il confronte son choix au résultat et renforce le choix de telle ou telle stratégie en fonction de ce critère de confiance en la performance obtenue précédemment. Après chaque nouveau résultat il y a modification ou ajustement du poids de l'association stratégie-performance et, deuxième processus d'ajustement, entre connaissances et problème.

Le modèle de **Chi (1978, 1985)** rend compte de l'interaction entre base de connaissances et stratégie de traitement. Selon Chi, l'expert est plus performant parce qu'il possède une base de connaissances conceptuelles plus large, mieux structurée, et plus facilement accessible. Et, deuxième composante de son modèle, cette base de connaissances est active c'est-à-dire comporte comme attribut interne un élément action. Le schéma chez Chi est un schéma actif. Le pattern en MLT est un schéma incluant l'information sur l'action exécutable quand ce type de pattern apparaît comme stimulus, et la catégorisation se fait sur ce critère enrichi de l'élément-action. Selon

l'étude de Chi et al, (1985), experts et novices ne classent pas selon les mêmes critères des dessins relatifs à des problèmes de physique; la catégorisation des novices est faite selon les traits de surface, celle des experts selon les traits pertinents liés aux solutions des problèmes. Pour Chi, les traits-pièges ne trompent pas l'expert. Dans l'étude de 1989, Chi approfondit son modèle et établit la corrélation entre degré d'élaboration de la base de connaissances et performances dans les tâches de catégorisation : c'est le fameux travail sur les dessins de dinosaures dont la conclusion principale est qu'une connaissance plus élaborée et riche facilite l'apprentissage dans un domaine non-familier, ce qui peut se mesurer par la catégorisation de stimuli non-familiers.

Ceci réfère à la troisième composante du modèle de Chi : il y a réorganisation par la pratique des schémas dans la base de connaissances, ce qui en améliore encore la performance. Dans des tâches de catégorisation, de rappel, ou d'inférence, la différence de niveau de la base connaissances explique seule les différences.

La principale critique qui peut être formulée au modèle de Chi est que ses schémas actifs ne prennent en compte que des types d'action simples et automatisées. Les traitements plus complexes qui ressortissent à des processus plus contrôlés ne peuvent être ramenés à ce type d'interaction entre connaissance et stratégie automatique.

Là est la véritable faiblesse de toutes les recherches théoriques sur le traitement de l'information. Le concept de stratégie retenu par les cognitivistes est trop simplifié pour les besoins explicatifs, l'aspect combinatoire d'un grand nombre de facteurs en parallèle et en temps masqué et non séquentiel étant peu traité. Les pistes ouvertes par une approche connexionniste visent à lever ces objections formulées à l'encontre des modèles classiques.

12 - Les modèles connexionnistes de l'apprentissage.

« En deux décennies, les modèles connexionnistes ont exercé une influence considérable en psychologie cognitive et, plus généralement, en sciences cognitives. Ils ont largement contribué à rapprocher l'étude scientifique du hardware cérébral de celle du software cognitif. » G. Tiberghien

Dans les modèles connexionnistes, le degré d'appropriation de la connaissance est fonction de l'ajustement du poids des connexions par la pratique, à travers les cycles ou époques de l'apprentissage ; il y a passage de l'apprentissage non-supervisé, sous contrôle d'un "professeur" extérieur qui traite les erreurs et ajuste les poids de connexions -algorithme d'apprentissage- pour optimiser le résultat désiré, à l'apprentissage supervisé ou auto-apprentissage, par comparaison entre l'état d'activation du réseau suite aux stimuli et le degré d'harmonie et de relaxation du système, après traitement interne et interprétation selon le résultat désiré (Hanson & Burr, 1990 ; Smolensky, 1988).

Dans les modèles connexionnistes, la stratégie de traitement et la structure de la connaissance ne font qu'un et modifient en permanence l'état de l'acquisition. De même que sont captées les régularités à travers la lecture des poids des connexions, l'analyse des erreurs est la source d'un ajustement ou d'une ré-organisation permanents du modèle cognitif. A chacune des époques d'apprentissage correspond une attitude différente du

sujet apprenant. La ré-organisation n'intervient que lorsque le sujet a commencé à contrôler la différence entre multiples entrées et multiples sorties et est passé de la stratégie temporaire et rassurante de généralisation d'une entrée vers une seule sortie à une stratégie de contrôle des différents cas possibles.

Le modèle de Plunkett et Marchman (1990) en psycholinguistique appliqué à la formation du temps passé dans les verbes anglais ou à l'utilisation des articles définis en langue allemande nous éclaire sur le décours temporel des transitions quantitatives et qualitatives dans l'acquisition et la généralisation des connaissances et sur la notion d'états intermédiaires des réseaux de connaissances. Reprenant le modèle de construction du temps passé construit par Rumelhart et McClelland (1986), ces auteurs, ont mis en évidence la notion « **d'époques d'apprentissage** » par lesquelles passe le sujet lors de l'acquisition des trois formes de passé de verbes réguliers et irréguliers. A une phase ou époque de mémorisation des vingt premiers verbes, fait suite une époque de généralisation de l'ajout du « ed » pour obtenir le temps passé au cours de laquelle de façon irrépressible le « ed » est ajouté y compris aux verbes pourtant appris comme irréguliers ; vers le cinquantième verbe appris, est intégré le changement de voyelle pour certains verbes irréguliers -le système s'est stabilisé à un certain état- avec toutefois persistance de la généralisation du « ed » sur les verbes dont le passé n'a rien à voir avec la racine (exemple go et went) : le système recherche la correspondance entre l'entrée et la sortie et ne peut encore différencier les sorties selon les entrées. Il faut une nouvelle époque, à partir du cent quarantième verbe appris, pour que le réseau de construction se stabilise à nouveau sur les quatre états possibles de transformation du présent pour obtenir le temps passé.

2 Didactique et Métacognition

Nous pouvons, en suivant Resnick (1983), écarter tout modèle didactique qui reposerait sur les schémas conceptuels de l'expert du corpus à enseigner. Dans le paradigme expert-novice qui fonde la relation d'enseignement, l'élève ou novice, au moment où il commence à découvrir les connaissances nouvelles d'une matière, est porteur d'un certain nombre de représentations préalables relatives directement ou indirectement au corpus concerné, fussent-elles pauvres et parcellaires. C'est à partir de celles-ci qu'il va construire la nouvelle connaissance. La fonction de l'intervenant est donc une fonction « d'étayage » (Bruner, 1983) qui, de façon dynamique, organise l'acquisition de la connaissance en une suite de schèmes et notions de plus en plus complètes, complexes et généralisables. Le but de l'enseignant n'est pas d'apporter les patrons de connaissances de l'expert tels quels au novice, dans la mesure où celui-ci aura des difficultés à construire ses connaissances à partir des représentations mentales de l'expert, alors que ses propres représentations préalables à l'enseignement appartiennent à un champ conceptuel beaucoup plus pauvre et réduit.

L'enseignant doit donc plutôt partir des représentations ou pré-conceptions présentes chez le sujet et apporter un processus de construction autonome et ouvert, autorisant l'évolution progressive de la connaissance préalable vers le patron d'assemblage de l'expert. L'enseignant aidera à la construction régulière de « **ponts cognitifs** » (Ausubel,

1968) reliant les éléments acquis progressivement.

Ce processus de construction d'une nouvelle connaissance est, selon le modèle de Sanocki (1993) précité, très diversifié et multidimensionnel, ce qui a pour conséquence d'obliger l'intervenant à constamment suivre, en parallèle, les diverses facettes de la construction, afin d'en saisir toutes les opportunités et d'en identifier les obstacles. Cette écoute, et l'orientation de la construction, ne sont possibles que si la didactique est construite autour d'une auto-découverte et d'une auto-construction, à partir de situations-problèmes, dans laquelle l'action de l'élève novice éclaire l'enseignant expert sur le processus d'acquisition en cours chez l'élève novice. A travers cette écoute du processus d'auto-construction, la distance entre le schéma conceptuel de l'expert intervenant et la connaissance de l'élève novice, se réduit progressivement.

Ce choix de stratégie didactique privilégie la construction par l'élève novice du champ conceptuel. Il n'exclue pas pour autant une deuxième composante nécessaire, à savoir l'apport d'un modèle encadrant et donnant sens à la situation-problème de base. En effet, seul le cadrage par un modèle de la situation-support d'acquisition pourra, le moment venu au cours du processus d'auto-construction, aider le sujet à prendre le recul cognitif utile au passage à un autre niveau conceptuel en rupture ou non avec l'ancien.

21- Les niveaux de l'intervention didactique

Dans une stratégie didactique, il ne s'agit pas uniquement de concevoir une pédagogie de la redécouverte recourant à des procédés analytiques partiels et n'accédant pas à un degré de globalisation conceptuelle. Il est question plutôt d'une didactique incluant deux dimensions en parallélisme constant dans l'intervention : une composante expérience personnelle par initiation expérimentale auto-contrôlée par le sujet, que l'intervenant écoute avec vigilance, et une composante cadre d'analyse dans lequel se situe l'expérience, apportant la distance par rapport à la situation servant d'exemple afin de généraliser et d'accéder à un modèle conceptuel proche de celui de l'expert pouvant être relié sémantiquement à d'autres champs conceptuels (cf.fig 42). Ce qui doit être noté c'est la relation temporelle régissant ces composantes.

Le séquençage peut-il n'être que linéaire, la séquence investigation très libre de la situation précédant le début de construction d'une représentation de la situation, laquelle serait préalable à un troisième temps de la construction caractérisé par une consolidation méthodologique et conceptuelle, elle-même antérieure à une quatrième étape de recherche de généralisation et de distanciation pour accéder aux relations entre concepts ?

Ou bien les étapes 2 et 3 sont-elles enchevêtrées, certains éléments pouvant être consolidés, prêts à être généralisés avant d'autres, ce qui justifiera une intervention précoce de l'apport du modèle conceptuel de l'étape 4 ?

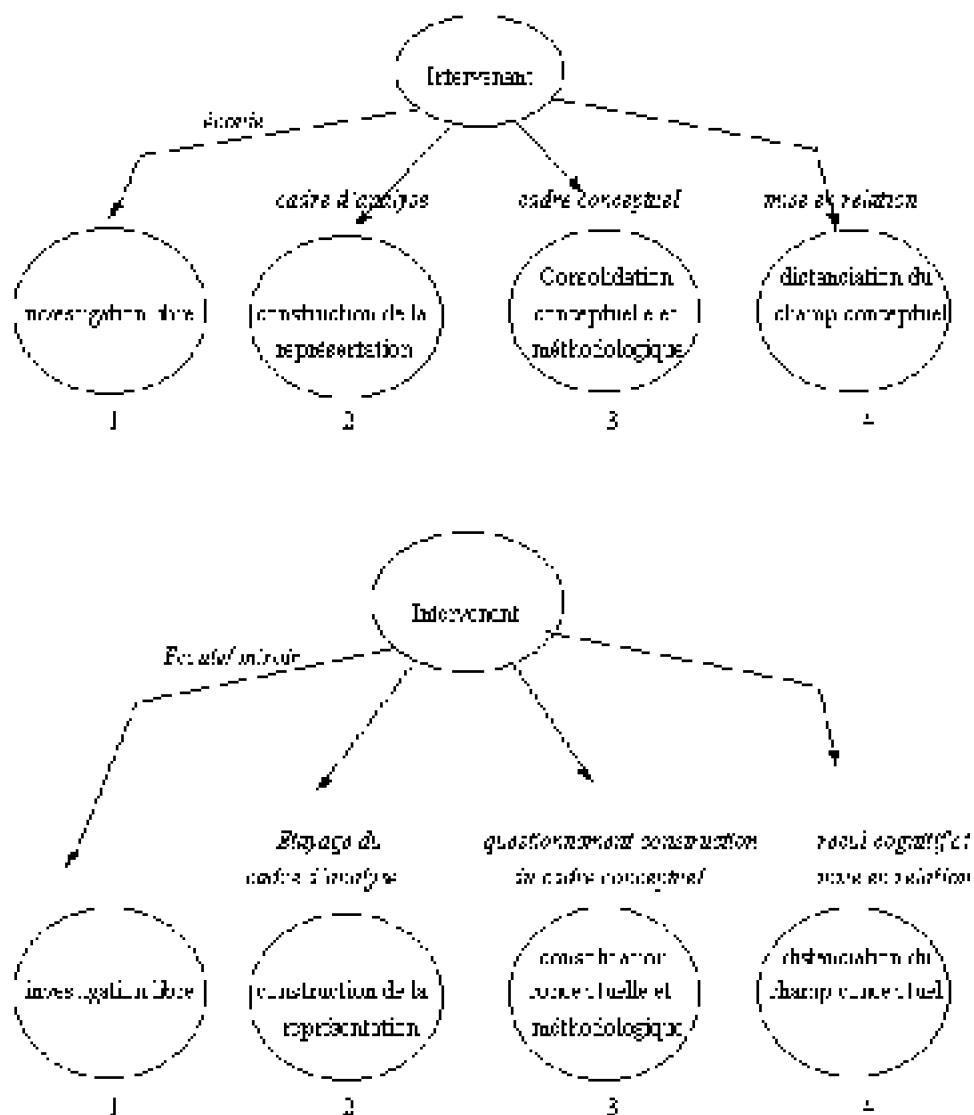


Figure 42 : Schéma de la fonction de l'intervenant selon l'étape didactique.

Ce dernier point relatif au lien entre champs conceptuels met en évidence la finalité de tout enseignement, qui est d'apporter des connaissances à un double niveau : celui du corpus spécifique de la matière traitée, par exemple la chimie ou la physique ou l'anglais ; celui des attitudes, méthodes et modes de raisonnement par-delà le contenu du corpus, dont l'usage pourra être plus général par transposition ou généralisation.

C'est la prise en compte de cette deuxième dimension, toujours présente dans l'intervention didactique, qui nécessite le recours au transfert analogique d'une situation-problème à une autre puis, au transfert métacognitif d'un cadre conceptuel à un autre. Les modèles de disciplines plus ou moins voisines, parfois même très éloignées, permettent de faire des sauts qualitatifs en levant des obstacles épistémologiques jusqu'alors insurmontables, ce qui peut justifier le recours précoce dans la séquence au transfert métacognitif. L'intervenant peut en effet avoir besoin de faire s'interroger le sujet sur le blocage ou l'obstacle l'empêchant d'avancer dans la construction de sa représentation et ainsi de lui faire prendre conscience des causes de celui-ci. Dans ce

cas, le schéma de la séquence perd en partie son caractère linéaire pour devenir asynchrone (fig 43).

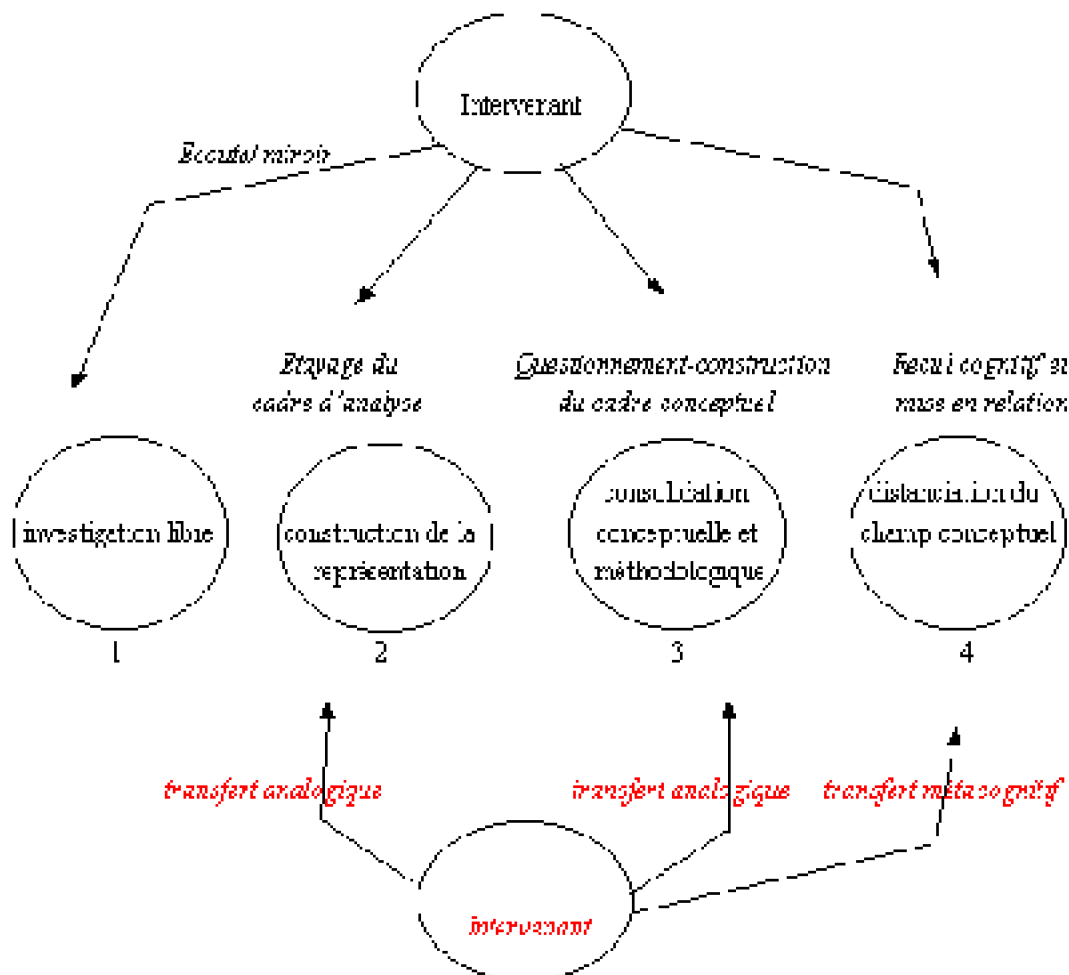


Figure 43 : Les deux dimensions temporelles de l'intervention didactique.

Mendelsohn (1990) résume les éléments d'une didactique du transfert en quatre étapes :

1. vérification des connaissances antérieures ;
2. variation des contextes d'application ;
3. recadrage systématique ;
- 4.

pontage systématique des connaissances entre elles.

L'acquisition est largement dépendante de l'état antérieur des connaissances et de leur contexte d'acquisition. Il est donc indispensable de vérifier quels ont été les conditions et processus antérieurs afin de s'en servir ou de tenter de les rendre moins prégnants dans le cas d'une nouvelle acquisition, ce qui augmente les chances d'une prise de recul cognitif. Ce travail d'auto-construction doit être sous contrôle en vue de recadrages utiles pour éviter les impasses ou erreurs d'interprétation du champ conceptuel. Participe à ce recadrage systématique le travail d'auto-évaluation des stratégies suivies et de leur efficacité, ce qui alimente la fonction motivation, présente et indispensable dans tout processus d'apprentissage.

22 - Didactique et intervention centrée sur les processus

* Nous avons plus haut relevé l'importance de la distinction entre l'apprentissage comme processus de réception par le sujet d'un savoir, et l'apprentissage comme processus de construction par le sujet d'un savoir (De Jong, 1995). Ce basculement d'une orientation à l'autre est lié directement à la prise en compte des processus cognitifs de l'apprenant et à une polarisation sur le volet développemental métacognitif de celui-ci.

Comme le notent certains auteurs le temps de l'apprentissage par « le par coeur » est révolu, car il conduisait à l'acquisition d'une connaissance « inerte » (Brown & Palincsar, 1989), qui n'a pas été encodée de façon enrichie et diversifiée par un contexte, lequel encodage enrichi pourrait en faciliter l'appropriation et la récupération sous diverses formes ou en diverses circonstances (Brandsford, Francks et al., 1989). On connaît l'une des critiques les plus fortes qui découle, de ce point de vue, au sujet des QCM et autres outils de cette nature. Ceux-ci enferment les connaissances dans une impasse d'usage, puisque ce mode appauvri de récupération réduit, en retour, le contenu du stockage et confine les connaissances à des usages du type « photocopieur ».

Le **premier temps** d'une didactique centrée sur les processus cognitifs du sujet est la **prise en compte de la base de connaissances initiales** de celui-ci. Il s'agit de faire émerger les connaissances antérieures existantes pour que le sujet ayant identifié celles-ci puisse construire les nouvelles connaissances à acquérir en fonction de celles-ci, trouver des exemples appropriés d'application du nouveau savoir (Vermunt, 1992), et reconstruire de façon plus approfondie (Biemans, 1994). Le sujet et l'intervenant peuvent ainsi garder le contrôle des deux variables essentielles d'une stratégie d'acquisition que sont la construction du sens et l'organisation de la connaissances de façon structurée dans sa base de connaissances (De Jong, 1993).

Construction et organisation, constituent le **deuxième temps** de l'intervention. Ces deux étapes supposent un temps de manipulation du savoir acquis par le sujet afin d'en faire une expérimentation en termes de stratégie d'usage et de transposition à des environnements changeants touchant au monde qui entoure le sujet, surtout s'agissant d'activités complexes comme la résolution de problèmes. Le savoir n'a aucune valeur absolue, il ne peut qu'avoir une valeur d'usage dans des univers plus ou moins familiers rendant plus autonome son transfert à des situations nouvelles (Resnick, 1989). Ceci

éclaire sur l'objectif principal de **flexibilité de tout apport de connaissances**.

Jacobson (1991) dans une expérience sur deux types d'intervention, l'une centrée sur la reconnaissance des notions acquises dans des emplois diversifiés, l'autre centrée sur le domaine spécifique de celles-ci, apporte la démonstration de la meilleure performance du groupe 'flexibility' sur le groupe 'domain-specific'.

De Jong (1995) résume cette démarche en donnant comme finalité à l'éducation « ***l'application flexible des connaissances scolaires dans l'acquisition de nouvelles connaissances, la résolution de nouveaux problèmes à l'école et dans les contextes sociaux hors l'école.*** » Pour lui les pratiques d'intervention pédagogique et les didactiques efficaces visant à faire des 'apprenants compétents' sont celles qui :

· se centrent sur le processus de compréhension par le sujet de sa capacité de contrôler lui-même sa progression ;

· sont étroitement liées à la coordination et au pilotage par le sujet de la manière de construire et comprendre un contenu ;

· vérifient continuellement le degré d'élaboration de la connaissance.

On retrouve pour partie les notions de 'self-explanation' and self-regulation' développées sans le modèle de Chi et Glaser, 1988.

** Les effets bénéfiques d'interventions centrées sur les processus tels que définis ci-dessus ont été attestés par diverses expérimentations. Au début d'une telle formation, l'enseignement s'en trouve ralenti, comme l'a montré Lonka (1993) dans une étude longitudinale à l'Université d'Helsinki. Les apprenants mobilisent en effet des ressources attentionnelles importantes sur leur façon de penser et leur stratégie ou manière d'apprendre. Ensuite les bénéfices sont sensibles, et se manifestent de façon significative par rapport aux groupes contrôle dans les résultats aux examens. Volet (1993) obtient des résultats identiques, tout comme Teurlings et al. (1993). Le **modèle de Vermunt** (1995) analyse l'interaction entre les méthodes suivies par le sujet apprenant et celles utilisables par l'intervenant dans une optique d'enseignement de la manière d'apprendre à apprendre (fig 44).

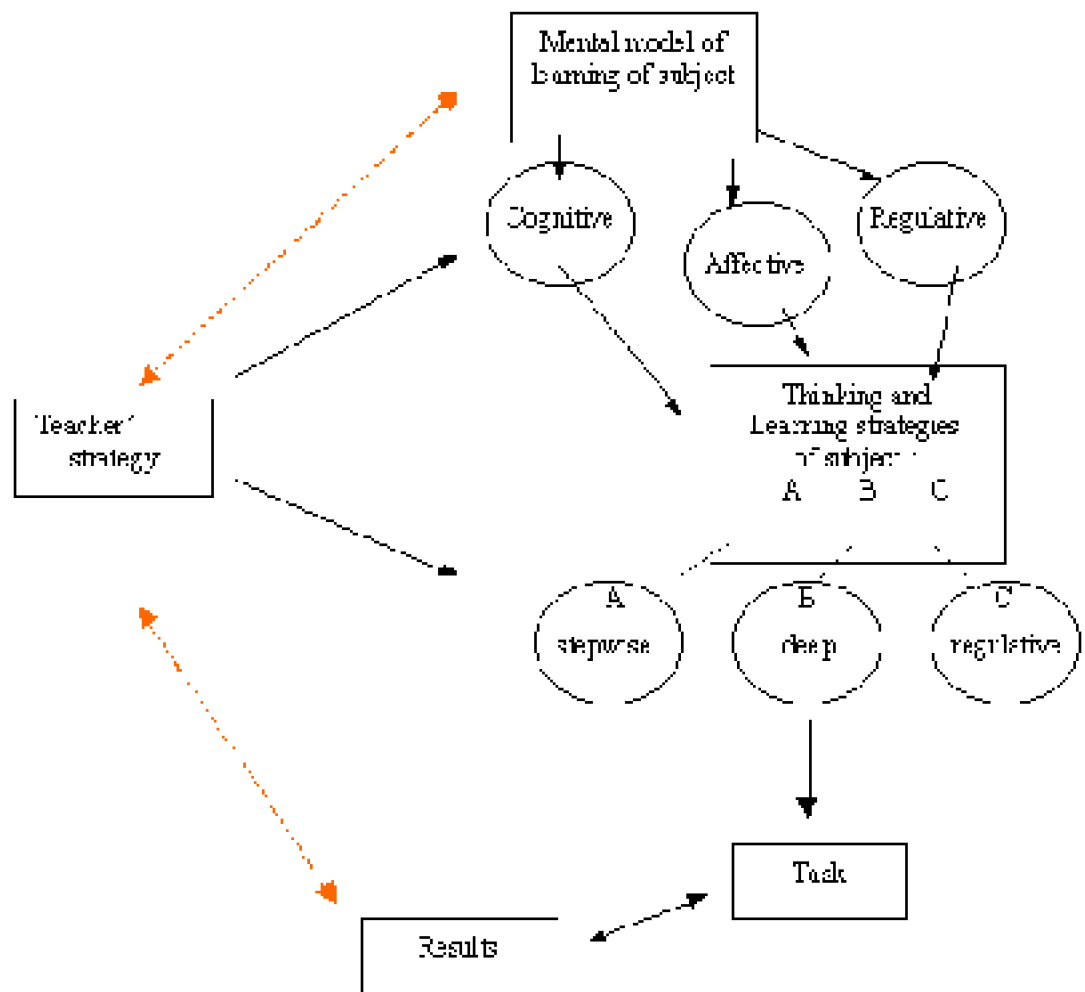


Figure 44 : Schéma d'un programme apprendre à apprendre (d'après Vermunt, 1993, 1995).

Vermunt a mené auprès d'un groupe d'étudiants en première année de psychologie un programme d'enseignement sur la manière d'apprendre. Les étudiants qui avaient suivi celui-ci obtinrent de meilleurs résultats que les autres aux examens de fin d'année. Ceci témoigne de la part du métacognitif sur l'apprentissage d'un corpus de connaissances et, au sein des processus métacognitifs, de tout ce qui concerne le contrôle de ses propres stratégies d'apprentissage, confirmant l'analyse de la part prépondérante de celui-ci accordée par Schneider dans son modèle. Elle parvient, à l'issue de plusieurs expériences, à identifier seize principes pour une didactique centrée sur les processus (1995, p.327) au nombre desquels sont privilégiés ceux qui traitent des stratégies et manières d'apprendre à apprendre. Ceci permet à Vermunt de schématiser le but d'une intervention ayant pour objectif d'apprendre à apprendre selon la figure 44.

23 - Le modèle d'interaction corpus-apprenant-enseignant

Pour Glaser (1984) les habiletés cognitives devraient être enseignées de façon interactive, au cours de l'acquisition d'une matière, et comme partie intégrante de celle-ci, et non pas, dans les rares cas où elles sont inscrites dans un cursus académique, en ajout des disciplines. Cette remarque s'inscrit dans la lignée des travaux d'Anderson et ses collègues du Carnegie-Mellon Institute, centrés sur l'utilisation des théories cognitives pour améliorer l'enseignement et, dans ce but, sur la conception de systèmes intelligents de tutorat.

Dans leur article de cadrage du numéro spécial du *European Journal of Psychology of Education* (1998), Schneider et Pressley relèvent combien sont rares les liens établis entre d'une part les données expérimentales en matière de métamémoire et d'autre part la pédagogie et la didactique des savoirs. Constat d'autant plus surprenant selon ces auteurs que les stratégies de mémorisation, pour prendre un exemple de capacité métacognitive usuelle, peuvent être utilement enseignées et cela à un âge très précoce (Pressley & McCormick, 1995) et que diverses expériences conduites ont montré l'efficacité des tutoriels intelligents (cf. par exemple Anderson, Boyle & Reiser, 1985), pour l'enseignement de la géométrie au lycée et du langage de programmation LISP).

Le schéma que nous proposons ci-dessous de l'objet de la didactique dégage les zones de recouvrement conceptuel et thématique entre les deux disciplines que sont la didactique et les sciences cognitives. Il s'organise autour des trois pôles composant la didactique : discipline, sujet-apprenant, sujet-enseignant.

Sur ces bases, **la modélisation didactique** suppose une prise en compte parallèle et interactive des quatre dimensions que sont le volet pédagogique, les stratégies d'apprentissage, le réseau conceptuel, enfin le potentiel de transférabilité.

le volet pédagogique traite de tous les outils intelligents centrés sur le modèle de l'apprenant et les environnements interactifs d'apprentissage par ordinateur (Mendelsohn, 1998). Il appréhende également la variabilité comportementale de l'apprenant ;

les stratégies de l'apprentissage tiennent compte du contexte environnemental de l'apprentissage ;

le réseau conceptuel et la nature de la connaissance dans une définition nouvelle, telle que nous l'avons exposée précédemment, plus multidimensionnelle et distribuée (Nosofski, 1991) ;

le potentiel de généralisation et de transférabilité de chaque connaissance et surtout de l'usage de celle-ci (Pennington, 1995).

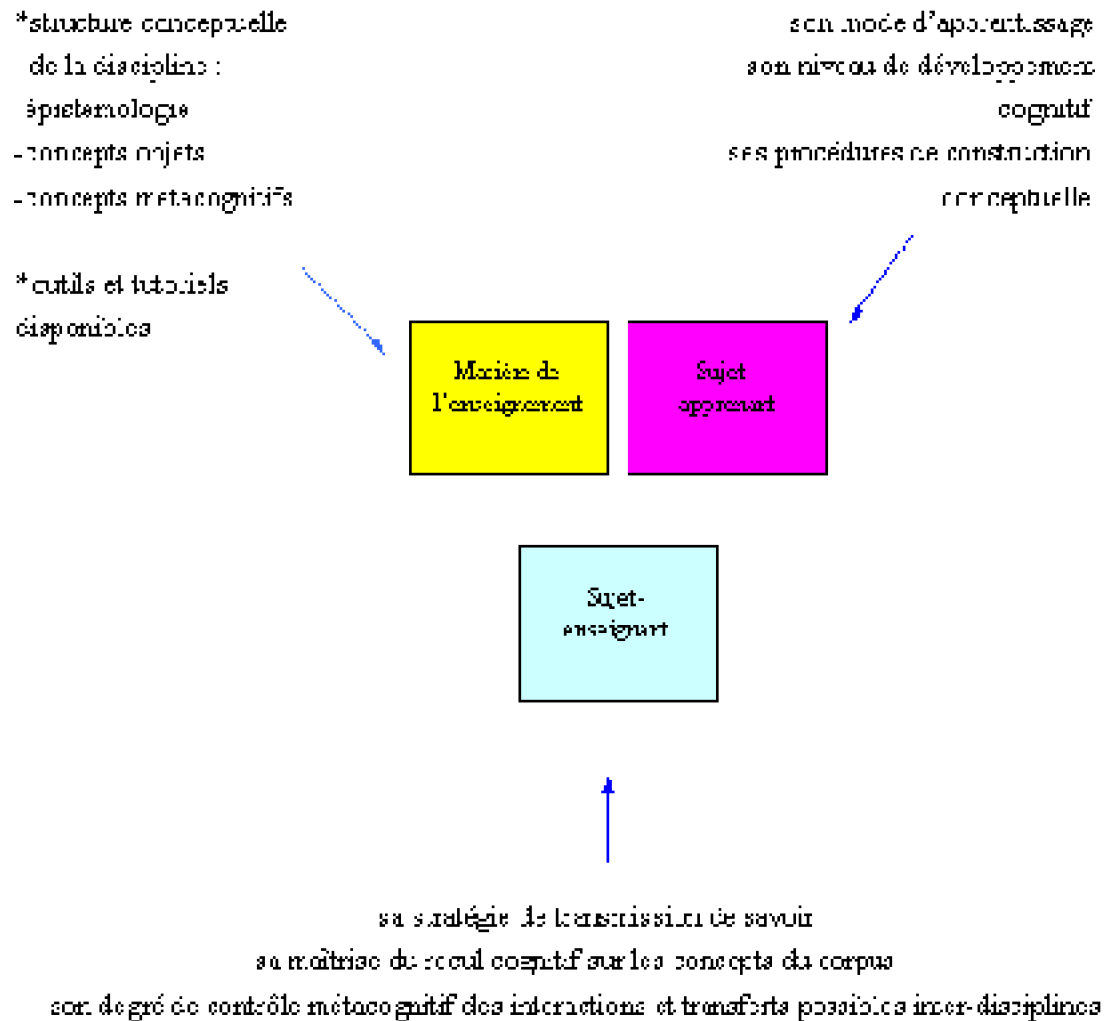


Figure 45 : Les volets d'une modélisation didactique.

3 - Didactique et stimulation des capacités métacognitives

Deux préalables à toute intervention pédagogique doivent être mis en exergue au vu des travaux des cognitivistes et des pédagogues.

Il y a tout d'abord le constat selon lequel le développement cognitif de l'enfant repose principalement sur les interactions entre ses processus cognitifs et tout ce qui a trait à ses propres motivations, lesquelles renvoient pour partie hors la seule matière de l'apprentissage et portent sur les variables psychologiques et socio-éducatives.

Il y a deuxièmement l'importance prise dans ces interactions par les rapports entre mémoire de travail et stratégies mises en oeuvre par un sujet dans des tâches, comme nous l'avons vu en présentant le modèle de Schneider.

La première dimension traite de la variable motivation et émotions présente dans tout

processus cognitif.

La seconde concerne la stimulation de certaines des capacités métacognitives et le type de pédagogie et d'environnement d'apprentissage qui peuvent en assurer l'efficacité.

31- La prise en compte du facteur motivation dans l'expérience métacognitive

Les processus cognitifs ne sont pas les seuls recrutés durant une tâche, les processus émotionnels et liés à la motivation sont également présents de façon plus ou moins consciente. Si la plupart des études ont, par nécessité de rigueur d'analyse, isolé les éléments cognitifs, un courant de recherche, dans la suite du travail princeps de Flavell sur l'expérience métacognitive, s'est attaché à envisager l'interaction des différentes composantes (Boekaert, 1996 ; Efklides, 1997 ; Vollmeyer 1999). Pour ces auteurs il s'agit de prendre en compte le fait que les sujets, au cours d'une tâche, présentent un degré de motivation ainsi qu'un état émotionnel différents, et d'étudier l'incidence sur la performance. Déjà Weinert (1984) avait mis l'accent sur l'importance à la fois de la capacité d'auto-évaluation et par corollaire de l'espérance ou de l'impossibilité d'un succès dans la tâche liées à la confiance en la stratégie qu'un sujet se propose de mettre en oeuvre. Ceci a pour conséquence de poser la question de la maîtrise de sa propre stratégie et rejoint les conclusions présentées précédemment privilégiant le contrôle métacognitif de sa propre stratégie et la capacité à choisir celle-ci en fonction de la nature de la tâche, voire d'en changer en cours de réalisation de celle-ci. Le degré de confiance en la stratégie adoptée a un effet corrélé au degré de motivation à réaliser ce qui est demandé (Vollmeyer, 1997). Les études recourant à des protocoles verbaux montrent que les sujets qui témoignent oralement d'un fort degré de confiance dans la stratégie suivie s'avèrent plus performants dans la planification de leur travail de résolution (Davidson et al., 1994 ; Simon, 1996).

Au-delà de ce strict point de vue de la cognition, il est une autre dimension tout aussi importante, qui convoque les variables affectives, émotionnelles, sociales et culturelles. Si, sur ce terrain, les situations vécues construisent un sujet fragile ou en difficulté, il y a peu de chances que celui-ci trouve du sens à l'école. « Donner du sens à l'école » (Develay, 1996) suppose que des interactions soient possibles entre ce qui s'y passe et l'état psychologique du sujet hors l'école, dans son milieu socio-culturel et affectif. Cette remarque constitue à l'évidence une mise en perspective de l'efficacité des stratégies d'apprentissage.

32- L'efficacité des programmes d'entraînement au transfert

C'est dans le domaine du raisonnement mathématique, de la résolution de problèmes, et dans celui des sciences physiques que, depuis plusieurs années, des méthodes de formation centrées sur les processus métacognitifs ont été élaborées et ont fait l'objet de recherches. Mais dans de nombreux autres domaines l'intérêt d'une intervention au plan métacognitif a été étudié : en compréhension de textes pour l'établissement de ponts entre anciennes lectures et nouveaux textes (King, 1991, 1994) ; en stratégie de lectures par élucidation de la manière dont est opérée la lecture (Pressley, 1986) ; en qualité de

rédaction par contrôle du mode lecture (Salomon, 1989) ; en stratégie de mémorisation (Ericsson et al., 1987).

32-1 Les expériences d'entraînement au transfert métacognitif

Selon les auteurs et les expériences, l'étendue et les conditions du transfert varient.

Pour Willis (1990), un entraînement à une tâche donnée peut être généralisé à d'autres tâches correspondant à cette habileté mais pas au-delà. Le transfert sera proportionnel à la nature de l'entraînement : si celui-ci porte sur la stratégie du sujet, il y a meilleur transfert que si l'entraînement a consisté exclusivement à répéter la tâche.

Ceci et Nightingale (1990) ont montré la considérable différence de performance dans une tâche complexe (cinq variables interdépendantes) dès lors que la formulation des données était familière et non abstraite au regard de l'expérience antérieure des sujets.

Chen (1984) a démontré l'efficacité d'un entraînement au transfert au cours de l'apprentissage de notions élémentaires de physique chez des collégiens.

Ericsson et ses collègues (1995) ont réussi à prouver que les performances mnémoniques n'étaient pas liées au domaine de l'expertise et qu'un entraînement permettait d'utiliser les connaissances d'un domaine d'expertise à d'autres domaines par transfert métacognitif d'une stratégie de mémorisation. Ils ont travaillé avec des coureurs en athlétisme dont la base de connaissances expertes était constituée essentiellement des temps des records et performances mondiaux. Ces coureurs avaient mémorisé des centaines d'informations en minutes et secondes selon les disciplines de la course à pied, sprint, demi-fond... L'entraînement auquel les a soumis Ericsson consistait à apprendre à mémoriser des séries de chiffres de plus en plus grandes. Le transfert opéré et observé a consisté en un rapprochement des chiffres à retenir avec les chiffres des records de courses de la base de connaissances puis à rappeler. Les séquences aléatoires de chiffres à retenir étaient progressivement augmentées, et les sujets sont passés en quelques semaines d'une capacité de rétention de quelques chiffres à presque quatre-vingt chiffres. Dans leurs protocoles verbaux, les sujets rapportaient qu'ils essayaient de rapprocher des sous-groupes de trois ou quatre chiffres de la séquence à des temps de records ; par exemple le sous-groupe 3, 4, 1, était mémorisé 3 minutes 41 secondes, soit le record du monde du mile de l'époque, une suite 9, 9, 8, était mémorisée sous la forme de 9 secondes 98 centièmes, soit le record du monde du 100 mètres de l'époque. Lorsque les chiffres de la série augmentaient, les sujets procédaient à un second mode de regroupements, les temps de records étaient regroupés en temps relatifs au demi-fond, ceux relatifs au sprint, ceux des épreuves de fond. La capacité d'organisation de la MLT était de façon évidente transférée pour l'encodage des nouvelles connaissances, l'organisation s'opérant selon le schéma hiérarchique d'Ericsson (1995) et Gobet (1996b), en chunks, templates, structures de relations entre patrons d'assemblage.

Cossey (1997) a mis en évidence chez des scolaires de 13 et 14 ans et demi la corrélation entre un travail métacognitif et les résultats en raisonnement mathématique : plus les occasions étaient répétées d'un travail méta dans des domaines aussi variés que des situations de vie quotidienne, la recherche des raisons justifiant une idée ou la

recherche de patterns d'assemblage..., plus la performance mathématiques s'améliorait.

Kramarski et Mevarech (1997) ont élaboré une méthode de transfert métacognitif appliquée à l'enseignement des mathématiques, qu'ils ont dénommée IMPROVE, qui reprend toutes les étapes d'une intervention pédagogique centrée sur les processus d'acquisition au double niveau du corpus et du transfert :

Introducing the new topics to the whole class
Metacognitive questioning in small groups
Practicing
Reviewing
Obtaining mastery on higher and lower cognitive skills
Verifying and **E**nriching.

Dans des tâches de résolution de problèmes, les sujets ayant suivi cette méthode se sont révélés significativement plus performants que le groupe témoin. Dans une nouvelle expérimentation sur une durée d'une année scolaire auprès de 182 sujets de 12 ans et 4 mois de moyenne, Kramarski et Mevarech ont testé deux versions de leur méthode IMPROVE, la première consistant en une intervention métacognitive dans deux disciplines à la fois, l'anglais et les mathématiques, la seconde portant sur la seule matière des mathématiques (Kramarski & Mevarech, 2001) ; dans les deux cas, la pédagogie reposait sur un travail coopératif en petits groupes. Les résultats ont fait apparaître un avantage significatif du groupe 'multilevel metacognitive training' sur le groupe 'unilevel metacognitive level' dans la tâche contrôle portant sur un problème de vie quotidienne, tout comme dans la tâche de raisonnement mathématique.

Dans leurs expérimentations, ces auteurs ont travaillé sur une seule configuration d'enseignement, celle du travail coopératif, sans comparaison avec un dispositif de travail individuel. Ils s'appuient pour justifier ce choix sur la démonstration faite par d'autres auteurs de l'intérêt des formes de travail coopératif, dès lors que l'un des objectifs poursuivis est de faire surgir les connaissances antérieures et de les confronter aux apports nouveaux (Wittrock, 1986 ; Slavin, 1996). La phase d'auto-évaluation par petits groupes des stratégies suivies et de leur efficacité serait également plus fructueuse pour tous les sujets, y compris pour ceux présentant les moins bonnes capacités métacognitives (Mevarech & Light, 1992). Ces derniers sujets au cours du travail en commun d'élaboration d'une stratégie de résolution bénéficient des explications de leurs camarades et entendent leurs justifications et arguments préalablement à la réalisation de la tâche. Schoenfeld (1985) et Stein et al. (1996) ont attesté de l'utilité et de l'efficacité d'une telle discussion par petits groupes pour l'apprentissage des mathématiques.

Une didactique du transfert suppose, par conséquent, la prise en compte de ces éléments relatifs aux dispositifs de l'environnement d'apprentissage, tout comme doit l'être, parmi les formes possibles, le recours au mode ludique que nous allons brièvement aborder avant de les reprendre plus longuement dans la discussion générale (6ème partie).

32-1 Les stratégies ludiques

La prise en compte de la motivation du sujet a depuis longtemps conduit les pédagogues

à recourir à des stratégies intégrant entre autres le jeu comme outil.

Y-a-t-il un avantage comparatif en faveur des méthodes reposant sur le ludique par rapport aux méthodes centrées sur des supports plus traditionnels ?

Les **jeux de simulation sur ordinateur** ne sont-ils qu'un jeu ou bien un précieux support outil d'aide à la pédagogie ?

De nombreuses études et expériences ont tenté de répondre à cette question.

Henderson et al. (2000) répondent par l'affirmative à la question de l'intérêt des jeux de simulation sur ordinateur. Pillary et al. (1999) ont analysé l'intérêt de la pratique chez l'adolescent des jeux sur ordinateur. Ils ont mis en évidence le fait qu'au cours de ces jeux les sujets utilisaient de nombreux processus complexes : interprétation d'informations implicites, raisonnement inductif, contrôle et évaluation des stratégies suivies et de leur efficacité en situation de résolution de problèmes.

Schoen (1996) a étudié les rapports entre la mémorisation et les jeux recourant à des moyens mnémotechniques de type Monopoly. Elle relève l'intérêt de commencer tout travail sur la mémoire par des jeux à base de moyens mnémoniques.

Guberman et Greenfield (1991) donnent un éclairage sur les résultats de **la pratique régulière des jeux vidéo**. Celle-ci développerait les aptitudes visuo-spatiales qui se retrouveraient par la suite efficaces dans des tâches scolaires d'appréciation de graphiques. L'activité étudiée, la pratique des jeux vidéo, concerne autant le contenu de l'information traitée que le processus de traitement de celle-ci. Ces conclusions conduisent à remarquer que selon la nature de la tâche et du processus cognitif mobilisé à titre principal, il y aura développement d'une aptitude ou de l'efficacité d'un processus qui seront l'un ou l'autre performants dans des tâches distinctes plus ou moins distantes. On retrouve la distinction proposée par Pennington en matière de transfert entre ce qui concerne le contenu d'une connaissance et ce qui se rapporte à l'aptitude sollicitée pour le travail sur celle-ci.

Ainsi, dans la tâche des Tours de Hanoï, les deux composantes sont bien présentes : le déplacement de disques pour passer d'un état initial à un autre qui recrute l'aptitude à l'exploration mentale d'un enchaînement de plusieurs coups et, dans les cas complexes, le découpage en sous-butts permettant de simplifier le calcul en profondeur des enchaînements de coups. Le fait d'avoir su résoudre un problème simple, par exemple avec solution optimale en 5 coups, ne prédit pas le succès dans une variante plus complexe, par exemple dans un problème avec solution optimale en 14 coups. Ce qui sera déterminant c'est l'aptitude cognitive, qui sera construite ou non lors de la résolution d'une variante complexe à générer une méthode de découpage en sous-butts, ou à se représenter en images mentales les déplacements pour simuler les résultats (Kotowski, Hayes & Simon, 1985).

Conclusion

Nous avons dans cette deuxième partie examiné deux questions importantes au regard de notre recherche sur l'intérêt d'une didactique échiquienne centrée sur le transfert d'habiletés cognitives.

D'une part, nous avons posé les conditions dans lesquelles peut s'opérer un transfert métacognitif d'habiletés au-delà du contenu de la connaissance initiale servant de support. Nous avons d'autre part envisagé ce que doit être la didactique d'un corpus de savoirs ayant comme objectif non pas seulement l'acquisition de connaissances mais le développement de capacités métacognitives.

Ces deux approches nous ont servi de cadre de référence dans l'élaboration du didacticiel d'échecs que nous avons utilisé dans un deuxième plan expérimental destiné à vérifier notre modèle d'une didactique du transfert, qui constitueront les quatrième et cinquième parties.

Nous allons avant cela présenter les expériences conduites dans le but de vérifier si le jeu d'échecs développe des habiletés cognitives transférables à d'autres tâches de haut niveau.

3^{ème} Partie Le transfert des habiletés cognitives développées par le jeu d'échecs chez l'enfant : premier groupe d'expériences.

Notre premier ensemble d'expériences vise à vérifier si les habiletés cognitives mobilisées par la pratique du jeu sont spécifiques au domaine ou sont transférables, pour partie, à d'autres tâches non échiquéennes.

Comme pour toutes les habiletés requises par des tâches complexes, l'exigence expérimentale nécessite d'être capable d'isoler les diverses composantes de celles-ci ; il est par conséquent obligatoire de limiter une expérience à l'un des aspects, et de traiter les composantes l'une après l'autre.

Cet ensemble comporte en conséquence quatre expériences, qui couvrent les principaux processus dont nous avons dégagé précédemment la part principale qu'ils prenaient dans la pratique des échecs sous les trois grandes fonctions mémoire, visuo-spatiale et combinatoire.

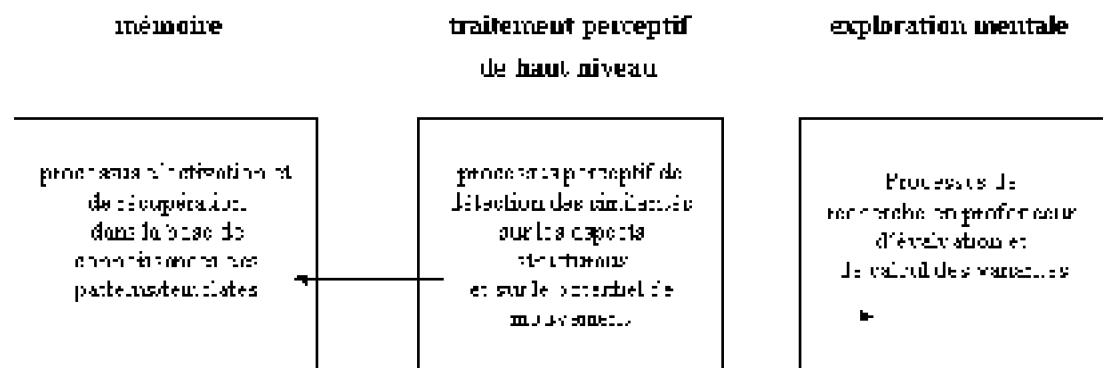


Figure 46 : Les processus cognitifs parallèles de l'habileté échiquéenne.

La **première expérience** porte sur le chunking visuo-spatial dont nous avons vu qu'il constituait le facteur principal de l'activité de construction de la base de connaissances et qu'il expliquait les performances au rappel de positions. Nous avons souhaité vérifier, dans un protocole reprenant une tâche de mémorisation et de rappel, si l'habileté du chunking était transférable, c'est-à-dire si des sujets joueurs, par comparaison à des sujets contrôle non-joueurs, obtenaient de meilleurs résultats au rappel d'un matériel non échiquéen. En d'autres termes, y-aurait-il, grâce à la pratique, création d'une habileté au traitement d'items en grand nombre par recours à une stratégie d'assemblage en sous-ensembles ayant des étiquetages possibles ?

Nous avons ensuite émis l'hypothèse qu'il pouvait exister des liens entre le chunking d'une part, la construction de réseaux sémantiques et la stratégie de catégorisation d'autre part, lorsqu'il s'agit de la **mémorisation d'un matériel purement verbal**. Ceci a fait l'objet d'un **deuxième protocole expérimental**. Les sujets joueurs n'auraient-ils pas plus aisément recours à ce type de stratégie du regroupement par catégorie sémantique lorsqu'ils sont confrontés à une liste de mots qu'ils doivent apprendre ?

Pourquoi émettre cette hypothèse ?

Nous avons posé celle-ci dans le prolongement du parallélisme établi par Gobet (1996) entre son modèle d'organisation de la base de connaissances et les modèles de structuration du registre lexical et des arbres sémantiques (Collins et Quillian, 1969) d'une part, et le modèle de diffusion de l'activation dans la mémoire sémantique (Collins et Loftus, 1975). Les sujets qui traitent des stimuli – en l'occurrence des configurations de pièces d'échecs- ne procèdent-ils pas de façon systématique à un traitement de ceux-ci, les organisant en une structure ayant un sens référant à des patterns déjà vus, ce qui faciliterait leur entrée en base de données ?

En troisième lieu, la part considérable de l'exploration en profondeur et de calcul des variantes des enchaînements de coups telle que nous l'avons présentée dans la première partie nous obligeait à vérifier l'hypothèse implicite du développement des capacités dans ce domaine, hors le seul jeu d'échecs. La **troisième expérience** a proposé une tâche de **résolution de problèmes** prototypique pour l'étude de ces fonctions exécutives, l'épreuve des tours de Hanoi.

La **dernière expérience** a eu pour objet d'analyser la **nature de la composante stratégie de traitement visuo-spatial**. Est-ce que la pratique du balayage visuel de

l'échiquier et du traitement du mouvement potentiel par imagerie mentale développe une habileté dont les bénéfices seraient étendus à toute tâche de traitement des relations spatiales et des stimuli visuels ? Nous avons mentionné que certaines équipes de chercheurs avaient établi l'effet du jeu vidéo sur les capacités de traitement des stimuli visuels, mais la littérature ne nous renseigne pas sur l'occurrence de cet effet dans le cas de la pratique échiquéenne.

Chapitre 8 Expérience 1 : Mémorisation visuo-spatiale et Chunking

Pour cette première expérience, nous avons travaillé sur une partie limitée de l'habileté échiquéenne, l'utilisation de regroupements ou chunks en vue du stockage en MLT.

Les expériences de Schneider (1992) et Demerval (1992) rapportées dans notre première partie attestaient du transfert dans une tâche contrôle non échiquéenne de l'habileté du chunking. Ce transfert était corrélé au niveau échiquéen atteint. Nous avons voulu vérifier si nous pouvions répliquer ces résultats et établir expérimentalement que la pratique des échecs aidait les enfants dans leur stratégie d'organisation d'un matériel à mémoriser.

Le second objectif de ce protocole avait trait au transfert : nous avons souhaité évaluer la capacité de transfert d'une stratégie de catégorisation visuo-spatiale proposée lors de l'expérience, et apprécier le rapport entre la performance et la verbalisation de la stratégie.

Comme nous le ferons pour chacune des expériences rapportées, nous préciserons dans une première partie le cadre théorique et les objectifs de la tâche retenue, puis nous présenterons la méthode, enfin, nous analyserons les résultats, avant de proposer une interprétation et la portée de ceux-ci.

1 – Problématique théorique et objectifs

Nous poserons d'abord le contexte théorique du chunking avant d'aborder la question de l'effet sur la performance du rappel de l'apport en cours de tâche d'une stratégie de chunking

11 Le chunking

L'aptitude à effectuer des regroupements d'éléments en sous-ensembles significatifs, le chunking, est un phénomène de base dans le processus de mémorisation et dans d'autres processus cognitifs tels que la perception ou la résolution de problèmes comme nous l'avons vu au chapitre 1.

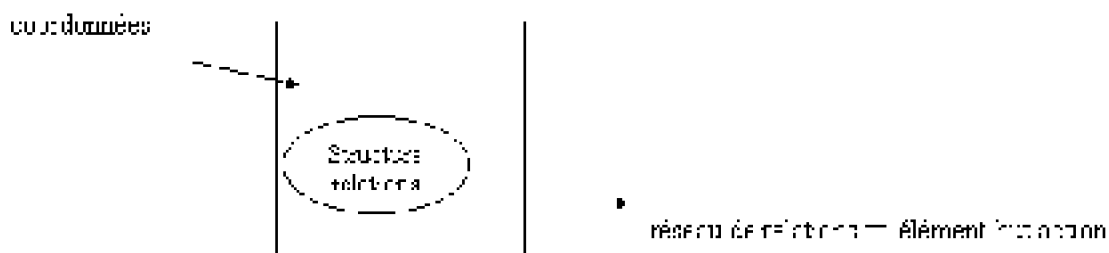
La question peut être posée en deux temps et selon les deux schémas présentés ci-dessous.

1 – Le travail sur l'échiquier recrute en permanence plusieurs fonctions.

Il y a premièrement une sous-habilité liée à la présence du dispositif spatial des 64 cases de deux couleurs et de son système de coordonnées orthogonales qui aide à localiser les pièces : un Fou en c4 des pions en f2, g2, h2 ... La sous-habilité recrutée concerne le traitement par repérage dans un ensemble de coordonnées et, de façon plus générale, dans tout système de coordonnées aux étiquettes diverses. Lorsque l'oeil cherche à lire les coordonnées d'une case et pour cela va repérer sur l'axe des ordonnées de quelle rangée il s'agit, ou sur l'axe des abscisses de quelle colonne il s'agit, il active un processus de traitement des coordonnées spatiales métriques et la répétition de l'opération automatise la tâche. Nous savons en architecture anatomo-fonctionnelle neuronale que ceci correspond à un sous-système de traitement (Kosslyn & Koenig, 1992). On peut penser que la pratique développe par conséquent cette sous-habilité de traitement. Les sujets auront plus de facilité et de pertinence dans leur jugement des relations spatiales, par exemple lorsqu'il s'agira d'apprécier la métrique des relations entre deux objets.

Ce repérage peut être aidé par un découpage en espaces distincts telles que les parties de l'échiquier – le camp des Noirs celui des Blancs, l'aile Dame l'aile Roi -. Il s'agit là d'une deuxième composante qui porte sur l'élaboration de l'espace en parties organisées plus aisément traitables. Ceci peut correspondre à des tâches diverses courantes telles que la réalisation d'un graphe, ou la lecture d'un tableau à double entrée, ou encore le marquage spatial de figures ou de formes pour les repérer ou les orienter.

La sous-habilité est par conséquent composée à la fois d'une fonction **indilage par coordonnées**, et d'une fonction **mise en réseau des éléments du dispositif** selon les clés spécifiées de ceux-ci, tels que valeurs comparées de taille, de formes ou de couleurs, ou positionnement - plus haut que, plus bas que – en rapport avec d'autres réseaux voisins.



Enfin, l'élément-but de l'encodage donne une finalité particulière à celui-ci puisque tout est rapporté à l'objectif d'attaque du Roi adverse, avec comme étapes intermédiaires le gain de l'espace ou la capture de pièces de l'adversaire.

Cette fonction-but pourra être absente dans des tâches autres que le jeu d'échecs, ou bien pourra s'afficher à une valeur nettement moins forte et motivante. Quelle est, par exemple, la valeur du but d'une tâche proposant de mémoriser des objets aux formes géométriques sur un dispositif spatial? A quoi cela sert-il se demandera le sujet à qui cette tâche est proposée, surtout s'il s'agit d'un élève de CM2 qui est habitué à jouer aux

échecs et intègre au traitement qu'il réalise l'enjeu du gain de la partie ? Si nous insistons sur cette troisième fonction c'est qu'elle fait ressortir la difficulté de certains protocoles expérimentaux lorsque ceux-ci s'écartent de tâches rencontrées dans la vie quotidienne des sujets. La portée de cette remarque est d'autant plus grande que les sujets sollicités sont des scolaires et non pas des étudiants que la récompense en échange de leur participation motive (compensation financière ou demi-point à l'épreuve de fin de semestre). Cette chute de la tension propre à la motivation liée à l'enjeu constitue un biais expérimental possible que nous devons mentionner, certes qui peut être postulée pour l'ensemble des sujets.

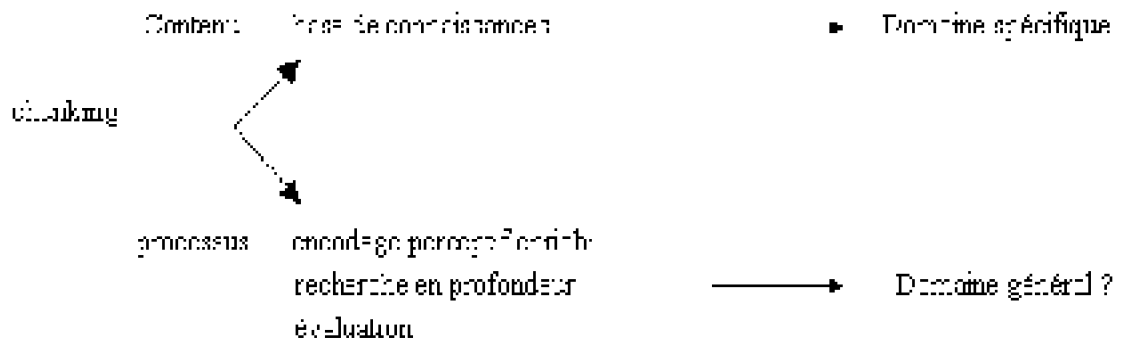
2 - La capacité à tenter d'organiser en sous-ensembles tout matériau à mémoriser constitue sans doute une méthode plus ou moins courante, consciente ou non, chez chacun des sujets pensants.

La question se pose alors de savoir si l'expert d'un domaine spécifique est capable de transposer à tout nouveau matériel sa propre expertise d'organisation d'items en chunks, et ainsi d'être plus performant que d'autres dans des domaines étrangers à son expertise.

En d'autres termes, la 'chunking theory' est-elle 'Domain-Specific' ou 'Domain-General' ? Le chunking est-il spécifique à l'expertise échiquéenne et au domaine de l'expertise, ou n'est-il pas également un procédé méthodologique de traitement perceptif d'objets ou d'items en vue de leur mémorisation dès lors que ceux-ci sont en grand nombre ?

Nous pouvons résumer en un schéma l'analyse faite du chunking échiquéen dans notre première partie et illustrer ainsi cette question posée du caractère spécifique ou général de cette habileté.

Il y a lieu de distinguer le contenu disciplinaire et les processus recrutés à l'occasion du travail sur ce corpus, comme par exemple la recherche du meilleur coup à jouer.



12 - Hypothèse expérimentale

Notre hypothèse expérimentale est que la distinction entre contenu et processus devrait se retrouver dans le transfert.

En effet, si dans un exercice de rappel d'une configuration d'objets non-échiquéens des sujets non-joueurs d'échecs traitent les objets en fonction de leur proximité et

cherchent à mémoriser un motif ou un dessin de regroupement, en d'autres termes s'ils recourent aux processus fondant le chunking, ils devraient alors se situer au même niveau de performance que les sujets joueurs. L'hypothèse d'une performance améliorée des sujets joueurs, dès lors qu'elle serait vérifiée, ne pourrait s'expliquer que par un meilleur apprentissage des processus de l'encodage des objets par sous-ensembles en vue de leur mémorisation, et donc par un traitement perceptif plus élaboré. La performance ne serait en conséquence pas liée exclusivement à la matière échiquéenne contrairement à ce que postule la thèse couramment admise des habiletés 'Domain-Specific'. La question mérite d'autant plus d'être posée que la plupart des expériences conduites autour du paradigme expert-novice ont en effet conclu à une performance de l'expert voisine de celle du novice, dans le rappel de positions dites aléatoires où les pièces sont placées sur l'échiquier au hasard tout en respectant les règles de ce jeu. Ceci a conduit les auteurs à énoncer le postulat du caractère 'domain-specific' du chunking.

A ce stade, nous pouvons émettre de sérieuses réserves sur l'un des points des protocoles retenus dans la plupart des expériences sur ce paradigme experts-novices, qui concerne le temps de présentation des positions à mémoriser. La dégradation du rappel de positions aléatoires est de fait impressionnante dans les études que nous avons analysées en première partie. Mais on peut s'autoriser à relativiser les conditions d'obtention de tels résultats. Ne faut-il pas en effet s'interroger sur la durée d'exposition dans le cas de positions aléatoires. La très faible durée majoritairement retenue (5 secondes dans la plupart des expériences sur l'expertise échiquéenne) est destinée à vérifier si un pattern a été stocké en MLT et à révéler le mode d'organisation de celle-ci chez l'expert et l'efficacité dans la façon d'y accéder. S'agissant d'une position aléatoire, on sait à l'avance que celle-ci n'a aucune chance d'être présente en MLT, l'exposition sur 5 secondes n'a donc aucun sens et n'autorise pas à conclure que l'expert ne serait pas capable d'organiser le matériel à base de chunks à construire s'il disposait de plus de temps pour capturer la configuration présentée. La non-performance dans le rappel de positions aléatoires ne renseigne pas sur l'application ou non du chunking dans ce cas ; encore moins sur l'éventuelle capacité de transfert de cette stratégie de chunking à d'autres domaines. Et ces résultats laissent perplexes au regard de la capacité d'attention sélective développée par un grand-maître qui n'a aucune difficulté à apparier les traits perceptifs d'une Position, n'eût-elle pas de sens du point de vue de sa base de connaissances, à des chunks perceptifs échiquéens telles chaînes de pions, colonnes ouvertes, diagonales... La courte durée de l'exposition, 5 secondes, si elle est adaptée à l'hypothèse d'une reconnaissance-récupération de chunks en MLT, ne saurait être un élément pertinent d'un protocole visant à étudier autre chose que la structuration et l'accès à la MLT.

Pour établir l'éventuel lien entre qualité du rappel et processus d'encodage, et dissocier ce lien éventuel de l'effet du contenu échiquéen, nous avons bâti deux catégories de configurations de stimuli.

La moitié des dispositifs de ronds et de carrés de deux couleurs transposaient des configurations de pièces d'échecs. Un effet contenu était par conséquent introduit destiné à vérifier si un processus de similarité était mobilisé, qui améliorerait la performance du

rappel.

L'autre moitié des dispositifs proposés n'avait aucun sens au plan échiquéen. Aucun effet contenu n'était par conséquent à attendre.

La comparaison des performances du rappel selon les deux catégories de configurations de stimuli devait éclairer sur les effets de contenu ou de processus. Si le rappel des deux catégories de stimuli était semblable pour les deux groupes de sujets joueurs et non-joueurs alors c'est qu'aucun effet de contenu n'était mesuré et que le transfert était lié au seul processus. En revanche, si on observait un avantage significatif en faveur des sujets joueurs pour les deux types de configurations, alors on pourrait en déduire qu'un transfert du processus du chunking, et de lui-seul, s'était opéré.

2 - Méthode

Sujets

Deux groupes de garçons et filles. Le premier comprenant 111 élèves de CM2, d'âge moyen de 10 ans et 10 mois, 40 filles et 71 garçons. Le second de 98 élèves en classes de 5ème ou 4ème de collège, d'âge moyen de 13 ans et 4 mois, 25 filles et 73 garçons. Les 111 élèves de CM2 sont répartis en 56 joueurs et 55 non-joueurs. Les 98 collégiens en 48 joueurs et 50 non-joueurs. La quasi totalité a le français pour langue maternelle, à l'exception de 4 d'entre eux. Ils disposent d'une vue normale ou corrigée. Les dix écoles publiques élémentaires auxquelles appartiennent les élèves de CM2 sont situées dans les différents arrondissements de la ville de Lyon, représentatifs de la variété sociologique de cette ville. Cinq écoles élémentaires sont localisées dans des quartiers qualifiés de populaires des 7ème, 8ème, 9ème, arrondissements, classées pour la plupart en ZED, zone d'éducation difficile, ou en ZEP, zone d'éducation prioritaire; elles ont contribué aux deux tiers de l'effectif. Quatre sont situées dans des quartiers plus aisés, les 5ème, 6ème arrondissements de Lyon, et dans la ville de Caluire, limitrophe de Lyon. Une école bénéficie d'un mode de recrutement particulier, la Cité scolaire internationale, qui est un établissement n'accueillant que des élèves bilingues. Les huit collèges sont situés dans différentes parties de l'agglomération lyonnaise, représentatives sur le plan sociologique : collèges publics dans des quartiers sensibles (Vaulx-en-Velin) ou populaires (Lyon 9ème, Villeurbanne), collèges publics et libres dans les quartiers aisés (Lyon 2ème, Lyon 5ème, Lyon 1er, Lyon 5ème, Lyon 6ème).

Pour 75% des élèves joueurs de CM2 (41 sujets sur 55), la pratique est intégrée par les instituteurs à l'intérieur des heures scolaires, une à deux fois par semaine, et tous les élèves de la classe suivent cette activité. Les autres (14 sujets) ont choisi l'atelier échecs parmi les ateliers pédagogiques libres et pratiquent ce jeu une à deux fois par semaine entre midi et deux heures, le soir à l'heure de l'étude, ou le Mercredi matin. Cet enseignement leur est délivré par les maîtres formés pour cela -trois cas- ou par des animateurs extérieurs provenant du club d'échecs de Lyon. Le fait que les trois quarts de l'échantillon des CM2 appartiennent à des classes où tous les élèves sans exception pratiquent le jeu d'échecs est d'importance au regard d'une objection première souvent

faite selon laquelle les enfants qui choisissent de jouer aux échecs sont prédisposés à cela par leur profil cognitif, aucune conclusion ne pouvant être tirée dès lors d'une observation expérimentale de ces sujets.

Dans les collèges, la totalité des élèves participent aux ateliers échecs sur la base du volontariat, en dehors des heures scolaires. Les enseignants d'échecs sont principalement des animateurs extérieurs (deux professeurs seulement s'en chargent eux-mêmes). Les élèves non-joueurs n'appartenant pas à une classe où les échecs sont pratiqués par tous ont été recrutés par les directeurs d'écoles et les principaux de collèges sur le seul critère d'âge et de disponibilité le jour de l'intervention dans leur établissement, mais avec le souci de variété sociologique ou de résultats scolaires identiques à ceux du groupe des joueurs. Ce point a fait l'objet d'une recommandation particulière lors de l'entretien de présentation du protocole qui a précédé l'intervention pour chaque école ou collège. Seuls deux directeurs d'école ont manifestement ignoré cette consigne et ont choisi les meilleurs élèves dans l'échantillon non-joueurs CM2 (9 sujets).

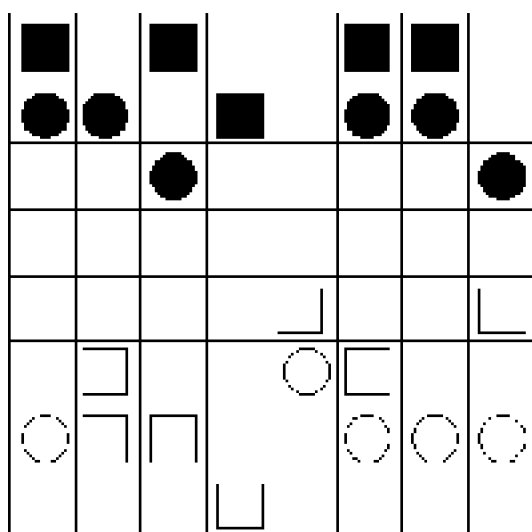
Les sujets ont passé le protocole d'exercices dans leur établissement scolaire aux heures de leur atelier échecs, dans la salle d'informatique ou, lorsque celle-ci n'existait pas, dans la salle utilisée habituellement pour l'atelier, ou encore dans la BCD du collège.

Les maîtres et professeurs ont eux-mêmes informé les parents de l'objet et du contexte de la recherche poursuivie et, pour la plupart, ont sollicité l'autorisation formelle de ceux-ci. Les établissements ont été choisis en fonction de l'existence ou non d'ateliers d'échecs, information dont nous avons eu connaissance à la fois par les Inspecteurs de l'Education nationale et par les animateurs du club d'échecs fournissant l'essentiel de l'effectif de l'encadrement. L'autorisation d'intervention dans les écoles et collèges a été obtenue préalablement de Monsieur l'Inspecteur d'Académie sur présentation du projet de recherche, qui, après nous avoir accordé un entretien, a averti ses inspecteurs de circonscription et sollicité leur concours.

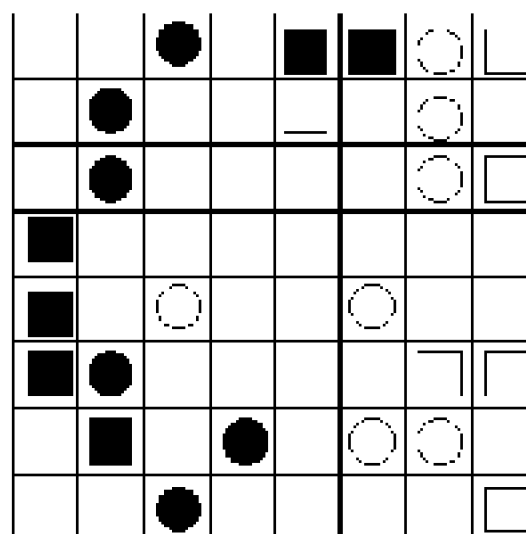
Stimuli

Cinq tâches de rappel ont été conçues. Elles consistent en la reconstruction de configurations de carrés et de ronds de deux couleurs différentes, disposées sur un échiquier dont les cases noires ont été supprimées. La neutralisation de l'aspect échiquéen a permis de faire travailler l'ensemble des sujets sur une tâche cognitive étrangère au domaine échiquéen.

Chacune des cinq Positions que les sujets ont à rappeler comporte entre 19 et 25 objets. Selon les paramètres du modèle de Chase et Simon nous avons retenu pour chaque Position entre 4 et 6 chunks comportant un nombre moyen d'objets allant de 3 à 7.



exemple de Position de type échiquéen



exemple de Position de type non échiquéen

Deux séries de 5 Positions ont été conçues : les unes de type échiquéen, pour lesquelles les ronds et carrés ont été disposés sur l'échiquier en s'inspirant de la place qu'occuperaient les pièces d'échecs dans des positions de parties réelles jouées par des grands-maîtres ; les autres correspondent aux mêmes configurations que les premières mais ayant subi une translation à 90 degrés leur ôtant toute signification sur le plan échiquéen (cf. annexe 1).

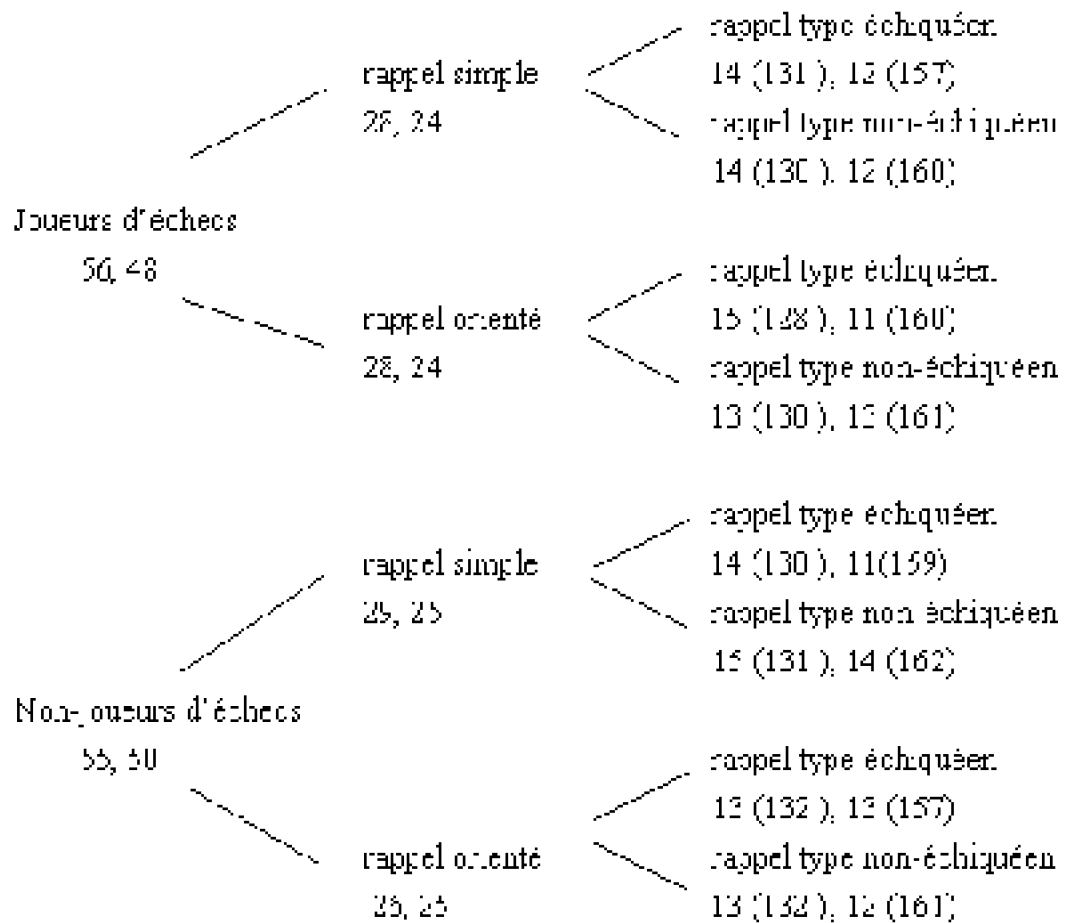
Les Positions entre les tâches de rappel 1 et 5 s'éloignent progressivement de schémas de début de parties et deviennent plus complexes sans qu'elles puissent être rattachables à un type d'ouverture - défense par des joueurs de cet âge.

Matériel

Les Positions sont présentées en couleur sur un écran d'ordinateur et le rappel se fait sur ce même écran. Une colonne fine sur toute la hauteur de l'écran apparaît sur la droite, à l'intérieur de laquelle le niveau descendant seconde par seconde indique le temps écoulé.

Pour uniformiser les conditions du matériel nous avons utilisé quatre PC portables Dell de 13 pouces d'écran, 1024x768, couleurs 36 bits, sous Windows 98 Pentium III, ainsi que les PC des établissements lorsqu'ils travaillaient sous Windows 98. Chaque sujet dispose d'un casque d'écoute afin d'entendre les consignes et explications et dans le but de ne pas être gêné par ses camarades assis à côté de lui. Le logiciel spécifique écrit en Visual Basic a été testé en situation auprès d'élèves de CM2 dans deux écoles préalablement à l'expérience.

Procédure



Nous présentons ci-dessus l'arbre de l'échantillon selon les conditions, correspondant à chaque groupe d'âge, CM2 (premier chiffre) et collégiens (second chiffre) ; l'âge moyen en nombre de mois figure entre parenthèses.

Plusieurs phases se succèdent, de nature différente.

1.

Une phase d'apprentissage de la manipulation de la souris et des ronds et carrés sur l'échiquier permet aux sujets d'apprendre à piocher les objets en haut de l'écran pour les disposer sur les cases de l'échiquier. Cette phase a également pour but de les familiariser avec la nature de la tâche de rappel qui va leur être proposée. Sur l'écran apparaissent côte à côte deux échiquiers, les sujets sont invités par consigne écrite sur l'écran et par voie sonore, à reproduire sur l'échiquier vide la position figurant sur l'échiquier de gauche. Ils ont une minute pour mener à bien cette tâche. En haut de l'échiquier figurent les quatre formes d'objets. Dès l'usage d'un objet, le cartouche se remplit aussitôt d'un autre. Le sujet pioche le nombre d'objets qu'il désire; ceux-ci sont

disponibles dans la limite du double du nombre présents dans la position. Un objet posé sur l'échiquier peut être repris afin d'être changé de case mais il ne peut pas être remis dans la pioche. Trois exercices de ce type sont présentés, comportant un nombre croissant d'objets (4, 6, 8). Après cette phase d'apprentissage commence le premier des cinq exercices de rappel.

2.

La Position apparaît durant 20 secondes, avant de disparaître, laissant place à l'échiquier vide. L'enfant dispose d'une minute pour rappeler la Position. La minute écoulée, la Position est de nouveau présentée pour la même durée de 20 secondes. Nous n'avons pas retenu de temps de latence entre la disparition de la Position après sa présentation durant 20 secondes et le démarrage du rappel, à la différence de Gobet qui laisse 5 secondes, lesquelles peuvent être mises à profit par le sujet pour la répétition intérieure. La procédure est ainsi répétée pour les trois essais dont dispose le sujet pour chaque Position. Entre chaque Position, une photo apparaît au centre de l'écran pour un temps de repos d'une durée de 30 secondes. Avant chaque nouvelle Position, la consigne est rappelée par écrit sur l'écran et par le canal son de l'ordinateur.

3.

Entre le rappel de la première et de la deuxième Position, la moitié des sujets se voient proposer par le canal son et à l'aide d'un exemple de Position apparaissant sur l'écran, une stratégie d'organisation du matériel à rappeler. Ils sont ainsi invités à enrichir l'encodage en procédant par sous-ensembles et à donner un motif à ceux-ci. Un clignotement des objets cités oralement lors de la démonstration du chunking permet de suivre de façon simultanée les explications. Cette stratégie consiste principalement à diviser l'échiquier en quatre quadrants traités l'un après l'autre, à l'intérieur desquels les objets sont mémorisés en identifiant le ou les motifs de regroupement de ceux-ci ainsi que les traits spécifiques de ces motifs. Il n'est toutefois pas demandé expressément aux sujets d'appliquer cette stratégie pour les rappels suivants.

4.

A l'issue du cinquième et dernier rappel, le sujet est questionné individuellement et oralement par l'expérimentateur sur la méthode qu'il a suivie pour essayer de mémoriser le maximum d'objets. Il s'agit de vérifier si le sujet est capable de rendre compte oralement de l'existence ou non d'une méthode pour l'accomplissement de la tâche de mémorisation. Pour quantifier l'éventuelle corrélation entre la performance du rappel et la capacité à verbaliser la stratégie suivie, nous avons utilisé un score constitué de points en fonction de la mention de substantifs ou verbes énoncés spontanément par le sujet, susceptibles de caractériser la méthode suivie de façon plus ou moins consciente.

5.

A la fin du protocole, un score s'affiche sur l'écran, qui correspond au pourcentage moyen du nombre d'objets rappelés sur les cinq troisièmes essais dans la condition 3, c'est-à-dire prenant en compte les objets placés sur la bonne case ou sur une case limitrophe quels que soient leurs formes ou couleurs. Cet affichage est uniquement

destiné à donner au sujet une indication sur la tâche qu'il vient d'accomplir et n'est pas une donnée que nous avons traitée. La durée globale du protocole est de 32 minutes.

Traitement des données et calcul des scores.

Les variables dépendantes étaient : le nombre d'objets rappelés, le score de verbalisation de la stratégie, le nombre de chunks et le poids moyen des chunks, le type de rappel (simple ou orienté), et le type de configuration (de type échiquéen ou non). Les variables dépendantes inter-sujets étaient l'âge (CM2, Coll) et la pratique.

Les analyses de variance ont été réalisées sur quatre scores. Nous avons calculé en effet quatre scores pour chacun des 15 essais : trois tenant compte du nombre d'objets rappelés selon des conditions différentes, un quatrième, appelé score de chunking, prenant en compte le phénomène de chunking dans la reconstruction de la Position. Le score 1 dénombre les objets placés sur la bonne case et exacts dans la forme et la couleur. Le score 2, le nombre d'objets placés sur la bonne case mais erronés quant à la forme et/ou la couleur. Le score 3, le nombre d'objets placés sur la bonne case ou sur une case limitrophe quelle que soit la forme ou la couleur. Nous avons mesuré ce troisième score pour tenir compte du principe de localisation relative dégagé par la théorie dans ce type de tâche.

Pour calculer le score de chunking, nous avons retenu la définition de Gobet (1996a) : le placement de toute pièce dès lors que ce placement intervient moins de 3 secondes après le placement de l'objet précédent. Nous n'avons pas retenu, en plus du critère de continuité temporelle, le critère spatial, lequel correspond pourtant à la notion de chunk selon le modèle de Chase et Simon (1973b), c'est-à-dire au regroupement d'objets en un sous-ensemble ayant un sens échiquéen. On pouvait penser en effet que ce double critère de continuité temporelle et de proximité spatiale définissait le mieux le chunk. Outre le fait que s'agissant d'un matériel non-échiquéen le concept de Chase ne nous paraissait pas pertinent dans notre protocole, l'examen visuel des cinq diagrammes des Positions (cf. annexe 1) montre que le dénombrement des chunks devient délicat lorsque des chunks sont contigus, voir sécants (P3, P4, P5). Il faut ajouter que le temps de 3 secondes est bref au regard des opérations successives de déplacement de la souris, pioche de l'objet et placement de celui-ci. Ce facteur de brièveté suffit pour discriminer le placement d'un objet en proximité d'un autre, et donc l'appartenance à un chunk spatial.

Le score de chunking a été calculé en comptant 1 point pour chaque objet posé sous critères relatifs moins de 3 secondes après un premier. Pour une Position, il est donc égal au nombre total d'objets du score 3 moins le nombre de ruptures. La différence entre score 3 et score de chunking donne le nombre de chunks. Le poids moyen du chunk que nous avons calculé est égal au nombre d'objets rappelés au score 3 divisé par le nombre de chunks.

Comme dans toutes les études de rappel dans les expériences portant sur les échecs, le nombre moyen de chunks et son poids moyen exprimé en nombre d'objets sont les deux indices qualitatifs les plus significatifs de la performance du rappel. C'est la raison pour laquelle nous avons calculé ceux-ci.

L'ordinateur enregistrerait chaque placement d'objet sur une case, ainsi que la seconde où s'effectuait celui-ci et la référence de la case d'accueil. Nous disposions par conséquent d'un script pour chacun des 15 essais de chaque sujet, dont les informations permettaient de renseigner sur la méthode suivie selon l'écoulement du temps.

Les données saisies ont fait l'objet d'une analyse de variance (ANOVA) sur l'ensemble des essais ainsi que sur les seuls premiers essais afin de neutraliser l'effet apprentissage. Pour le traitement spécifique du phénomène de chunking et des conditions de l'encodage, nous avons procédé à l'examen d'un échantillon des 3150 scripts individuels.

Hypothèses

Nous retenons les hypothèses suivantes:

un effet de l'âge, les collégiens étant plus performants que les élèves de CM2 ;

un effet de la pratique du jeu d'échecs, les joueurs ayant un taux de rappel plus élevé que les non-joueurs, et le rappel des configurations de type échiquéen étant supérieur à celui des configurations neutres ;

un effet du type de rappel, les sujets bénéficiant entre P1 et P2 d'une proposition de stratégie de mémorisation obtenant un meilleur taux de rappel que les autres ;

enfin, un effet de l'apprentissage lié au nombre d'essais.

Nous ne savions pas si un effet du genre pouvait exister, mais, s'agissant d'une tâche à forte composante visuo-spatiale, nous avons voulu vérifier si une différence était mesurée.

3 - Résultats

Nous présenterons d'abord les scores relatifs au nombre moyen d'objets rappelés, puis le Score de verbalisation de la stratégie. Ensuite, nous procéderons à l'analyse du chunking.

31 - Les Scores relatifs au rappel

31-1 - Score 1 : nombre d'objets rappelés, placement tous critères exacts.

1 – effet de la pratique

Ce lui-ci est significatif, $F(1,193) = 29.451$, $p < .0001$, les sujets joueurs rappellent en moyenne 11.4 objets contre 9.5 pour les non-joueurs, soit + 20%.

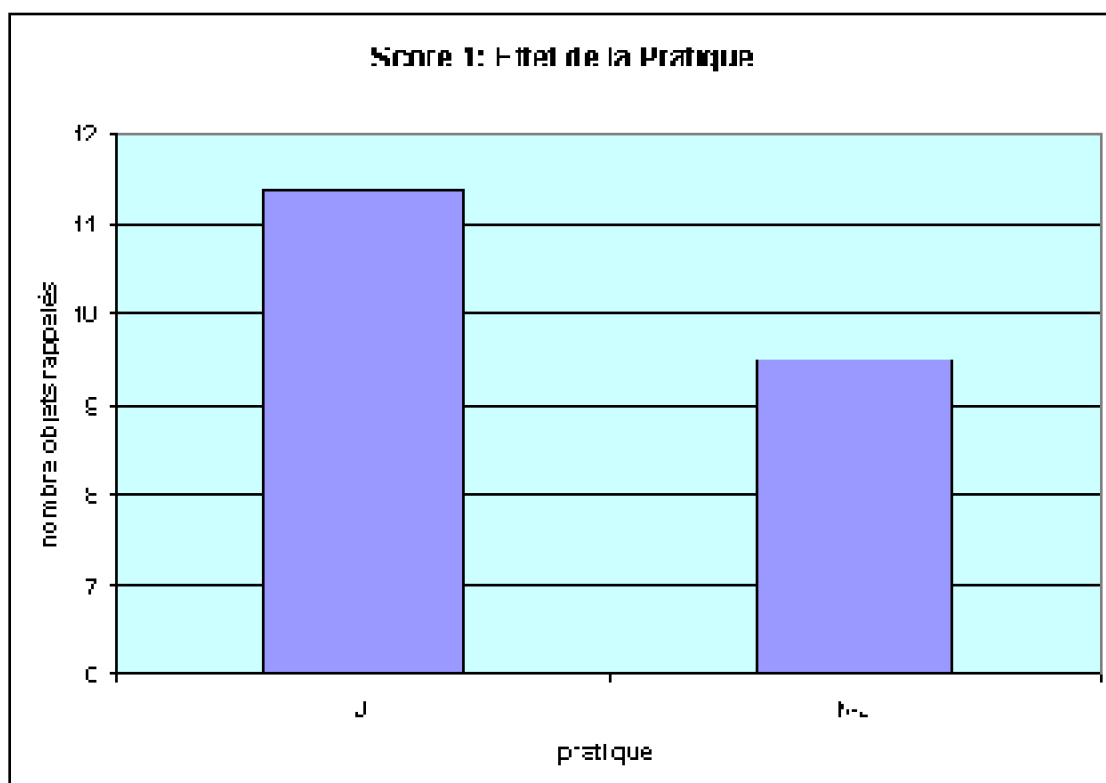


Figure 47 : Score 1 Rappel selon la pratique.

2 - effet de l'âge

Les collégiens rappellent en moyenne sur leurs quinze essais 11.5 objets contre 9.5 pour les CM2, soit + 21%, $F(1,193) = 30.541$, $p < .0001$.

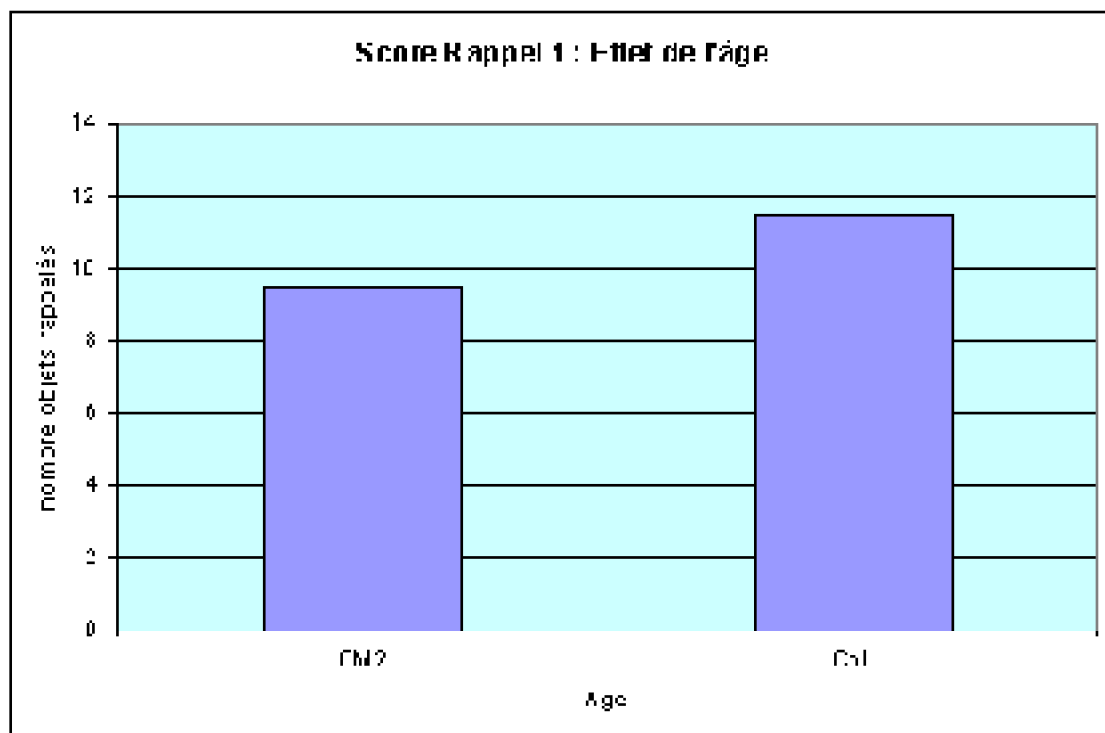


Figure 48 : Score 1 Rappel selon l'âge.

3 - effet du genre

Nous n'avons pas mesuré d'effet significatif du genre sur l'ensemble des sujets. En revanche l'interaction pratique*genre, elle, est significative ($p < .04$). Comme les garçons, les filles joueuses réalisent une performance supérieure à celles des non-joueuses, mais l'écart est plus élevé chez les filles (+ 24.8% vs + 9.6%).



Figure 49 : Score aux 1ers essais selon le genre.

Leur score aux seuls premiers essais est proche de celui des garçons, alors que l'écart entre garçons et filles non-joueurs est beaucoup plus important (- 4.8% vs -19.5%). **Dans cette tâche à composante visuo-spatiale les filles obtiennent de moins bonnes performances, mais la pratique échiquéenne réduit l'écart.**

4 – effet de l'apport d'une stratégie

Contrairement à notre hypothèse, les sujets dans leur ensemble rappellent le même nombre d'objets, qu'ils aient bénéficié ou non entre P1 et P2 d'une proposition de stratégie, $F < 1$.

5 – effet de la configuration

Lorsque l'ensemble des essais est pris en compte, il n'y a aucun effet du type de configuration proposée, $F(1,193) = 1.157, p < .283$. Mais, si l'on retient les seuls premiers essais pour effacer l'effet apprentissage et ne mesurer que la performance intrinsèque, la configuration devient significative: les configurations de type échiquéen sont mieux rappelées que les neutres **par l'ensemble des sujets**, $F(1,193) = 7.049, p < .0086$.

6 - effet de l'apprentissage

Entre les 3 essais, les Scores varient naturellement de façon sensible, $F(2,386) = 1193, p < .0001$; 6.7 objets rappelés au 1^{er} essai, 10.9 objets au 2^{ème} essai, 13.7 objets au 3^{ème}. Onze collégiens joueurs sur quarante-huit rappellent l'une des cinq Positions sans

faute dès le 2ème essai, alors qu'aucun non-joueur, ni aucun CM2 n'y parvient. Au 3ème essai, douze collégiens non-joueurs font un sans faute à une Position, dont quatre d'entre eux rappellent deux Positions exactes. Pour les collégiens joueurs, vingt et un sujets rappellent au moins une Position exacte, dont cinq rappellent sans faute deux Positions, trois en rappellent trois, trois en rappellent quatre, un collégien ayant rappelé chacune des cinq de façon parfaitement exacte. Chez les sujets élèves de CM2, au 3ème essai, onze joueurs ont rappelé une Position de façon parfaite, contre six non-joueurs; deux CM2 joueurs ont rappelé deux Positions exactes.

7 - effet de la Position

Un effet massif de la Position a été trouvé, que nous n'avions pas initialement posé comme hypothèse, $F(1,193) = 12.3 ; p < .0001$. Une analyse de contraste permet de localiser cet effet entre P1, P2 et P3. Ces trois Positions n'ayant pas un nombre d'objets à rappeler sensiblement différent (P1=24, P2=20, P3=22), l'explication doit être recherchée dans la taille moyenne des chunks, ce que l'analyse du Score de chunking atteste (cf. infra).

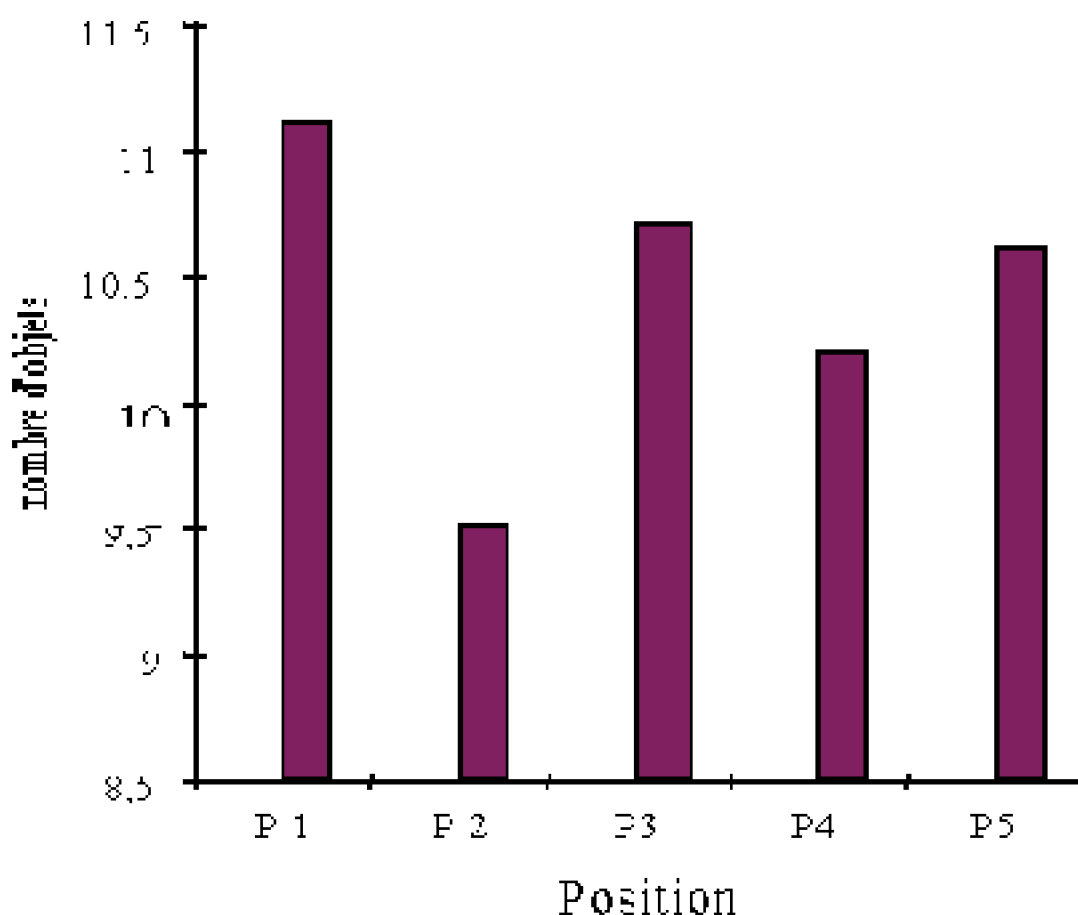


Figure 50 : Rappel Score 1 selon les Positions.

8 – Interactions

- Interaction âge*pratique*essais

L'âge et la pratique influencent l'amélioration de la performance entre les essais. Les collégiens accroissent plus, entre les essais, leur nombre d'objets rappelés que les CM2, $F(4,772) = 7.436, p < .0007$.

De même, d'un essai à l'autre, les joueurs progressent plus que les non-joueurs, $F(4,772) = 6.559, p < .0016$. Dès le 2ème essai, les joueurs se situent pratiquement au niveau du rappel du 3ème essai des non-joueurs: **l'effet de la pratique donne en quelque sorte un essai d'avance**, comme l'illustre la figure 51.

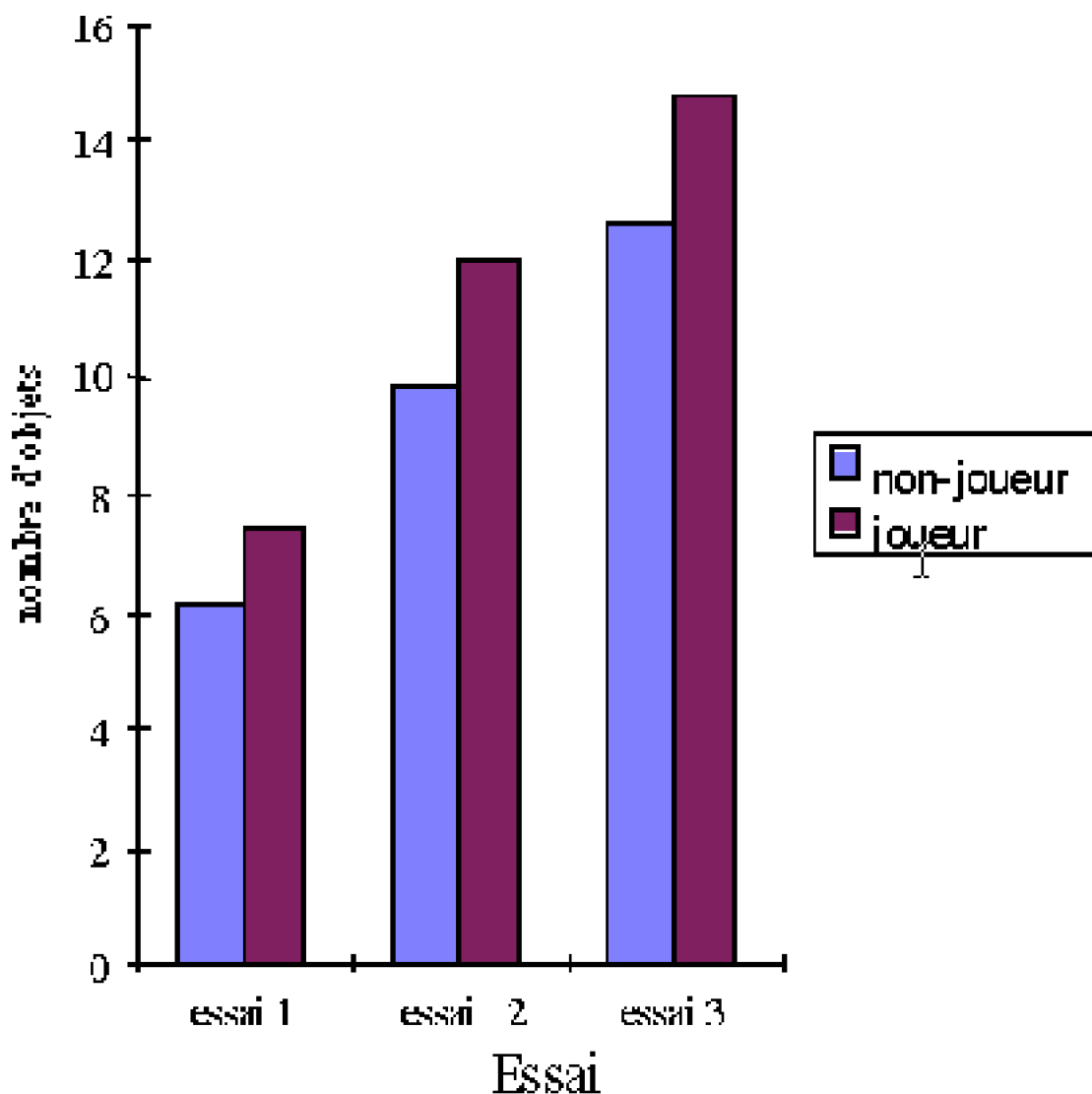


Figure 51 : Rappel Score 1. Interaction essais*pratique.

-Interaction Genre*Pratique*Age

Nous mesurons une interaction triple significative ($p < .04$) entre les variables Age, Pratique et Genre. Les collégiens garçons joueurs sont plus performants que les filles

joueuses, les deux groupes joueurs étant plus efficaces que les non-joueurs. Chez les CM2, les joueurs se situent au même niveau que les non-joueurs Coll, et chez les joueurs CM2, les filles font mieux que les garçons, comme l'illustre la Figure 52.



Figure 52 : Score 1, 1ers essais, Interaction Genre et Pratique selon l'Age.

- Interactions entre Positions et configurations

On relève une interaction significative **entre Positions et Configurations**, $F(4,772) = 13,633$, $p < .0001$, illustrée dans la figure 53.

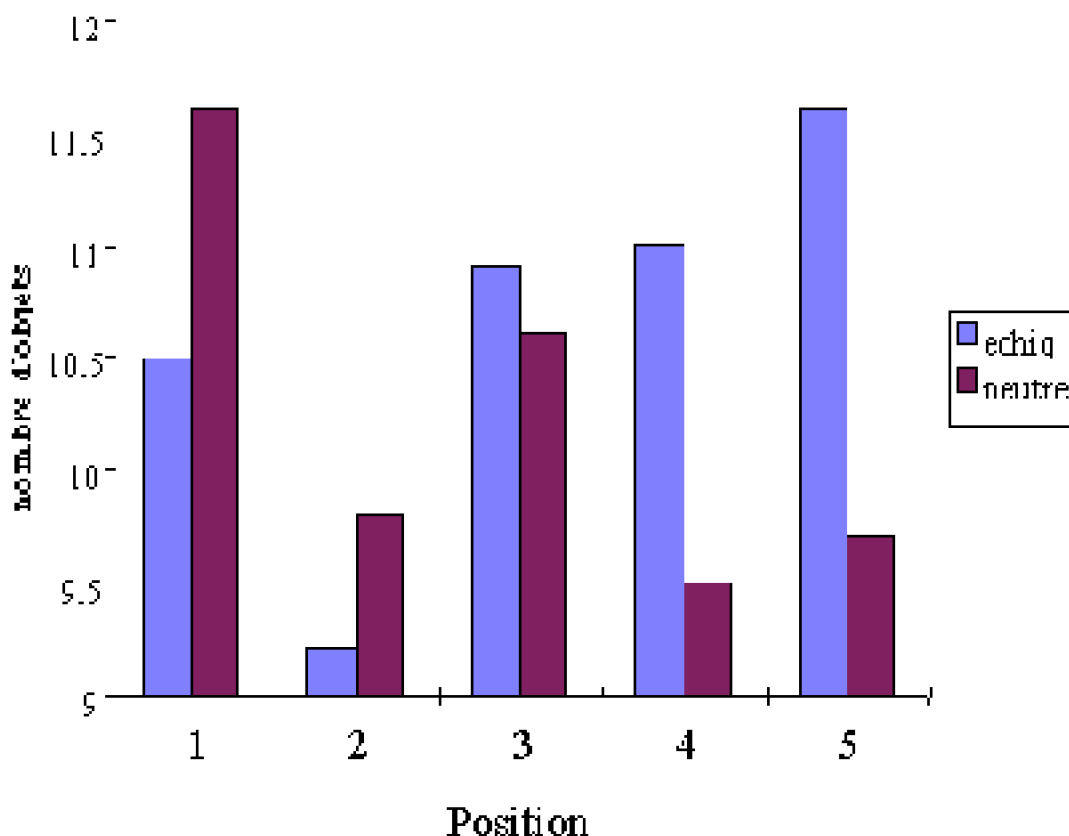


Figure 53 : Rappel Score 1, Interaction Positions * Type de configuration (échiquéen ou neutre).

Alors que le rappel s'améliore entre P1 et P5 pour les configurations de type échiquéen, la tendance est strictement inversée pour les configurations neutres, ce qui semble être le fait des sujets joueurs puisque l'interaction triple est significative, $F(8,1544) = 2,031, p < .0397$.

- Interactions entre Pratique et Positions

Au fil des Positions et essais, les joueurs sont plus efficaces. Alors que l'interaction Positions-Pratique n'est pas significative sur l'ensemble des essais du fait de l'apprentissage dans la tâche, elle le devient si l'on ne prend en compte que les seuls premiers essais, $F(4,772) = 2,499, p < .0414$; les joueurs rappellent 1.2 objets de plus pour toutes les Positions sauf pour la Position 4, où l'écart monte à 2.4 objets (+45%), ce que montre la figure 54.

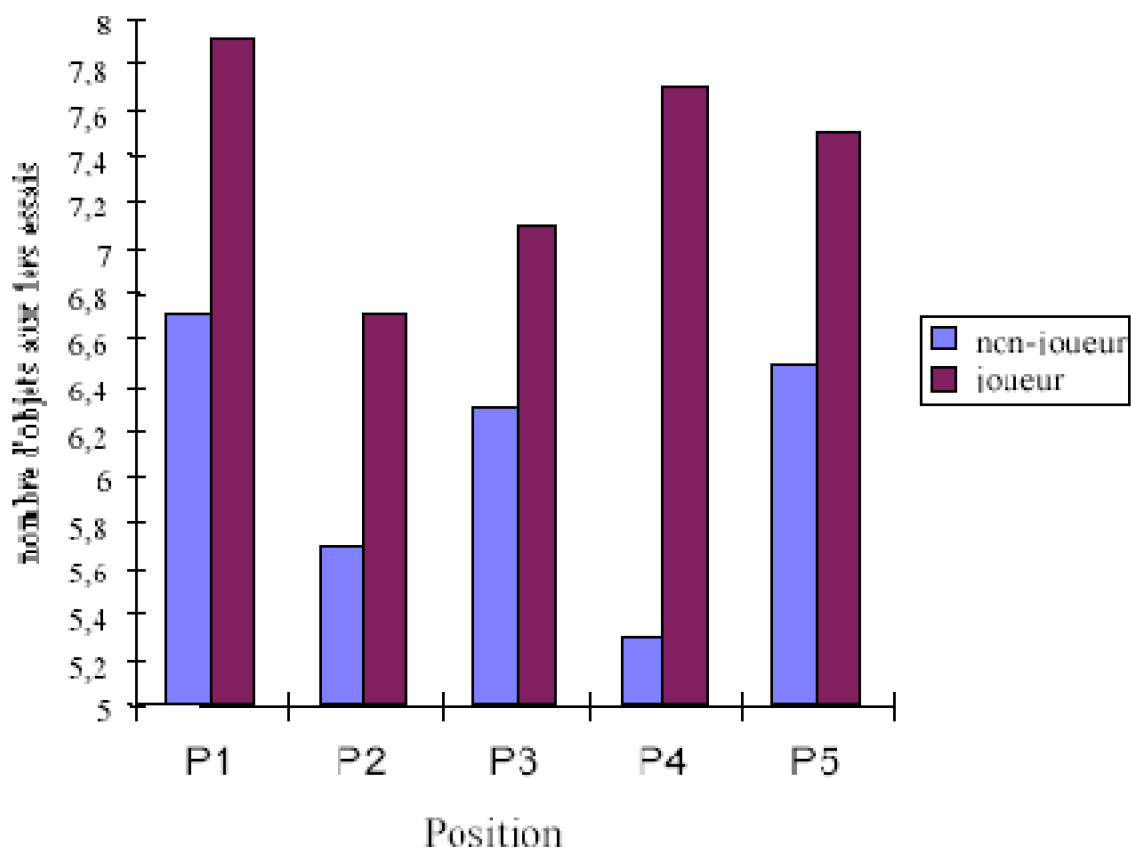


Figure 54 : Rappel Score 1, 1ers essais. Interaction entre Pratique et Position.

L'examen du diagramme de la Position P4 (cf. annexe 1) donne immédiatement l'explication. La Position P4 comportait deux grandes diagonales, dont les traits perceptifs étaient plus saillants que les autres figures, ce que les joueurs ont traité nettement mieux que les non-joueurs. Nous analyserons ce résultat dans un paragraphe de la discussion des résultats.

31-2 - Score 2, placement spatial exact, critères formels relatifs

On retrouve les mêmes effets et interactions que pour le Score 1, légèrement amplifiés.

31-3 - Score 3, tous critères relatifs : cases limitrophes, erreurs de formes et couleurs

Les résultats sont homogènes avec les Scores 1 et 2, avec toutefois 4 objets de plus en moyenne par rapport au Score 1, ce qui dénote **l'importance du critère de localisation relative**. Les collégiens rappellent plus d'objets que les CM2, $F(1,193) = 45,907, p < .0001$. Les joueurs sont plus performants que les non-joueurs, $F(1,193) = 28,975, p < .0001$, et ce, quel que soit leur âge.

L'analyse des seuls 1ers essais permet d'observer une interaction entre les effets Age, Pratique, Type de rappel, Positions, montrant que le rappel des configurations de type échiquéen par les collégiens est meilleur dans la condition rappel orienté que dans la

condition rappel simple,

$F(4,772) = 2,409, p < .0480$, avec une progression entre les Positions.

32 - Le Score de verbalisation de la stratégie

Le score de verbalisation de la stratégie, qui mesure la capacité à verbaliser la stratégie suivie pour la mémorisation, est significativement plus élevé ($p < .05$) pour les sujets ayant bénéficié d'une proposition de stratégie entre les rappels de la Position 1 et de la Position 2.

Ce Score de verbalisation de la stratégie, ne varie pas selon l'âge mais selon la pratique, $F(1,193) = 8,275, p < .0045$, et selon la nature du rappel, $F(1,193) = 7,416, p < .0071$, comme l'illustre la figure 55.

Avec un Score de verbalisation de la stratégie de **1.74 point contre 1.48** pour les non-joueurs (+17%), **les sujets joueurs parviennent plus aisément à évoquer la manière dont ils ont essayé d'encoder la Position**. Ils disent avoir décelé des formes, dessins, figures géométriques, alignements, diagonales, ce qui prouve que le traitement perceptif a été plus riche et l'encodage plus spécifié, lié d'évidence à leur habitude de pratiquer l'échiquier et son système orthogonal. La plupart ont commencé en haut à gauche. Nombreux sont les sujets non-joueurs qui disent avoir essayé de retenir les objets ligne par ligne en comptant les cases occupées et les cases vides, et l'examen de leur script montre qu'ils n'ont rappelé guère plus de 6 ou 7 objets.

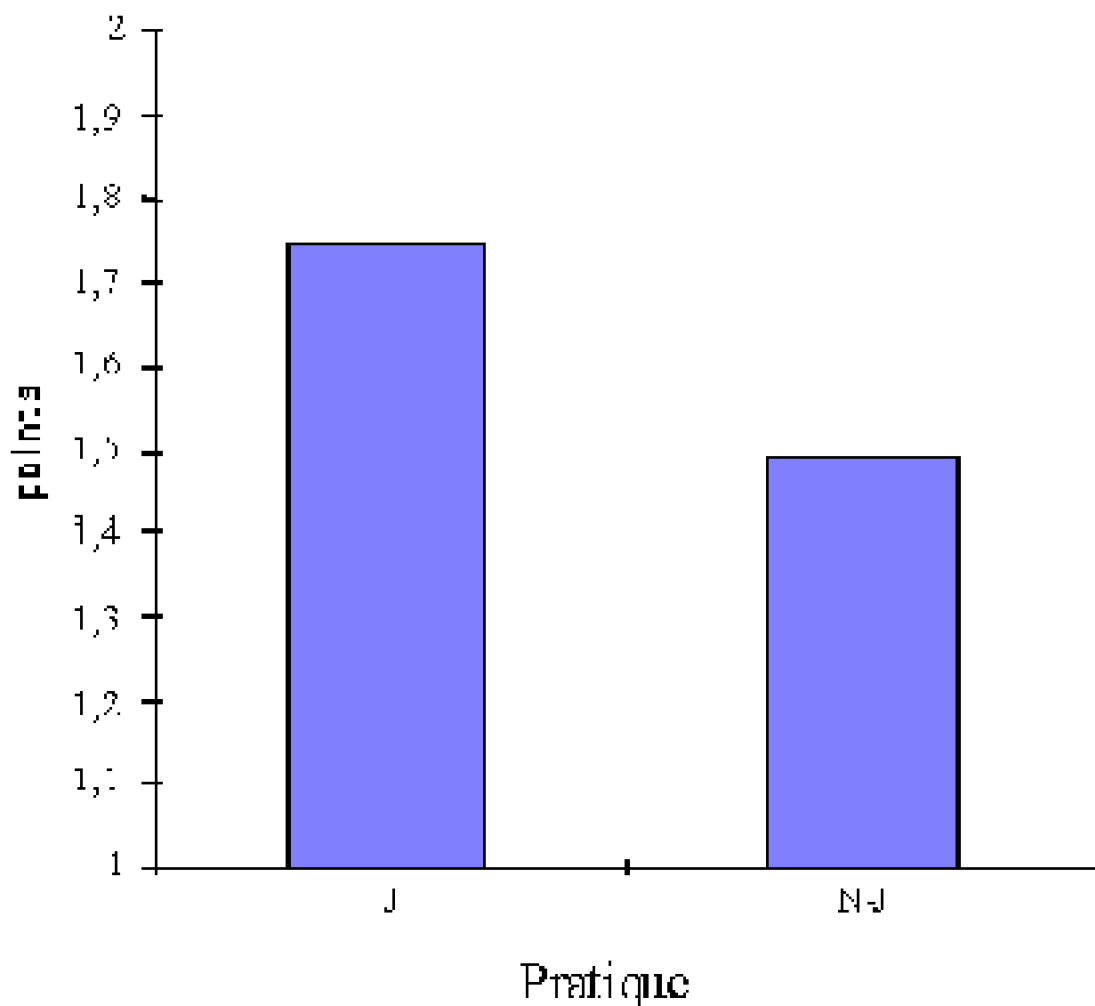


Figure 55 : Score de verbalisation de la stratégie selon la pratique.

Pour le rappel, les sujets de la condition rappel orienté ont un Score de verbalisation de 1.74, ceux de la condition rappel simple un score de 1.49. Les sujets qui se sont vu proposer une stratégie restituent en partie les éléments de celle-ci, même s'ils ne sont pas parvenus à l'appliquer parfaitement et à en tirer une forte augmentation de leur taux de rappel ; nombreux sont ceux qui mentionnent en effet avoir essayé de suivre la méthode suggérée, mais être revenus à la leur, sous la pression du temps.

33 – Les Scores du chunking

Nous avons présenté au point 2 le mode de calcul du score de chunking. Les analyses de variance réalisées comportaient les mêmes facteurs inter-sujets que pour les autres scores : Age (CM2, Coll), Pratique (joueur, non-joueur), et les mêmes variables dépendantes, Type de rappel (rappel simple, rappel orienté), Configuration (de type échiquéen ou neutre), Positions (P1 à P5), Essais (essai 1 à 3), Points de chunking,

Nombre de chunks et Poids moyen du chunk.

Plus le score de chunking est fort, plus le nombre d'objets rappelés en continuité est élevé. L'examen des scripts individuels des sujets a permis de confirmer cette hypothèse dès le premier chunk temporel, ce qui conforte l'idée d'avoir retenu le décours temporel pour la mesure du chunking. Ainsi, les sujets les plus performants ont-ils un nombre d'objets moyen au premier chunk bien plus important que les autres, et bien au-delà des critères spatiaux du premier chunk (cf. Annexe 2).

33-1 - effet de l'âge

L'effet de l'âge est très significatif. Les CM2 obtiennent 7.2 points de chunking, les collégiens 10 (+39%), $F(1,193) = 46.182 ; p < .0001$.

Lorsque ne sont pris en compte que les seuls 1ers essais, la différence de performance dans le chunking est encore plus accentuée (+74%) en faveur des collégiens par rapport aux CM2: 4.9 points de chunking pour les CM2 contre 8.5 pour les collégiens, $F(1,193) = 92,124, p < .0001$.

33-2 - effet de la pratique

Les joueurs obtiennent 9.6 points contre 7.4 aux non-joueurs (+30%), $F(1,193) = 29,642, p < .0001$.

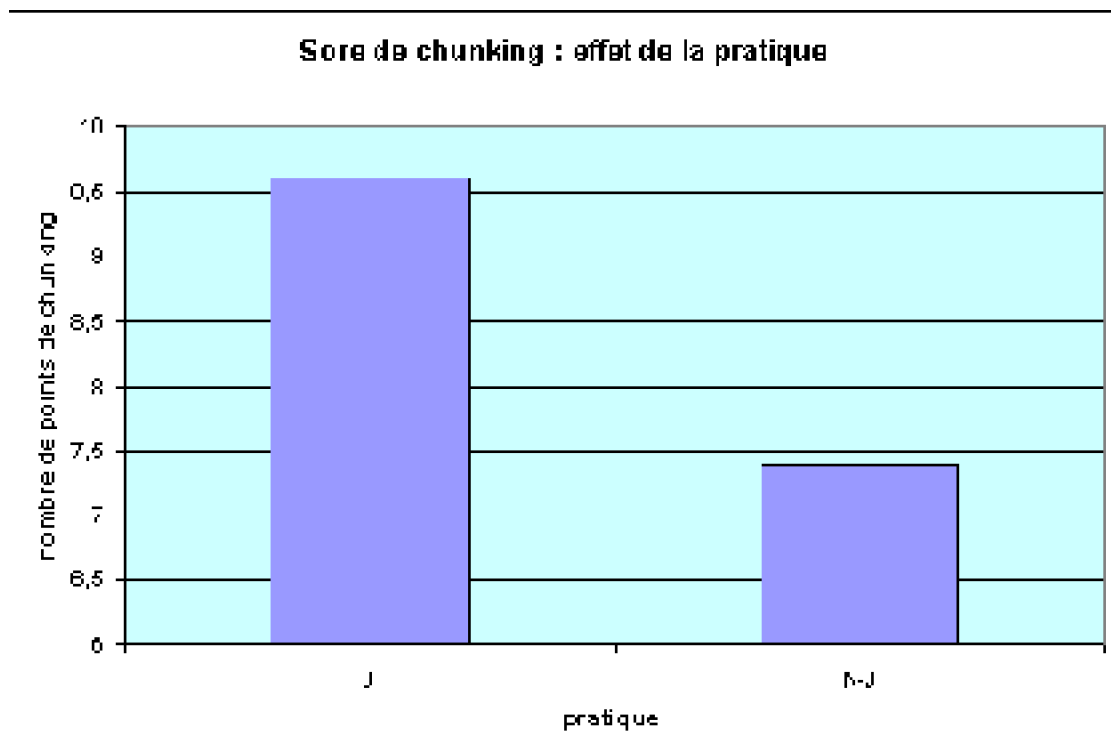


Figure 56 : Score de chunking, effet de la pratique.

Lorsque ne sont pris en compte que les seuls 1ers essais, la différence de performance dans le chunking entre joueurs et non-joueurs est encore plus accentuée :

1.8 points (+31%), $F(1,193) = 24.932, p < .0001$.

33-3 – effet de la Position

Comme pour les Scores 1 à 3, le même effet massif de la Position a été trouvé, mais il est considérablement amplifié pour le score de chunking, $F(4,772) = 24.106, p < .0001$, comme l'illustre la Figure 57.

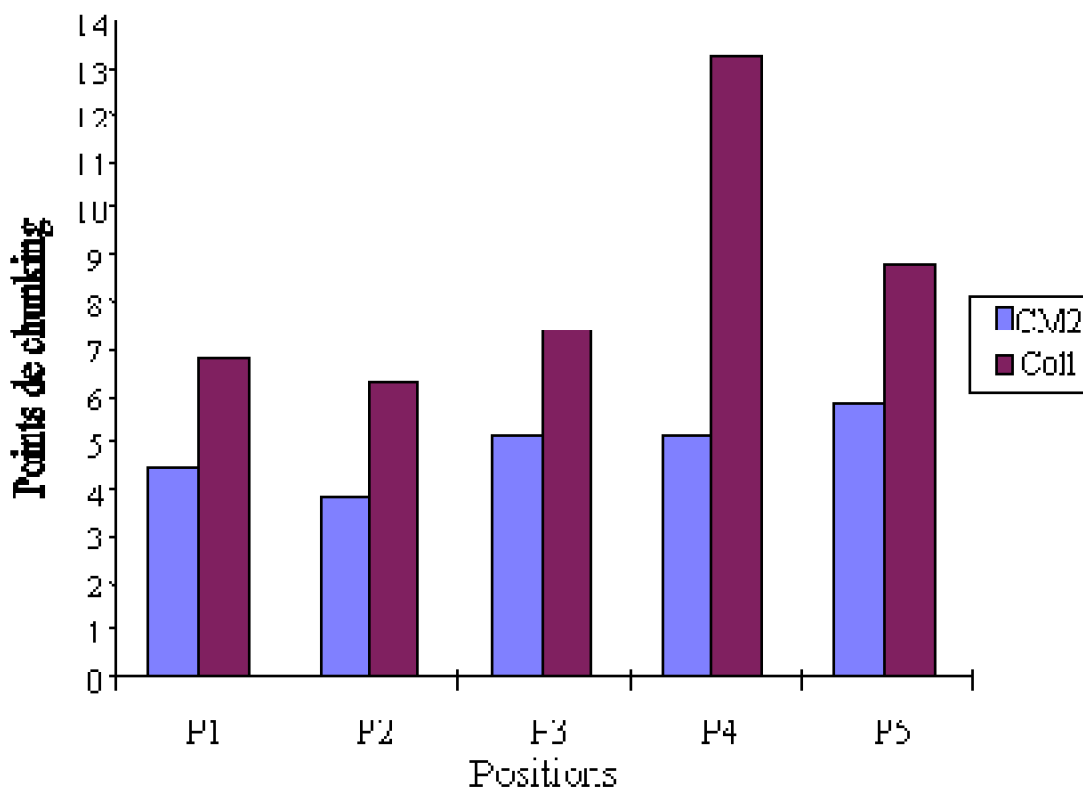


Figure 57 : Score de chunking 1ers essais selon les Positions.

Comme pour les scores 1 à 3, **la meilleure performance au chunking des sujets joueurs s'accroît entre les essais** : dès le 1er essai, les joueurs sont au niveau du 2ème essai des non-joueurs, et à leur 2ème essai ils obtiennent le score du 3ème essai des non-joueurs, c'est-à-dire que les CM2 joueurs sont au même niveau que leurs aînés non-joueurs.

A l'examen des seuls 1ers essais, on voit apparaître une corrélation absente jusqu'alors entre Age et Position, comme l'illustre le tableau n°8. Ceci est dû à l'écart considérable constaté à la Position 4 (Coll = 13.1 points, CM2 = 5.1 points !!) mentionnée plus haut.

La Position P4 comporte deux grandes diagonales que les collégiens joueurs ont identifié et rappelé nettement mieux que tous les autres, singulièrement les joueurs confrontés à des configurations de type échiquéen, et ce dès le 1er essai. On trouve confirmation de cet effet en examinant le tableau des Positions rappelées parfaitement par les sujets au Score 1:

Tableau 8 : Rappels parfaits au Score 1 selon l'âge, la pratique et la Position.

	P1	P2	P3	P4	P5	
CollJ	8	6	9	17	5	total=45
CollN-J	1	1	5	9	0	total=16
CM2J	1	1	2	10	0	total=14
CM2N-J	1	0	0	5	0	total=6
total	11	8	16	41	5	

34 - Le poids moyen du chunk

Calculé sur le même plan factoriel que le score de chunking, le poids moyen du chunk des collégiens joueurs est le double de celui des non-joueurs : 4.4 objets contre 2.2, $F(1,192) = 9,912, p < .0019$.

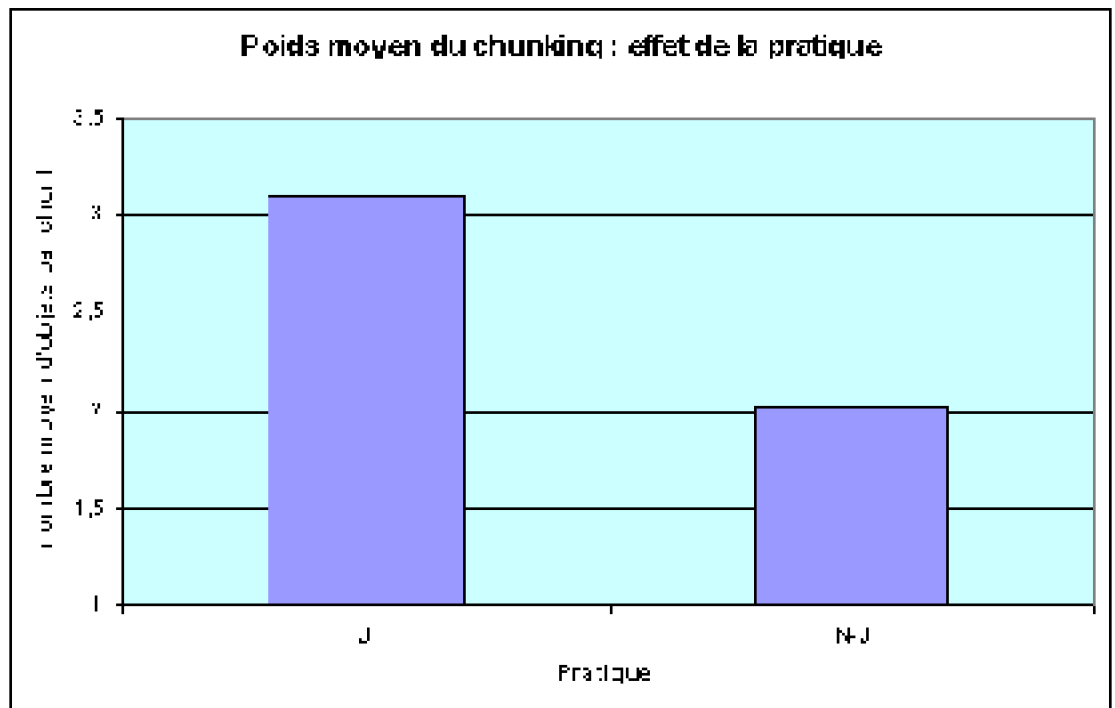


Figure 58 : Poids moyen du chunk selon la pratique.

La différence est beaucoup plus faible chez les CM2 (+13%). Cela signifie que la pratique développe l'efficacité du chunking : elle conduit à un plus grand nombre de chunks constitués, comportant chacun plus d'objets. Ce facteur est à l'origine de la performance dans le rappel.

On constate une interaction entre les effets Age et Rappel : chez les collégiens, le poids moyen du chunk varie de près de 50% entre les conditions simple et orienté (rappel simple : 3.96, rappel orienté : 2.67), alors qu'il est du même ordre chez les CM2 (rappel simple : 2.03, rappel orienté : 1.81). La proposition de stratégie a donc été fort perturbatrice sur les collégiens, notamment sur les joueurs, ce qui a touché directement la

méthode et la performance relative du chunking.

35 – La durée du chunk temporel

Dans l'optique de séparer l'effet encodage de l'effet mémoire (Chase & Simon, 1973), nous avons examiné le nombre d'objets du 1er chunk temporel à l'essai 1 de la Position 1 sur un échantillon de 12 sujets représentatifs des catégories d'âge et de pratique.

Par chunk temporel, nous désignons le premier espace-temps durant lequel sont placés des objets sans interruption de plus de 3 secondes. Nous avons mesuré la durée de ce chunk temporel et nous l'avons comparée au nombre de chunks spatiaux et au poids moyen des chunks c'est-à-dire le nombre d'objets rappelés durant ce laps de temps (cf. annexe 2).

Le chunk temporel s'avère prédictif de la performance globale : la corrélation entre la durée du premier chunk temporel et le niveau de performance global sur la tâche est élevée, .81, et significative, $F(1,11) = 19.506$, $p < .0013$. Les sujets les plus performants -collégiens joueurs- ont une durée du premier chunk supérieure à celle des non-joueurs et à celle des CM2 ; et ils rappellent dès le premier chunk temporel un nombre de chunks et d'objets nettement supérieur aux autres, comme l'illustre le tableau 9.

Tableau 9 : Chunks temporels selon âge et pratique.

	Durée du 1 ^{er} chunk temporel	nombre et poids moyen de chunks
Colljoueur:	20s-	4.3chunksde2.9objets
Collnon-joueur	18s-	2.7chunksde2.8objets
CM2joueur	10s-	2.3chunksde2.7objets
CM2non-joueur	8s-	1.7chunksde2.8objets

Dans leur rappel, ces sujets enchaînent le placement d'objets appartenant à des chunks spatiaux différents : jusqu'à 3 ou 4 chunks à la suite, représentant de 10 à 20 objets.

Si l'on approfondit cette analyse du chunking temporel en comptabilisant par quantiles les placements d'objets, on s'aperçoit que durant les deux premiers quantiles les joueurs rappellent un plus grand nombre d'objets. Ceci confirme que leur rappel, dès qu'il commence, est plus organisé, parce que lié au chunking. La Figure 59 présente les données relatives au rappel par quantiles de dix secondes.

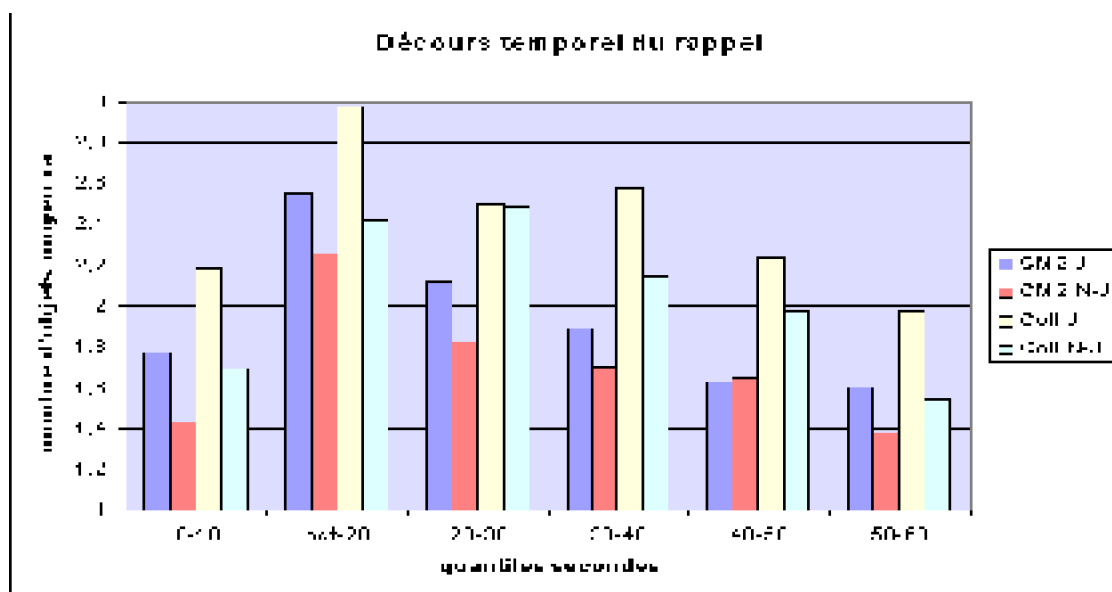


Figure 59 : Rappel des objets selon le décours temporel.

4 - Discussion

4 –1 L'efficacité de la pratique

Après seulement deux années de pratique régulière du jeu d'échecs, l'enfant est plus performant dans une tâche de rappel d'un matériau non-échiquéen, grâce à une stratégie de chunking plus efficace.

Les élèves de CM2 rappellent 20% d'objets de plus que leurs camarades non-joueurs, ce qui est important car une pratique de deux années en milieu scolaire, fut-elle régulière, ne représente pas un nombre d'heures considérable (environ 120 heures). Notons également qu'aucune des méthodes d'apprentissage utilisées, telles qu'elles nous ont été décrites, n'inclut des objectifs de transfert, ce qui nous autorise à émettre l'hypothèse principale de notre recherche selon laquelle, si un entraînement à une stratégie de mémorisation et à son transfert était inclus dans cet enseignement des échecs, les performances pourraient s'en trouver encore améliorées. Grâce à leur pratique, les sujets âgés de 11 ans (130 mois) réalisent un score égal à celui des collégiens non-joueurs, qui ont 2 ans et demi de plus (160 mois). Nous avons mentionné que dans son étude princeps sur un paradigme expert-novice aux échecs, Chi (1976) a montré que le jeune expert pouvait tout à fait se situer à un niveau de performance supérieur à celui d'un adulte novice. Mais s'agissant, dans notre expérience, d'une tâche de rappel non-échiquéenne, le fait que les CM2 joueurs obtiennent un taux de rappel égal à celui de leurs aînés est remarquable au regard des théories développementales. Si l'on ne retient que les seules configurations de type échiquéen, leur taux de rappel au score 1 est même supérieur à celui des collégiens non-joueurs, 10.73 objets contre 9.76, et ce, dès le premier essai. Un autre point de la

théorie du développement cognitif de l'enfant infirmé par nos résultats concerne le postulat selon lequel la vitesse des enfants ayant acquis une expérience ne dépasse pas celle de leurs aînés d'un an qui n'ont pas la pratique de la tâche (Case, 1987a). L'analyse du chunking temporel réalisée sur un échantillon démontre que les CM2 joueurs déposent un plus grand nombre d'objets pour les configurations échiquiennes dans leur premier chunk temporel en fonction de la durée de celui-ci : il y a bien vitesse d'exécution supérieure.

Avec l'augmentation du nombre d'années de pratique, la différence de performance s'accroît encore entre joueur et non-joueur : score de chunking +34%, poids moyen du chunk +92%. On constate également un avantage dans l'apprentissage : d'un essai à l'autre, l'augmentation du nombre d'objets rappelés par les collégiens joueurs est supérieure à celle des non-joueurs. L'atteste le fait que 40% des collégiens ont rappelé de façon parfaite au 3ème essai au moins une Position, contre seulement 20% de non-joueurs. Si l'on gomme l'incidence de la Position 4, l'effet est encore accentué : 28 rappels parfaits contre 7 en faveur des collégiens joueurs.

Les chiffres du score de chunking aux premiers essais (+31% CM2 joueurs/non-joueurs, +34% Coll joueurs/non-joueurs) permettent d'établir clairement l'origine de la différence de performance : **les joueurs constituent plus facilement des chunks dont le poids moyen est supérieur**. Ils utilisent, par conséquent, une stratégie de mémorisation plus efficace, quel que soit le domaine d'application. **L'avantage du chunking du joueur d'échecs n'est donc pas Domain-Spécific**. Ceci valide notre hypothèse.

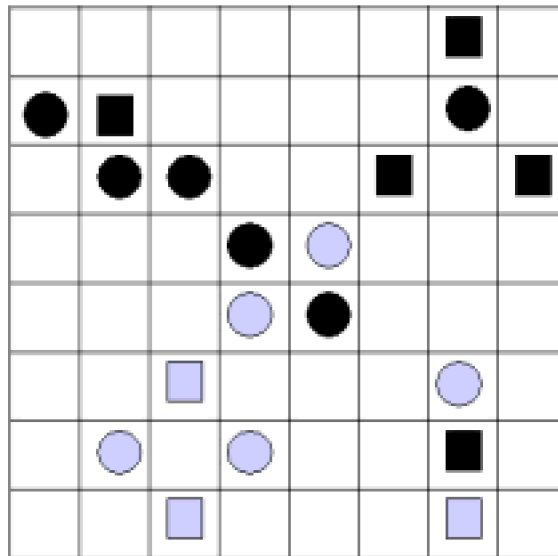
L'analyse de l'effet Position éclaire sur les modalités du chunking, si l'on examine les scores pour la Position 2 et ceux de la Position 4. Pour P2, le score moyen de chunking est de 7.4, alors qu'il est, pour les autres Positions, bien plus élevé: P1-8.5, P3-8,9, P4-9.5, P5-9.2; ce qui est confirmé par l'analyse de contrastes opérée au score 1, qui localise de façon préférentielle la cause d'un tel effet Position dans les contrastes P2-P1, (F , 41.2), et P2-P3, (F , 26.5), et moins dans P3-P4, (F , 4.6), ou P4-P5, (F , 3.2).

Quelles sont les différences existant entre la Position P2 et les autres ? Le nombre d'objets (20) est plutôt bas par rapport aux autres, P1(24), P3(22), P4 (19), P5(25). Le nombre de chunks, 4, est identique. En revanche, le nombre d'objets par chunk est moins élevé dans P2 que dans les autres positions : 1 chunk à 5 objets, 2 à 4, 2 à 3, 1 à 2, 2 objets isolés, contre 3 chunks à 6 objets, 1 à 4, 1 objet isolé pour P1, et 2 chunks à 5 objets, 1 à 4, 1 à 3 pour P3. La stratégie de chunking est moins facile à mettre en oeuvre pour des objets isolés, voire impossible, ce qui explique la chute relative du rappel. Néanmoins, la chute est bien plus forte pour les non-joueurs que pour les joueurs.

4 - 2 Analyse des scores à la Position P4

Pour P4, les deux diagonales constituent des traits perceptifs saillants (Sanocki, 1999) qui

ont eu un effet d'amorçage et qui ont été traités par l'ensemble des sujets, ce qui explique la performance d'ensemble nettement supérieure.



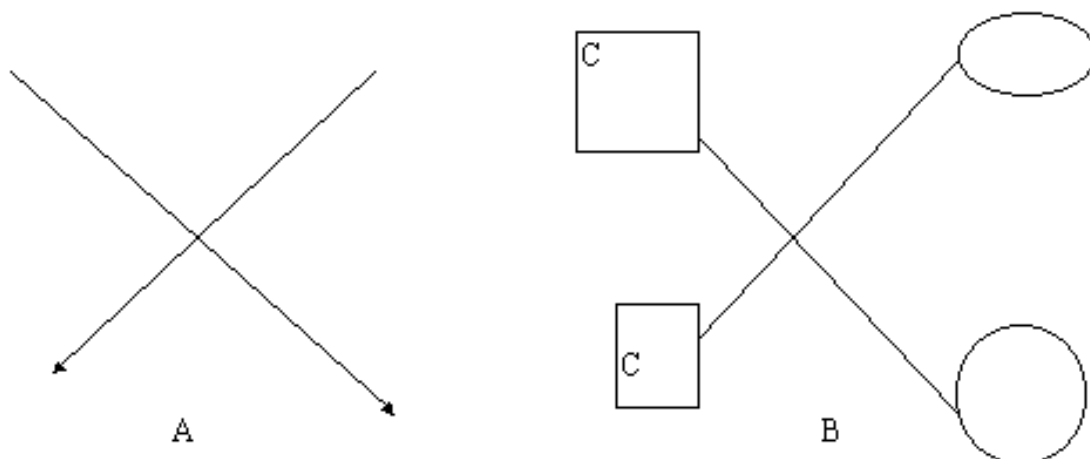
Position 4 présentée au rappel

Mais les sujets joueurs ont un taux de rappel encore plus élevé, et le nombre de collégiens joueurs qui réalisent un sans faute dès le 2ème essai est à relever. Le croisement des deux diagonales, outre qu'il facilite la mémorisation des objets de chacune, permet de traiter l'information relative au carré de pions centraux et de leur couleur. Dès le 1er essai, ce traitement a conduit les plus performants à rappeler 15 à 16 objets!, le 2ème essai servant seulement à compléter le dernier chunk et à rappeler les trois objets isolés. La symétrie entre les deux motifs de 4 objets en g8, g7, f6, h6 et b2, c1, d2, c3, était soulignée par les mouvements de la souris après l'attention portée aux deux diagonales. On est donc bien en présence d'un encodage de haut niveau (Cooke, 1993). L'analyse du chunking temporel renseigne sur le processus mobilisé. Les sujets collégiens joueurs ont traité la diagonale très vite, ce qui laisse penser que ces deux diagonales de Fous ont été « lues » de façon précoce et que ceci a orienté le traitement ultérieur (Kosslyn & Sussman 1995, Thorpe, 1995).

Une telle analyse computationnelle de la construction de la représentation de l'objet P4 peut se schématiser ainsi :

1.

Amorçage précoce par la relation structurale définie par la croix formée par les deux diagonales (A), traitement ultra-rapide de type global --> local L'encodage de la relation structurale précède d'autant plus le chunking que celle-ci est affectée d'un attribut mouvement-but (la diagonale du Fou centré sur l'attaque du Roi sur sa case refuge h8



2. Puis commence le traitement des relations de connexion et de proximité (B)
3. enfin le détail de la constitution des chunks est encodé (C)

Ce traitement en cascade initié par une capture en *fast-track* de la structure du mouvement porté potentiellement par les deux diagonales est cohérent avec les schémas les plus récents en neuropsychologie des aspects cognitifs et perceptifs du mouvement de la vision de haut niveau (Zeki, 1991).

4 – 3 La nature du traitement.

La pratique régulière des échecs chez l'enfant active sa capacité d'encodage des coordonnées spatiales - l'enfant très vite ne parle plus que par d4, c5 ... c'est à dire par l'adressage des cases selon les deux coordonnées - et des coordonnées catégorielles - ceci est un Fou, et il peut aller sur telle ou telle case. **L'existence dans l'adressage, au moment de l'encodage et en plus des coordonnées, de cet élément-but sous la forme du potentiel de mouvement et d'action aboutit à un encodage très enrichi.** L'enfant joueur ne voit jamais une case de façon statique mais, selon la pièce qui y est installée, il voit des connexions avec les autres cases. Holding (1992) souligne ce que les grands-maîtres avaient déclaré dans leurs protocoles verbaux à Binet (1894), à savoir que l'échiquier et une Position sur celui-ci sont vus comme des potentiels de mouvements et des rapports de force et jamais comme le seul placement physique de pièces sur une case. Ceci est illustré par la figure 60 qui présente, à gauche une Position, à droite le réseau des relations spatiales des pièces - en trait rouge les pièces des Blancs, en trait noir et blanc les pièces des Noirs.

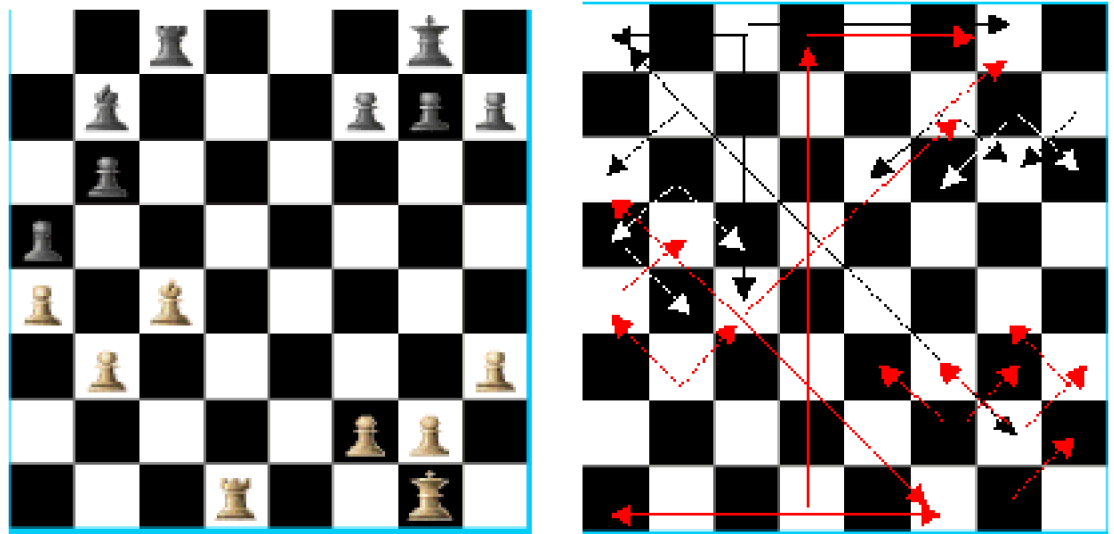


Figure 60 : Perception immédiate des relations entre pièces. La position (à gauche) mobilise un ensemble de mouvements potentiels (à droite) qui suggèrent un coup à jouer (Tour blanche en d7). D'après Holding (1992, p.12).

Ce même auteur (1985) a démontré par la tâche dite du Cavalier combien était impressionnante la différence d'imagerie mentale entre joueur et non-joueur. Il s'agit, dans cette tâche, de déplacer un Cavalier sur toutes les cases libres de l'échiquier en tenant compte de la présence sur celui-ci de quatre pions, ce qui interdit douze cases (les cases des pions et les deux cases que chacun contrôle). Comme nous l'avons indiqué en rapportant les expériences de Horgan et Morgan (1990), les enfants joueurs ont une vitesse de tour de l'échiquier sans rapport avec celle des non-joueurs. Lors des premières leçons, l'apprentissage du déplacement de cette pièce est plus long et plus difficile car les coordonnées spatiales sont complexes -combinaison d'un double réseau de coordonnées-. Mais dès que l'enfant a compris que les cases où il peut sauter décrivent un cercle autour de la pièce, il visualise mieux ce mode de déplacement. En cela on évoque le cœur de ce qu'apporte la pratique échiquéenne : une habileté à traiter les relations spatiales, notamment les coordonnées, en termes de dynamique et de chaînes de conséquences des mouvements imaginés. Les joueurs voient les déplacements dans leur tête -puisque la règle leur interdit de toucher les pièces- et, très vite, l'habileté à repérer tous les mouvements possibles des pièces adverses puis des leurs, aide à la recherche en profondeur du coup à jouer. Aux échecs, penser plusieurs coups à l'avance ne se fait que mentalement. Le système visuel de traitement des coordonnées spatiales et des relations dynamiques spatiales devient ainsi très performant. Ceci explique sans doute le transfert de cette habileté dans une tâche de traitement visuo-spatial étrangère au domaine échiquéen, comme dans notre expérience. Ajoutons que le fait d'avoir choisi un quadrillage comme support d'accueil des ronds et carrés et d'avoir retenu deux couleurs pour ceux-ci n'a pu qu'aider à l'assimilation implicite entre ces éléments et l'échiquier.

Comme l'avait observé Chi (1976), la catégorisation non sur des traits superficiels mais sur des schémas est liée à l'**accrochage d'un attribut-action** au schéma. Dans le cas échiquéen, à chaque pièce occupant une case est lié un double attribut-action : d'une

part le potentiel de mouvements de la pièce, d'autre part le potentiel de cases contrôlées par celle-ci. Ainsi s'explique le fait que les configurations échiquiennes aient été mieux rappelées que les configurations neutres pour les groupes de sujets joueurs, et que les résultats des sujets non-joueurs aient été peu modifiés. On comprend également cet **enrichissement de l'encodage** si on se réfère aux études sur le regard du joueur expert (Chase & Simon, 1973a), lesquelles ont montré la forte rétention des saccades oculaires lorsque le joueur regarde les connexions de mouvements de pièces d'une part, et une étendue et une vitesse du balayage de l'échiquier nettement supérieures d'autre part. L'œil travaille en permanence sur les relations entre les chunks.

La théorie de l'expertise, qui s'est trop exclusivement centrée sur l'organisation de la MLT et sur la reconnaissance-association de chunks, a négligé cette approche par les traits perceptifs sous l'angle des sous-systèmes de traitement spatiaux (coordonnées et mouvements) et de la focalisation de la fenêtre attentionnelle sur les éléments pertinents pour l'activation de patterns ou la recherche d'informations spatiales aux fins de traitement (modèle d'architecture fonctionnelle de Kosslyn & Koenig, 1995). La pratique régulière rend très performantes à la fois l'activation des représentations de relations spatiales au plan perceptif mais aussi l'imagerie mentale nécessaire au raisonnement et à la recherche en profondeur pour opérer un choix. Il faut ajouter la forte charge mentale qui s'attache à ce balayage visuel des pièces et de leurs relations, dans la mesure où le jeune joueur est sans cesse confronté à l'erreur, c'est-à-dire à la prise par l'adversaire d'une pièce, prise qu'il n'avait pas repérée. L'apprentissage de la recherche des menaces, préalablement au choix d'un coup, augmente la performance du traitement des éléments caractérisant les relations spatiales -les déplacements potentiels des pièces- et catégorielles -chaque pièce a sa propre valeur intrinsèque et tactique-.

L'expérimentateur a pu vérifier au cours de cette étude que les sujets qui se sont avérés les plus performants ont systématiquement utilisé la souris afin de cercler l'un après l'autre chaque chunk plusieurs fois de suite puis, de trouver le lien de passage d'un chunk à l'autre, ce qui reflétait bien les processus de traitement activés.

Les meilleurs sujets collégiens ou CM2 traitent le signal de façon plus performante, ce qui leur permet de rappeler, durant le premier chunk temporel, un nombre d'objets plus élevé que les non-joueurs. Le score de chunking étant fortement corrélé avec la pratique, on peut émettre l'hypothèse que c'est la pratique échiquienne qui a entraîné leur capacité de traitement perceptif visuo-spatial. Ainsi se trouve activée la **capacité de détection des traits distinctifs et discriminants des formes, et des relations entre celles-ci** (je vois un Fou, je cherche sa diagonale d'activation, et je repère la case où une autre diagonale peut m'amener à une prise... je vois un pion et aussitôt j'identifie les deux cases que celui-ci contrôle et qui sont interdites à mon Cavalier ... On retrouve la stratégie de l'encodage spécifié : l'encodage de caractéristiques discriminantes et des relations ou connexions avec d'autres items facilite la récupération (Tulving & Thomson, 1973, p 369; cité par Reed, 1999).

Nous pouvons reprendre les trois niveaux de traitement du modèle de Kinstch (Ericsson & Kinstch, 1995) pour l'appliquer à l'encodage de la Position : traits de surface, macro-structure, modèle de situation. Les sujets, soit sont restés au stade de T1 des traits de surface, soit ont atteint le niveau T2 des formes et agencements internes des chunks,

soit ont intégré la tâche dans un modèle de situation T3 se référant à une base de connaissances qui leur est familière, les échecs, pour procéder à un traitement analogique intégrant un élément contextuel facilitateur -'c'est comme ... un Roi roqué, un Fou en fianchetto'- .

Quelques joueurs collégiens pratiquant la compétition et classés à plus de 2000 ELO, nous ont dit avoir transposé et intégré les différents chunks spatiaux dans un modèle *-template-*, avec aile Roi aile Dame, chaînes de pions, Tours et Fous contrôlant des colonnes ou diagonales. Dans ce cas, le transfert est véritablement métacognitif et l'espace du problème à résoudre qu'est une tâche de rappel complexe est transposé.

Il aurait été intéressant d'apprécier le lien existant entre cette capacité au transfert du chunking et le caractère plus ou moins dépendant du champ d'expérimentation.

Witkin et Goodenough (1981) ont montré que la capacité d'application d'une stratégie dépendait largement de cette différenciation. Différenciation que Huteau (1987) a approfondi, considérant que les sujets indépendants développaient une approche beaucoup plus analytique leur permettant de s'extraire plus aisément du contenu particulier d'un exemple ou d'un problème-source, en utilisant un schéma de traits formels plus qu'une structure interne. Ceci n'est pas sans incidence sur les modes de transfert analogique, par similitude de traits de surface ou par construction d'un schéma abstrait à partir des propriétés et relations entre les éléments du problème-source. Nous aurons à revenir dans la troisième partie sur cette distinction entre sujets à propos des sujets plus ou moins bons 'transfèreurs'.

Le contraste entre la faible amélioration de performance entre les deux conditions du rappel et l'écart significatif au Score de verbalisation de la stratégie doit être relevé. Les sujets de la condition rappel orienté ont conscience qu'une stratégie leur a été proposée, ils obtiennent un bien meilleur score de verbalisation, mais ils ne peuvent encore l'appliquer, et leur taux de rappel n'est que légèrement supérieur à celui du groupe rappel simple. Si les CM2, dans leur ensemble, essayent d'appliquer la stratégie de mémorisation proposée et en tirent un bénéfice relatif, ainsi que les collégiens non-joueurs, il est intéressant de noter en revanche que pour les collégiens joueurs l'effet est négatif ; les sujets de la condition Rappel orienté sont moins performants que les sujets du groupe rappel simple. Pourquoi cette inversion pour les seuls collégiens joueurs ? **Le changement de procédure** pour ces sujets est plus difficile et **provoque un trouble**, sans doute du fait que, par rapport aux autres, ils maîtrisent mieux leur stratégie et ont plus de mal à en adopter une autre. Ce n'est pas le cas des CM2 qui, non dotés d'une procédure explicite, éprouvent moins de difficultés à suivre la proposition qui leur est faite. La plupart des modèles de la théorie de l'apprentissage (Karmiloff-Smith, Siegler ou Anderson) identifient et définissent cette **étape de réorganisation des procédures** automatiques ou implicites à laquelle correspond une **baisse de performance** due à un passage à des stratégies plus contrôlées donc plus lentes. La comparaison des rapports stratégie-performance entre deux stratégies, l'une que l'on applique, l'autre que l'on se voit proposer, est coûteuse en ressources attentionnelles, et cela se ressent sur le résultat de la tâche en cours. Tout aussi important est l'effet de cette comparaison sur le degré de confiance en la stratégie suivie : le sujet doute de sa propre stratégie en découvrant celle qui lui est proposée, il hésite à opérer un choix et, pour diminuer le trouble et se rassurer,

il revient à sa stratégie initiale.

Notre protocole, qui ne prévoyait pas de séquence de ré-élaboration consciente de la stratégie nouvelle en vue de son application et/ou de son transfert (Melot, 1998), ne pouvait que conduire à un faible transfert de stratégie ou d'ajustement des stratégies personnelles, ce que nous avons mésestimé.

4 - 4 Traitement des scripts individuels

Nous avons, post-expérience, écrit un logiciel spécifique de traitement des scripts individuels afin d'analyser de façon détaillée les conditions de traitement perceptif des stimuli (cf. annexe 3). Nous donnerons deux exemples pour illustrer l'utilité de ce dépouillement supplémentaire.

Nous avons observé, à l'examen de l'échantillon, que plusieurs sujets joueurs avaient mieux rappelé certains carrés que d'autres, les identifiant sans doute à des pièces ayant un plus large potentiel de mouvement, Fous et Tours, par opposition avec Cavaliers et pions. Il y aurait donc un double phénomène : d'une part, la similarité entre objets et pièces d'échecs, d'autre part, une valorisation et donc une mémorisation plus fortes des pièces à grand rayon d'action.

Le deuxième exemple a trait au rapport entre l'ordre dans lequel les objets ont été rappelés et le décours temporel. La pratique du jeu d'échecs conduit à la séparation en deux temps de l'évaluation d'une position : l'identification des chunks et patterns, très rapide, puis la mise en relations de ceux-ci par une vision globale de la Position, afin d'en dégager le sens, de l'évaluer et d'orienter la recherche de variantes des coups possibles. Les études des mouvements oculaires permettent de distinguer nettement la durée de ces deux temps du regard (Tikhomirov & Poznyanskaya, 1966). On pouvait émettre l'hypothèse que nous trouverions une corrélation entre le niveau de performance dans le rappel et ces deux phénomènes du traitement chez les joueurs. Le premier d'entre eux illustre parfaitement le facteur principal du traitement de la similarité du modèle de Nosofsky (1986). Les chunks perçus activent des traces multiples et composites, spécifiques aux sujets et non prototypées abstraitement. Certains joueurs, qui préfèrent sans doute jouer avec les Tours, ont mieux rappelé les carrés situés sur la première ou la dernière rangée dans le cas où leur colonne était libre. D'autres joueurs, dans notre deuxième exemple, lorsqu'on lit le tempo de leur script, enchaînent le placement de deux chunks reliés par une connexion, un objet qui couvre deux parties de l'échiquier. Ceci confirme que la similarité que nous avons cherché dans l'élaboration des stimuli a joué : quadrillage de 64 cases comme support, certes aux seules cases blanches; objets de deux catégories, carrés et ronds, semblables aux pièces et pions; de deux couleurs, blanc et noir, comme les deux camps échiquéens ; répartition des objets spatialement en fonction de leur couleur, comme sur un échiquier, les Blancs d'un côté les Noirs de l'autre ; écoulement du temps apparent sur l'écran, comme la pendule utilisée dans les parties de compétition ; et surtout, configurations correspondant à de vraies Positions de parties ayant été jouées, à de très minimes modifications près, et simple translation des Positions pour les configurations dites neutres.

Conclusion

Nous avons dans cette première expérience établi l'effet de la pratique sur le chunking et validé l'hypothèse de la transférabilité de l'habileté au chunking dans le domaine visuo-spatial. Nous avons également vérifié le mode de fonctionnement du chunking en conformité avec les protocoles utilisés à ce jour, duquel se dégage l'importance des traitements liés au mouvement, d'une part, et la composante d'encodage des éléments caractérisant les relations structurelles entre objets, d'autre part. Ce dernier point nous a conduit à nous demander si cette habileté au traitement des structures d'un dispositif d'items était exclusivement liée au domaine visuo-spatial ou si elle pouvait concerner un autre matériau, comme par exemple un matériau exclusivement verbal.

Chapitre 9 Expérience 2 : Mémorisation d'une liste de mots

Nous avons mis en évidence dans l'expérience 1 l'avantage significatif de la pratique dans une tâche de rappel simple d'objets disposés sur un espace quadrillé. L'objectif de cette deuxième expérience est de vérifier si cet avantage de la pratique subsiste dans une tâche de mémorisation de mots excluant toute dimension visuo-spatiale.

Notre hypothèse est qu'il y a peut-être un parallèle à établir, comme le propose Gobet, entre chunking visuo-spatial et organisation des réseaux sémantiques (Collins & Quillian, 1969) ou diffusion de l'activation dans la mémoire sémantique (Ratcliff & McKoon, 1988).

Certes, le chunking repose sur une catégorisation à composante visuo-spatiale et, par définition, cette dimension est exclue de la catégorisation sémantique, processus primordial de la fonction langage au regard de la construction du registre lexical et de la mémoire verbale.

Mais la question peut être posée de savoir s'il y a une passerelle entre l'habileté du traitement des relations spatiales en vue de la construction d'un sous-ensemble et celle qui organise les mots par catégories et réseaux sémantiques. Encoder des relations entre objets en un pattern récupérable en MLT est-il un processus identique à celui qui est mis en oeuvre lors de la recherche de similarité entre un mot et son prototype en mémoire sémantique ?

1 – Problématique théorique et objectifs

Dans la vision classique de la catégorisation sémantique, l'appartenance d'un mot ou d'un objet à une catégorie est liée à la présence des attributs (ou propriétés) nécessaires et suffisants de cette catégorie, attributs qui la définissent par opposition avec une autre (Collins & Quillian, 1969). La mémoire sémantique, d'après cette théorie classique, serait

animal est le niveau supra-ordonné ; caniche est le niveau inférieur par rapport au niveau de base chien.

Ce modèle a été approfondi et complété par une deuxième approche fondée non plus sur la similarité par certains attributs à un prototype, mais sur certains traits fonctionnels (Bloom, 1999). Il y aurait ainsi d'autres principes de catégorisation, comme par exemple la distinction entre attributs visuels et attributs fonctionnels, par exemple l'animal versus la voiture, la catégorisation se faisant plus couramment sur des attributs visuels pour l'animal et sur des attributs fonctionnels pour des artefacts du type voiture (Riddoch & Humphreys, 1987).

Nous ajouterons à ce bref aperçu de la théorie de la catégorisation qu'un dernier critère joue un rôle d'importance dans ce processus, celui de l'attribut inhabituel ('distinctiveness effect', Schmidt, 1996). Ce qui est inattendu ou inhabituel renforce sensiblement l'encodage et la mémorisation, et faciliterait la récupération lors du rappel (Hunt, 1995).

Cette approche de la catégorisation par les attributs est jugée plus pertinente aujourd'hui que la seule dimension étudiée traditionnellement par la théorie fondée sur le nom de l'objet ou du mot. La distinction par les propriétés fonctionnelles et structurales s'avère plus efficiente mais elle renvoie aussitôt à une dichotomie entre modalités visuelle et verbale.

Ce dernier point nous paraît essentiel au regard de notre interrogation.

Si, dans le processus de catégorisation tel que le retient la théorie des attributs cognitifs, les mécanismes d'identification et d'appartenance sont multiples, dissociés et distribués selon diverses modalités, alors l'hypothèse d'un effet d'habiletés développées en matière d'imagerie n'est pas à exclure *à priori*. Ajoutons que cette approche selon les critères fonctionnels et structuraux intègre implicitement un élément de contextualisation de l'encodage et de la récupération, absent des protocoles les plus courants de laboratoires, qui expurgent, s'agissant de catégorisation, les attributs action ou emploi des mots faisant l'objet de la tâche de catégorisation. Nous avons mis en évidence l'importance de ces éléments relatifs au but dans les tâches cognitives de haut niveau dans notre première partie et vérifié que la pratique échiquienne associait les pièces à leur but premier qu'est le déplacement possible. En cela l'habileté d'imagerie serait d'autant plus développée par la pratique, nous l'avons relevé, qu'elle est indissociable d'un élément action ou but.

Voilà qui justifiait en soi que fut recherché à travers cette deuxième expérience la part éventuelle de l'imagerie dans une tâche de mémorisation d'items verbaux, imagerie facilitant ou non leur catégorisation.

2 – Méthode

Sujets

31 élèves de deux classes de CM1, (16 filles, 15 garçons), 16 joueurs (7 filles, 9 garçons), 15 non-joueurs (9 filles, 6 garçons), de 9 ans et demi d'âge moyen, appartenant à la même école de la ville de Caluire (69). Dans l'une des classes, tous les élèves 14 filles, 17 garçons apprenaient le jeu d'échecs depuis le début de l'année scolaire, à l'intérieur du temps scolaire et avec leur instituteur, au rythme d'une séance par semaine. Au moment de la passation de l'expérience début Mars ils avaient par conséquent six mois d'apprentissage de ce jeu. L'autre classe 15 filles, 16 garçons ne bénéficiait pas d'enseignement du jeu d'échecs et avait, durant ce temps, effectué un travail scolaire normal. Les élèves joueurs ou non-joueurs avaient été choisis au sein de leur classe selon l'ordre alphabétique, tous ne pouvant passer pour des raisons de disponibilité du matériel informatique.

34 élèves de CM2, ayant un âge moyen de 10 ans et demi, appartenant à deux écoles de la ville de Lyon. Répartis en 18 joueurs (6 filles, 12 garçons) et 16 non-joueurs (7 filles, 12 garçons). Les élèves joueurs avaient deux années de pratique du jeu d'échecs et appartenaient à des classes où le maître enseignait les échecs à l'ensemble de sa classe. Les non-joueurs étaient choisis dans une classe de CM2 des deux mêmes écoles.

27 collégiens de 13 ans et demi d'âge moyen, (7 filles, 20 garçons) 15 joueurs (2 filles, 13 garçons), 12 non-joueurs (5 filles, 7 garçons) appartenant à trois collèges de Lyon, qui pratiquaient le jeu volontairement au sein du collège, au rythme d'une fois par semaine, et avaient au minimum quatre années de pratique.

Stimuli

Deux grilles de 25 mots chacune, présentées séparément. Les mots sont disposés sur la totalité de la surface de l'écran en cinq colonnes de cinq mots. La première grille est composée de mots familiers, pour la plupart choisis dans la base Brulex, regroupables en 5 catégories - objets, animaux, végétaux, prénoms, métiers -. La deuxième grille retient des mots appartenant à douze catégories différentes, eux aussi très familiers.

Mots Grille 1 : cheval radiateur peintre sac à dos poirier Amandine téléphone lion chêne chien éboueur tomate brouette Marie policier Karim éponge Freddy canard saule citron jardinier éléphant soldat Michel

Mots Grille 2 : bicyclette genou piano rose Noël téléviseur dinosaure Napoléon Vanessa pétrolier nuage grenadine escalade tambour main cheval clavier océan pomme de terre fontaine chocolat accélérateur Avril Tintin coquelicot

Matériel

La tâche est informatisée sur un PC équipé de Windows 98 et d'une DLL Director, le logiciel étant confectionné sur Director 7.

Procédure

Après la page d'identification, un premier écran explique la tâche et le sujet lance lui-même la séquence lorsqu'il considère avoir compris le but de la tâche. Les mots apparaissent durant une minute et trente secondes. Puis, ils disparaissent et font place à cinq pages de reconnaissance, qui comportent quinze mots chacune, dont dix distracteurs, avec une case à cocher à côté du mot reconnu. Le sujet dispose de 30 secondes pour opérer cette reconnaissance, mais il peut valider son choix dès qu'il le veut. A l'intérieur de la page, les cinq mots sont répartis sur cinq lignes comportant trois colonnes de mots et à des emplacements différents à chaque page. Un bouton de validation permet de passer à la page suivante. Après les cinq pages de saisie de la reconnaissance des mots, une page fin de l'exercice apparaît, suivie d'une page annonçant le deuxième exercice identique au premier. Le sujet indique par un bouton quand il est prêt à recommencer.

Hypothèses :

Aucun effet de la pratique n'était attendu pour les raisons évoquées plus haut.

Un effet de l'âge était postulé sur le taux de reconnaissance et sur le temps de réponse, les élèves plus âgés étant supposés plus performants.

Un effet catégorisation était attendu, la grille 1 étant plus facile à mémoriser (5 catégories seulement) que la seconde (12 catégories). Le choix de deux grilles totalement dissemblables du point de vue de la stratégie de mémorisation était destiné à éliminer un éventuel effet d'apprentissage dans la tâche afin de pouvoir analyser la composante principale catégorisation par soustraction entre les deux grilles. Ceci nous a conduit à ne pas prévoir de contre-balancement, lequel aurait introduit le facteur apprentissage pour les sous-groupes G2-G1 et biaisant en cela l'effet catégorisation.

S'agissant d'une tâche verbale, il nous est apparu utile de vérifier si un effet du genre pouvait être observé.

Traitement des données et calcul des scores :

Les variables dépendantes sont le Score de reconnaissance, le nombre de Fausses reconnaissances, le Temps cumulé pour cette reconnaissance par addition des temps de chacune des cinq planches de reconnaissance. Le Score de reconnaissance calculé correspond au nombre de mots exacts reconnus moins le nombre de fausses reconnaissances, lequel, rapporté au nombre 25, dégage un % global de reconnaissance corrigé des erreurs. Ces données sont capturées et calculées pour chacune des deux grilles.

Les variables inter-sujets sont l'Age (CM1, CM2, Coll), la Pratique, le Genre.

Les données saisies ont fait l'objet d'une analyse de variance sur les variables dépendantes Score de reconnaissance, Temps utilisé pour la reconnaissance, nombre de Fausses reconnaissances.

3 – Résultats

Nous analyserons pour les trois variables dépendantes – Score de reconnaissance, Temps de reconnaissance, Fausses reconnaissances – en premier lieu, l'effet de la Pratique, ensuite, celui de l'Age, enfin, celui du Genre. Nous analyserons ensuite les interactions éventuelles entre les variables inter-sujets.

31 – Variable Score de reconnaissance

Pour la variable dépendante Score de reconnaissance de mots, nous constatons, contrairement à nos hypothèses, un effet de la Pratique pour la grille 1.

1 L'effet de la Pratique est significatif

pour la grille 1 (G1) : $F(1, 80) = 4.193$; $p < .0,4$, comme l'illustre la figure 62. Les joueurs ont un score de reconnaissance de 76.9 % contre 70.5 % pour les sujets non-joueurs. Cet effet de la pratique ne se retrouve pas à la grille 2 (G2), $F(1,80) = 1,698$; $p < .1963$, les scores étant de 74.8% pour les joueurs, et de 71.5% pour les non-joueurs.

Tableau 10 : Score de reconnaissance Grille 1 selon Pratique.

		Count	Mean	Std. Dev.	Std. Error
J	49	76,898	13,718	1,960	
NJ	43	70,419	16,403	2,501	

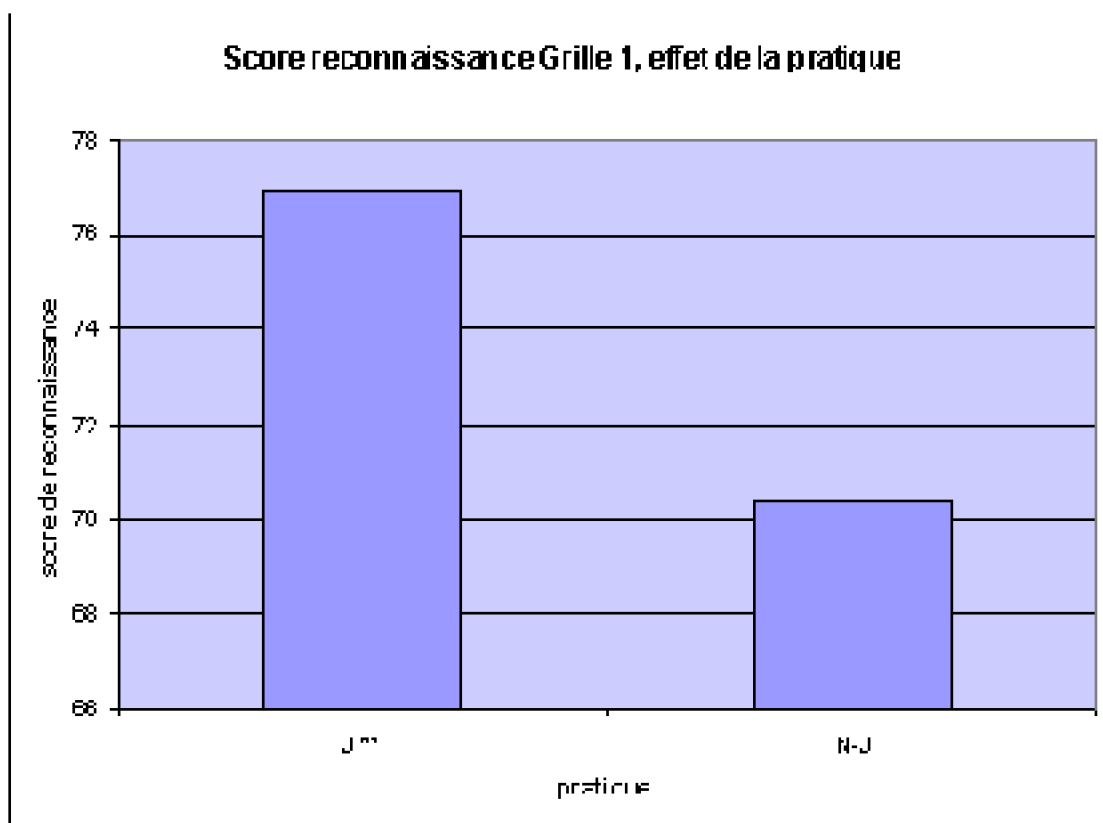


Figure 62 : Score de reconnaissance Grille 1 selon Pratique.

Contrairement à notre hypothèse, on ne constate qu'une faible diminution du score de reconnaissance entre les deux grilles, bien que les mots fussent plus difficilement catégorisables : 74.9% (G2) contre 76.9% (G1) pour les joueurs et 71.5% (G2) versus 70.4% pour les non-joueurs.

2 - effet de l'Age

On trouve sur l'ensemble des sujets et à chacune des deux grilles un **effet significatif de l'Age** : grille 1, $F(2,80) = 5.453$; $p < .006$, grille 2, $F(2, 80) = 3.678$; $p < .03$. L'analyse de contrastes indique que cet effet est dû principalement aux collégiens (80.4 %) puisque le niveau de performance entre CM1 et CM2 est sensiblement le même avec un léger avantage aux CM1 (71.8 % contre 69.9 %).

Tableau 11 : Score de reconnaissance Grille 1 selon l'Age.

	Count	mean	Std.Dev.	Std.Error
CM1	30	71.867	13.796	2.519
CM2	35	69.486	17.679	2.988
Coll	27	81.778	10.127	1.949

Tableau 12 : Score de reconnaissance Grille 2 selon l'Age.

	Count	mean	Std.Dev.	Std.Error
CM1	30	71.733	12.337	2.252
CM2	35	70.286	13.730	2.321
Coll	27	78.963	12.918	2.486

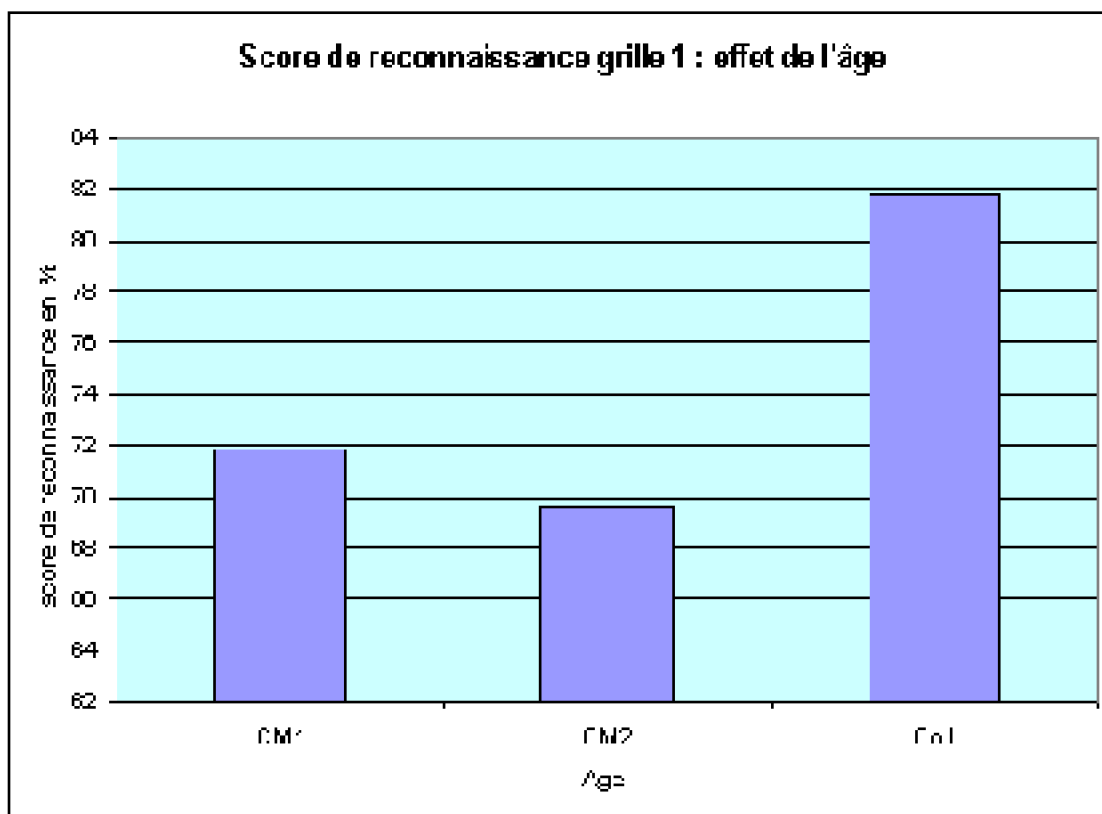


Figure 63 : Score de reconnaissance grille 1 selon l'âge.

3 – effet du Genre

Nous mesurons **un effet non attendu et significatif du Genre** à la grille 1, $F(1, 80) = 4.783$; $p < .03$. L'effet n'est pas significatif pour la grille 2, $p > .05$. **Les filles** ont un meilleur taux de reconnaissance que les garçons (75.2 % contre 72.4 %).

	Count	Mean	Std. Dev.	Std. Error
F	76	75,211	12,717	1,459
M	108	72,444	15,364	1,478

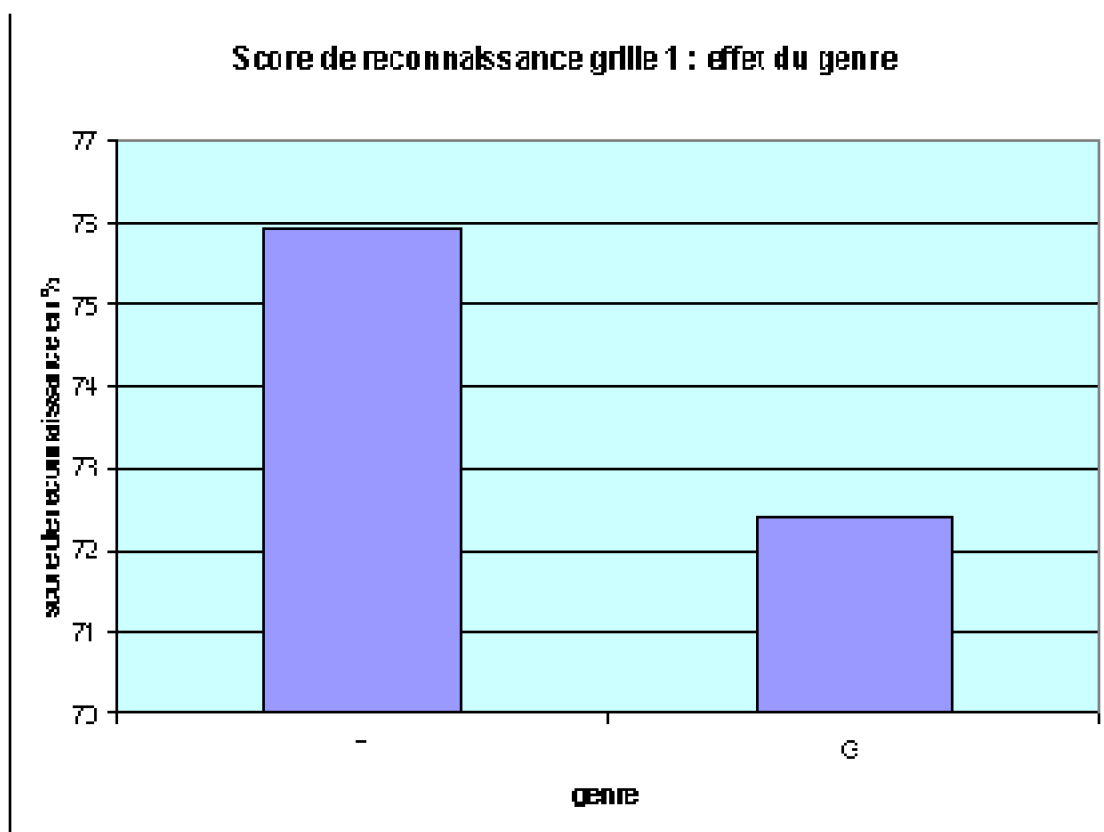


Figure 64 : Score de reconnaissance grille 1 selon le Genre.

4- Interactions

1. L'interaction **Age*Pratique** n'est significative que pour les seuls CM1, $F(2, 30) = 4.761$; $p < .03$. Or ces sujets ont passé l'expérience en Mars, ils n'avaient par conséquent que six mois d'apprentissage du jeu d'échecs. Puisque chez les sujets filles la performance des joueuses et non-joueuses est égale, c'est donc que l'interaction des effets est due aux garçons. Cette courte **pratique a plus apporté aux garçons** pour la tâche. Ce point est vérifié par l'interaction Pratique*Genre où l'effet est significatif chez les garçons ($p < .0009$) mais non chez les filles, $F < 1$.

2. De même on relève à la seule grille 1 une **interaction Pratique*Genre**, $F(1,80) = 4.644$; $p < .0342$, les **garçons joueurs** affichant un score nettement supérieur aux garçons non-joueurs, 78.2 % contre 64 %, $p < .0009$, ce qui n'est pas le cas chez les filles où les scores sont proches 74 et 78 %.

3. les filles joueuses (74.3 %) affichent un score nettement plus élevé que celui des garçons non-joueurs, 64 %, $p < .0084$.

Tableau 13 : Score de reconnaissance Grille 1, Interaction Pratique*Genre.

Means Table		Count	Mean	Std. Dev.	Std. Error
Effect:					
J, F	17	74,353	13,861	3,362	
pratique*SEXE	32	78,250	13,667	2,416	
Dependent:					
NJ, F	21	77,143	11,740	2,562	
score grille 1	22	64,000	17,846	3,805	

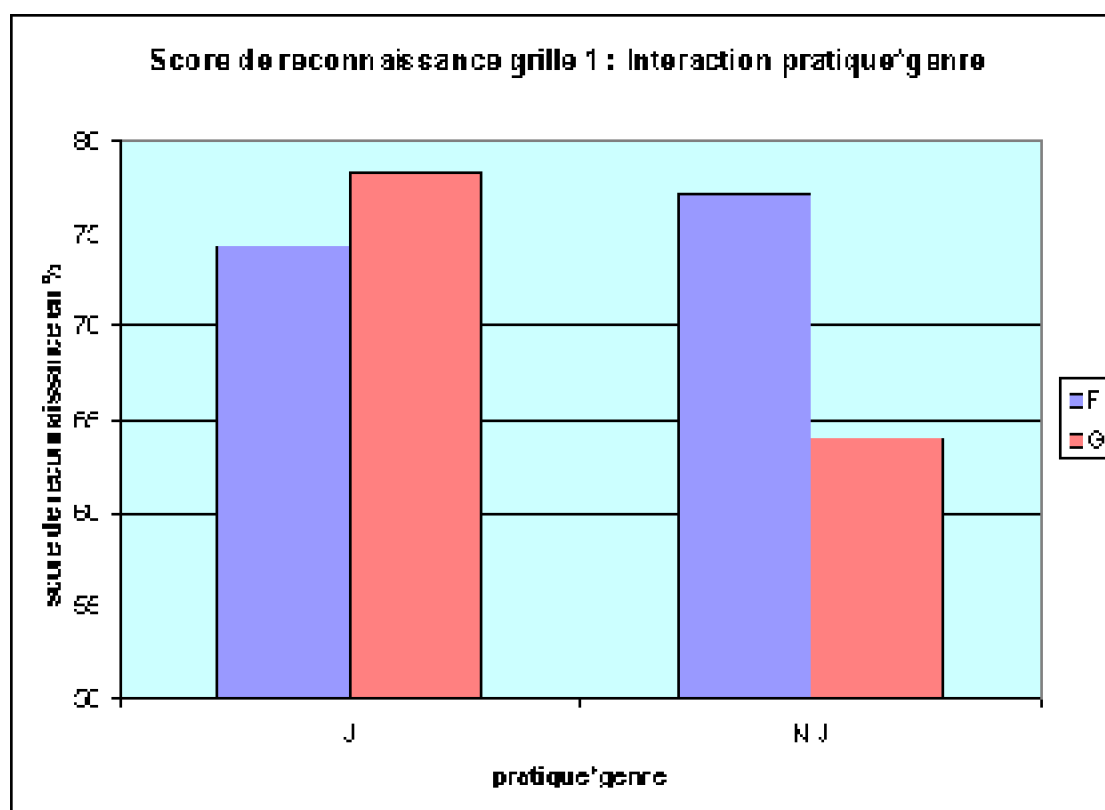


Figure 65 : Score de reconnaissance grille 1 : Interaction Pratique*Genre.

32 - Variable Temps de réponse

1- effet grille

Nous vérifions une forte réduction du temps de réponse entre les deux grilles puisque la grille 2 est traitée significativement plus rapidement que la grille 1, 88 s contre 78 s, cela pour l'ensemble des sujets, $F(1,171) = 43,300; p < .0001$. Lors de la reconnaissance sur les cinq planches des mots, les sujets ont moins laissé le temps courir et, après avoir reconnu certains mots, ils validaient leur choix et passaient à la planche suivante. Si le taux de reconnaissance avait été plus élevé pour la grille 2, le temps de réponse plus court aurait pu être interprété différemment, comme le signe d'une meilleure efficacité dans la tâche, par recours notamment à une vraie stratégie de catégorisation.

Tableau 14 : Temps de reconnaissance Grille 1 et 2.

Means Table		Count	Mean	Std. Dev.	Std. Error
Effect: temps grille 1	92	87,609	19,988	2,084	
réponse grille 2	92	77,859	18,594	1,939	
Dependent: temps réponse	effet de la Pratique				

Un effet de la pratique est observé à la grille 1, $F(1,80) = 4,193$; $p < .0439$. **Les joueurs mettent plus de temps dans la reconnaissance**, 77 s contre 70 s. Les joueurs sont restés plus de temps sur les planches de reconnaissance validant leur choix en moyenne après 15 s, contre 14 s pour les non-joueurs. Leur meilleur score de reconnaissance leur coûte un faible temps supplémentaire. Cet effet disparaît à la grille 2, $F < 1$, joueurs et non-joueurs mettant à peu près le même temps, 78 s et 77 s.

Tableau 15 : Temps de reconnaissance Grille 1, effet de la Pratique.

Means Table		Count	Mean	Std. Dev.	Std. Error
Effect: pratique	49	76,9sec	13,718	1,960	
Dependent: temps grille 1	43	70,4sec	16,403	2,501	

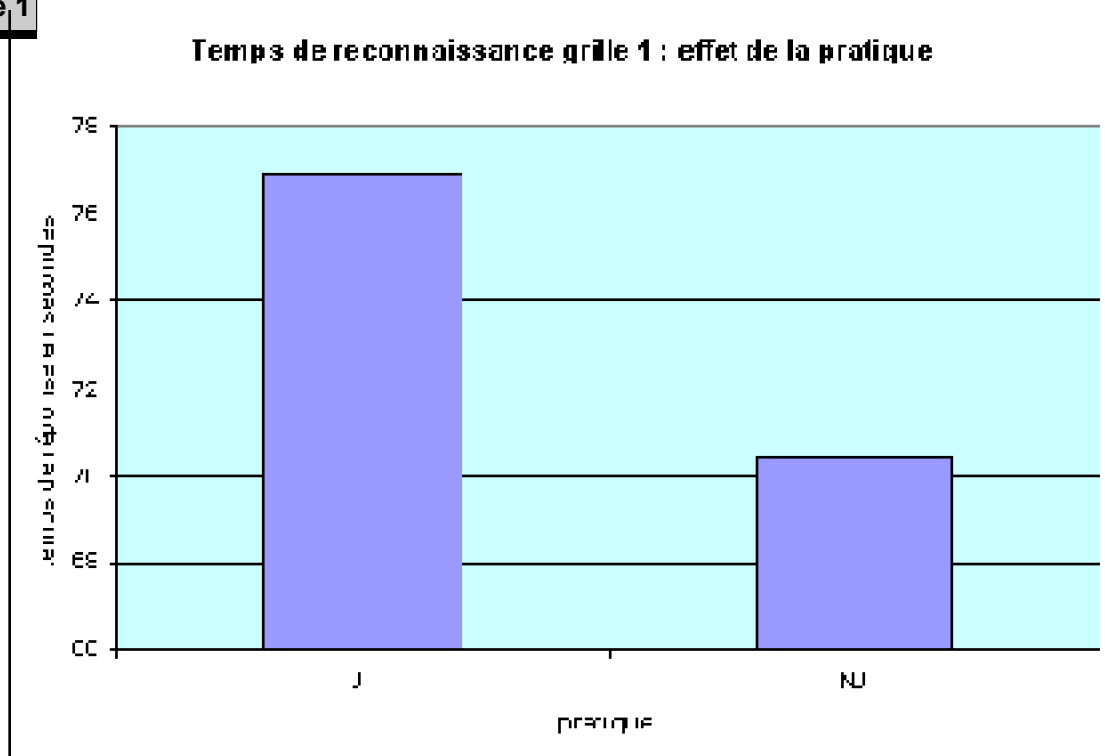


Figure 66 : Temps de reconnaissance Grille 1, effet de la Pratique.

3- effet de l'Age

Nous constatons un **effet significatif de l'Age**, cela pour les deux grilles : grille 1, $F(1,80)$

=5.453; $p < .006$, grille 2, $F(2, 80) = 6.158$; $p < .003$. Les collégiens sont plus rapides (74 s) que les CM2 (83 s) et que les CM1 (89 s).

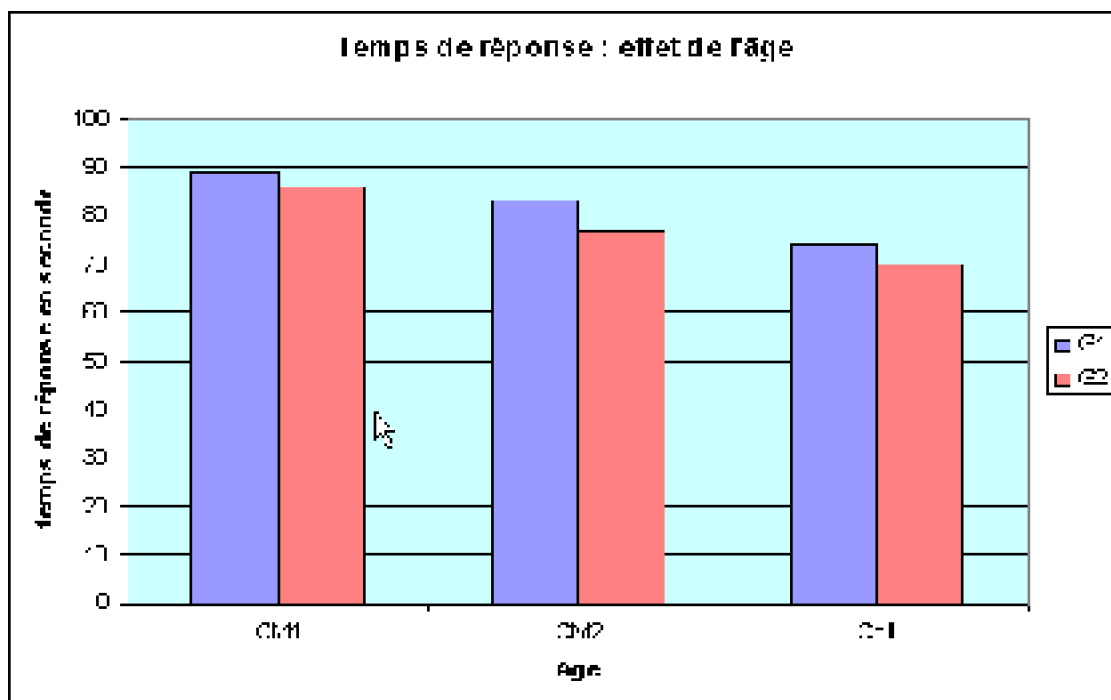


Figure 67 : Temps de reconnaissance Grille 1, effet de l'Age.

33 - Variable Fausses reconnaissances

a- effet de la Pratique

à la grille 1, l'écart entre joueurs et non-joueurs n'est pas significatif.

Tableau 16 : Fausses reconnaissances Grille 1.

Means Table		Count	Mean	Std. Dev.	Std. Error
Effect:	48	1,208	1,129	163	
Pratique	42	1,524	1,864	288	
Dependent:					
nombre erreurs					

à la grille 2, il n'y a pas non plus d'effet significatif de la pratique, $F > 1$.

b- effet de l'Age

Il n'y a pas d'effet significatif ($p < .4$), malgré un nombre de fausses reconnaissances croissant régulièrement avec l'âge : 1,03 pour les CM1, 1,39 pour les CM2, 1,67 pour les Coll, ce qui est à rapprocher de la variable Temps de réponse ; les CM1 vont moins vite

dans la tâche et commettent moins d'erreurs.

c - effet du Genre

Il n'y a pas d'effet significatif : les filles commettent 1.21 erreurs, les garçons 1,45.

d - interaction Age*Pratique

Les chiffres mesurés ne font pas apparaître de différence significative. On remarque dans l'ensemble moins d'erreurs à la grille 2, ce qui vérifie un effet attentionnel et un meilleur respect de la consigne.

Tableau 17 : Nombre de Fausses reconnaissances Grille 1 et 2.

	CM1		CM2		Coll	
	J	N-J	J	N-J	J	N-J
Grille1	1,00	1,07	1,37	1,67	1,47	1,92
Grille2	0,53	0,87	0,79	2,00	1,33	1,00

4 - Discussion

Le **niveau sensiblement égal des performances entre les deux grilles**, alors que la tâche à la grille 2 est plus difficile, peut être interprété de plusieurs manières. Il y a tout d'abord l'incidence, nous l'avons mesurée, d'une diminution du nombre de fausses reconnaissances. On peut penser deuxièmement que le temps laissé pour l'apprentissage des mots (1minute 30s) est long et rend trop aisée la tâche, les sujets pouvant mobiliser la boucle phonologique, ce que nous avons observé - certains élèves répétant à mi-voix les mots à plusieurs reprises -. Enfin, on peut postuler un effet d'apprentissage d'une grille à l'autre, même s'il est improbable qu'une stratégie de catégorisation d'items en douze catégories soit consciemment suivie par transfert d'une épreuve passée quelques minutes auparavant. A fortiori dans le cas de notre protocole où il n'y a pas eu passage par une étape de verbalisation de ce qu'apporte une recherche de mémorisation par regroupements en catégorie sémantique. Seul un protocole comportant un groupe de sujets passant la seule grille 2 aurait permis de vérifier laquelle de ces interprétations était la bonne.

Les résultats relatifs au temps de réponse entre grilles 1 et 2 doivent être interprétés au vu des commentaires ci-dessus. L'ensemble des sujets a mis près de 10 s de moins à la grille 2. Nous avons noté plus haut l'observation faite d'une validation plus rapide à la grille 2 des mots cochés sur les planches, les sujets ne laissant pas courir le temps, dans l'espoir, en restant sur la planche plus longtemps, de reconnaître un mot qu'un premier examen n'aurait pas permis d'identifier. Nous ne pensons pas qu'une analyse faisant état du recrutement d'un mécanisme cognitif spécifié, tels la stratégie de

catégorisation ou le traitement perceptif visuel précoce servant d'amorçage dans la reconnaissance, puisse expliquer plus avant ce facteur Temps de réponse. Cela, en premier lieu, du fait mentionné précédemment de la grande difficulté de catégorisation des 25 mots appartenant à 12 catégories différentes. Ensuite parce que nous avons présenté les mots sur les planches de reconnaissance selon un dispositif n'autorisant pas une recherche implicite de règles de placement entre les cinq planches et entre la liste des 25 mots à apprendre et les listes de 15 sur les planches ; en d'autres termes, nous avons veillé à ce qu'un mot de la grille de 25 ne soit pas localisé dans la planche de 15 au même emplacement sur l'écran.

S'agissant d'une tâche de reconnaissance d'un matériel verbal, à savoir d'une liste de mots, nous nous interrogeons sur la possibilité d'un **effet de la Pratique**. Or, nous observons un effet significatif à la grille1, pour le Score de reconnaissance.

Les joueurs ont une meilleure reconnaissance et utilisent un léger temps supplémentaire. Quel mécanisme cognitif est principalement porteur de cet effet ?

Si l'explication tenait au seul recours à une meilleure stratégie de catégorisation, nous n'aurions pas un score de reconnaissance à la grille 2 aussi voisin de celui de la grille 1, une chute de la performance serait constatée, et nous ne retrouverions pas cet effet de la pratique à la grille 2. Puisque à la fois à la grille 1 et à la grille 2, les joueurs sont plus performants que les non-joueurs, alors que la facilité de catégorisation n'est présente qu'à une seule grille, nous sommes conduits à écarter ce facteur explicatif d'une meilleure catégorisation comme composante cognitive principale de l'effet de la pratique. Nous avons choisi dans notre protocole précisément deux grilles en vue de comparer les résultats aux deux grilles.

Les résultats de la reconnaissance sont pour partie dépendants du nombre de fausses reconnaissances. Si **la variable Fausses reconnaissances est, elle aussi, influencée par la pratique**, on peut avancer que **l'avantage apporté par la pratique tiendrait à une plus grande concentration ou attention** dans la tâche chez les joueurs par rapport aux non-joueurs, ce qui rendrait plus efficiente la mémoire de travail visuelle et verbale. Post-test, certains sujets ont évoqué la tentative d'écritures de scripts, établissant des liens entre les mots, mécanisme qui peut s'apparenter à la recherche par le joueur des liens unissant les pièces dans une position.

Cette interprétation est confortée par le fait que chez les filles, entre joueuses et non-joueuses, le niveau de performance est égal. Ainsi, la pratique permettrait-elle aux garçons joueurs de mieux se concentrer sur la tâche et d'améliorer le processus de la mémoire de travail. Cette interprétation est validée par les résultats relatifs au temps utilisé pour la reconnaissance. Nous avons indiqué que les joueurs mettaient plus de temps (77 s vs 70 s) que les non-joueurs.

L'hypothèse attentionnelle est également rendue plausible par l'importance de l'effet Age. L'amélioration décisive chez les garçons CM1 due à la pratique ne peut s'interpréter que par une plus grande capacité attentionnelle durant la tâche.

Si, chez les filles, la reconnaissance est assez semblable entre joueuses et

non-joueuses, c'est la preuve que **le facteur attentionnel est puissant et principal**. En effet, chez les sujets de cet âge la capacité de concentration est plus grande chez les filles que chez les garçons d'après les observations empiriques faites et rapportées par les enseignants. L'interaction significative Pratique*Genre dans nos résultats vient vérifier ce constat. **Chez les sujets CM1 le principal apport est de l'ordre de l'attention**, rendant plus aisée la mobilisation de la mémoire de travail.

Une autre hypothèse d'interprétation que nous n'avons pas le moyen d'étayer tiendrait à la variable motivation dans la tâche. Le but assigné à la tâche est clairement énoncé aux sujets : il s'agit de se concentrer sur une liste de 25 mots en vue de s'en rappeler le mieux possible. Il s'agit d'un but précis et concret, proche de tâches qu'ils réalisent habituellement dans la classe, mémoriser des mots, des phrases ou des textes. Les sujets joueurs CM2 et Collégiens qui ont deux et quatre années de pratique sont habitués à l'enjeu de la partie, et d'une façon générale à se concentrer en vue d'affronter un adversaire. Est-ce que cela les conduit, dans une tâche présentant la forme d'un défi – mémoriser le plus grand nombre de mots possible –, à mobiliser plus de ressources, ce qui les conduirait à faire moins d'erreurs, c'est-à-dire à effectuer moins de fausses reconnaissances ? Il s'agit d'une hypothèse qu'il nous paraîtrait intéressant de vérifier par de nouvelles expériences.

Chapitre 10 Expérience 3 : Tours de Hanoi

Le jeu d'échecs développe l'analyse en profondeur pour le calcul de variantes, laquelle repose sur une bonne planification des enchaînements de coups possibles et sur le choix de buts et sous-buts à l'intérieur d'une stratégie plus large d'attaque ou de défense. Nous l'avons amplement analysé dans notre première partie, et l'illustration dans la figure 24 des processus mobilisés en donne une synthèse pertinente.

Nous dégagerons également des travaux présentés dans la première partie l'importance, chez le joueur d'échecs, de la mémoire de travail, qui est sollicitée dans l'exploration en profondeur des enchaînements de coups lors de la recherche du meilleur coup. Si l'on examine les diverses opérations que doit conduire à chaque coup le joueur, on mesure l'importance de la sollicitation de la mémoire de travail.

C'est en effet la mémoire de travail qui pilote les diverses tâches à réaliser. L'exécutif central (Baddeley, 1974) combine et programme les calculs et les résultats partout où il y a calcul. Le calepin visuo-spatial enregistre en mémoire et code la position ; il active et récupère en MLT les patterns et templates de parties et leur sens ; il étiquette les chunks qu'il n'a plus besoin de voir pour imaginer la Position quelques coups plus tard, en faisant abstraction des pièces présentes. La mémoire verbale conserve les étiquettes, et la boucle articulatoire rafraîchit en permanence le modèle sur la variable gestion du temps et la variable métacognitive d'autocontrôle.

La tâche dénommée Tours de Hanoi, beaucoup utilisée en psychologie cognitive, permet d'évaluer la capacité de pensée stratégique, c'est-à-dire de planification des

actions dans un ordre logique et dans le respect de règles, avec nécessité d'établir un choix de buts et de sous-buts, dans le respect d'une économie de ressources en moyens -nombre de coups- et temps -durée de la recherche de la solution-.

Il s'agit par conséquent, en proposant la tâche des Tours de Hanoï à des groupes de joueurs, de vérifier si leur performance sera meilleure que celle de groupes témoins.

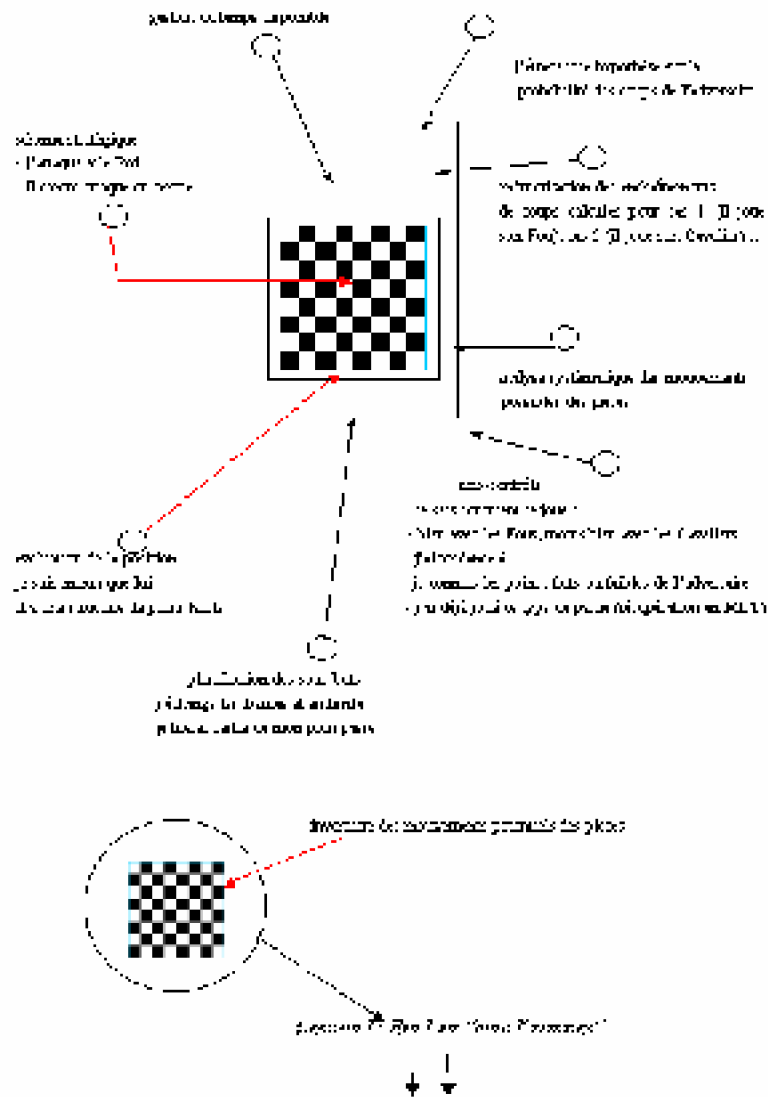
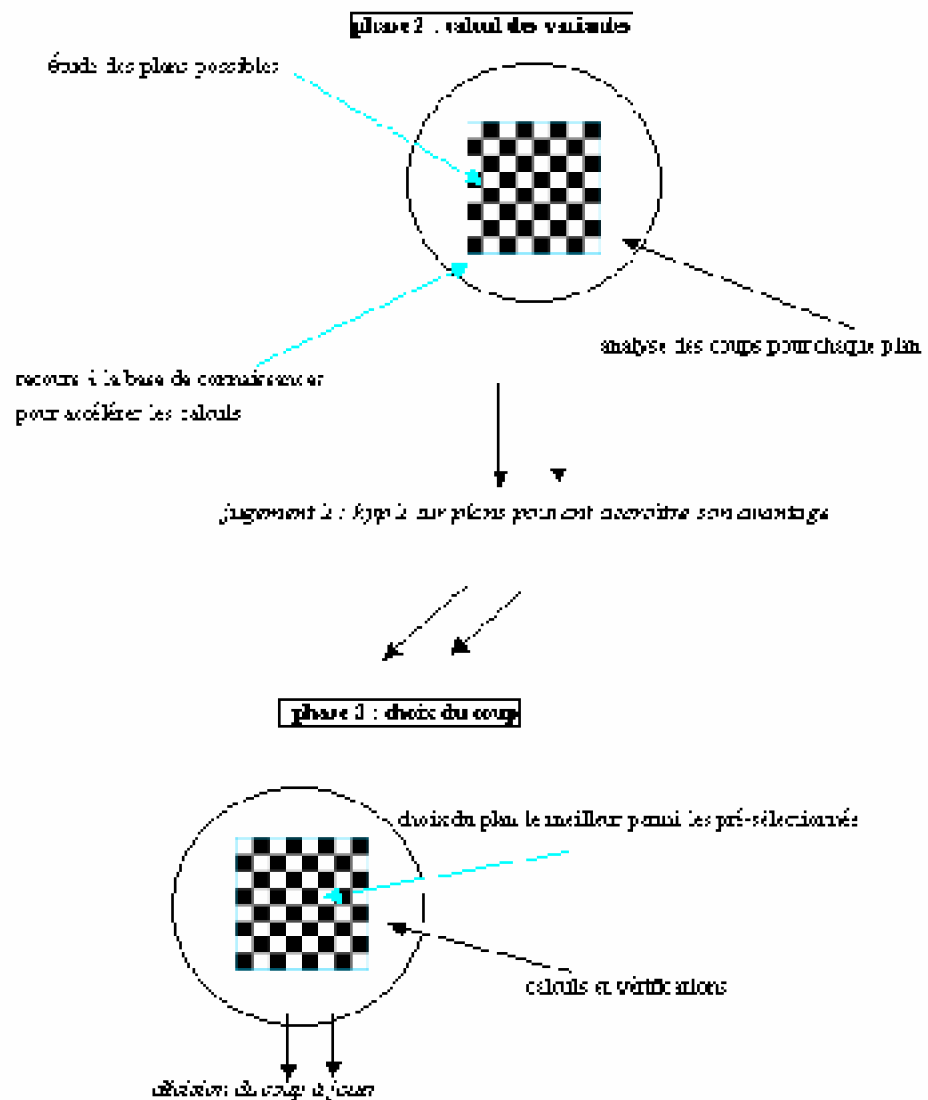


Figure 68 : Illustration des phases de l'analyse d'une position en vue du choix du coup, d'après le phasage de De Groot (1946).



1 – Problématique théorique et objectifs

1.

Par les diverses composantes cognitives de la tâche, la résolution d'un problème du type Tours de Hanoï s'apparente à la résolution d'un problème de mats simple (Anzaï & Simon, 1973). Ceci a été par la suite attesté par diverses études en imagerie. La mise en évidence anatomo-fonctionnelle de la complexité de la tâche de recherche de mats et, d'une façon plus générale, de l'activité échiquéenne a été apportée par Nichelli et al. (1994). L'étude en imagerie par tomographie par émission de positons démontre que la résolution d'un mat mobilise un réseau de plusieurs aires corticales, et aide à dégager le rôle de chacune des aires :

—

cortex orbito-frontal gauche et droit impliqué dans la tâche de conception d'une

planification et d'exécution d'opérations planifiées lors de la recherche de mats ;

–
aires à la jonction des lobes occipitaux et pariétaux, et du lobe frontal (aires 7, 18, 19) pour la génération d'images défilant en séquences pour le calcul des prises possibles de pièces et l'engagement et le désengagement de l'attention d'une image à l'autre ;

–
activation de l'hippocampe gauche et du lobe temporal gauche pour la récupération de séquences de coups possibles liés aux déplacements potentiels d'une pièce ;

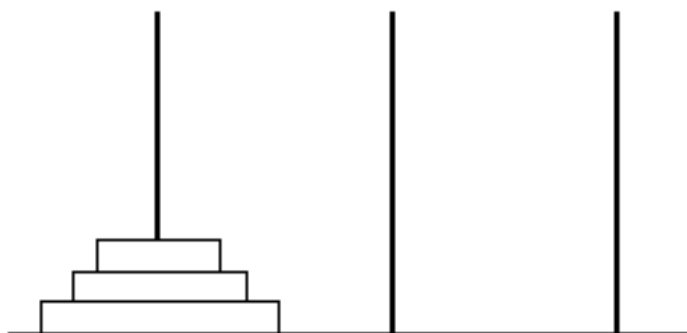
–
lobule pariéto-supérieur et cortex médio-parietal supérieur (aire 7) pour la discrimination spatiale et identitaire des pièces et le déplacement de l'attention spatiale.

–
Morris et al. (1997) ont, pour leur part, mis en évidence la mobilisation de nombre de ces aires dans une tâche de Tours de Hanoï. Ils ont surtout démontré, dans la suite de Goel et Grafman (1995), que cette tâche n'était pas exclusivement une tâche de planification et de recherche en profondeur, et ils ont relevé l'importance de la fonction inhibition des coups intuitifs d'appariement au but. Chez les patients étudiés, une lésion frontale gauche conduisait à l'impossibilité d'inhiber un coup incompatible avec le but alors qu'il satisfaisait un sous-but ; ce déficit n'intervenait pas dans le cas d'une lésion frontale droite qui, elle, atteint la mémoire spatiale. Cette composante nous intéresse car elle se retrouve dans la composante d'auto-contrôle du joueur. C'est pourquoi cette tâche des Tours de Hanoï nous paraissait adaptée à notre objectif, plus par exemple que la tâche des Tours de Londres qui ne comporte pas ce conflit but/sous-but.

2.

Nous avons souhaité vérifier dans notre expérience cette hypothèse de la prévalence du conflit but/sous-but en retenant un protocole expérimental incluant deux problèmes à résoudre l'un après l'autre. Le premier à trois disques ou anneaux, dont la solution optimum peut être trouvée en sept coups ou mouvements de disques, mais pour lequel existe le conflit but/sous-but dès le premier coup, compte tenu de l'état initial et de l'état-but. Les trois disques sont rangés sur la tige de gauche et ils doivent être agencés sur la tige de droite, un plus large ne pouvant être placé sur un plus petit. Pour le premier coup, le piège intuitif consiste à laisser libre la tige de droite, laquelle correspond à l'état-but, et à déplacer le premier disque sur la tige du milieu ; en cela n'est pas envisagé le mouvement contre-intuitif consistant à déplacer le premier disque sur la tige de droite afin de libérer le disque moyen pour le placer sur la tige du milieu, dans le but ensuite de ramener le disque plus petit de la tige de droite vers la tige du milieu, ce qui libère la tige de droite pour le plus large. Ce qui est contre-intuitif, c'est d'une part d'occuper la tige de droite et de ne pas la laisser libre, d'autre part de revenir

Ce piège intuitif



d'appariement perceptif au but (Houdé, 1996) coûte 4 mouvements en termes de performance. Et si, pour le premier coup, le sujet déplace le disque sur la tige du milieu, en admettant qu'il ne commette ensuite aucune erreur, la solution optimum peut être trouvée en onze coups. Cela conduit pour le premier problème à trois disques à un score optimum voisin de celui du second problème proposé à cinq disques. Toutefois, au plan cognitif, le premier problème est plus coûteux et plus difficile que le second, compte tenu du fait que le conflit but sous-but surgit dès le premier coup. Dans le problème à cinq disques, faut-il qualifier de conflit but/sous-but le dilemme existant au 8ème coup - petit disque à déplacer de la tige de droite à la tige du centre et non pas à celle de gauche ? On remarquera dans la figure ci-dessous que le nombre de coups pour terminer la tâche est faible (3) et évident - deux seuls disques restent concernés, l'état-but étant de disposer les cinq disques sur la tige du centre.

Le piège perceptif et cognitif



dans cette position est mineur et le mouvement du plus petit disque sur la tige de gauche pour revenir ensuite sur la tige du milieu ne peut pas vraiment être qualifié de contre-intuitif. Nous avons au demeurant pu vérifier statistiquement que presque aucun sujet n'avait été piégé.

3.

Cet objectif d'analyse de l'inhibition du piège perceptif nous a conduit à étudier plus particulièrement le premier coup de l'exercice à trois disques, et ce à chacun des trois essais, et à examiner la persistance dans le piège et dans la non résolution du conflit but/sous-but. Ceci nous a permis de vérifier s'il y avait une corrélation significative entre l'attitude à l'égard de ce conflit et la performance globale. En d'autres termes, nous

voulions savoir s'il y avait une corrélation entre la résolution du problème et la capacité à lever le conflit but/sous-but en inhibant le coup intuitif. Puis, nous avons voulu savoir s'il y avait corrélation entre la résolution de ce conflit et la performance au deuxième problème, dans le but de vérifier si la fonction planification requise à titre principal dans le second problème à cinq disques était ou non liée à la levée du conflit par inhibition du coup intuitif.

2 – Méthode

Sujets

Trois groupes d'élèves étaient concernés dans leur établissement scolaire :

48 élèves de deux classes de CM1, de 9 ans et demi d'âge moyen, appartenant à la même école de la ville de Caluire (69). Dans l'une des classes, tous les élèves 14 filles, 17 garçons apprenaient le jeu d'échecs depuis le début de l'année scolaire, à l'intérieur du temps scolaire et avec leur instituteur, au rythme d'une séance par semaine. Au moment de la passation de l'expérience début Mars ils avaient donc six mois d'apprentissage de ce jeu. L'autre classe -15 filles, 16 garçons ne bénéficiait pas d'enseignement du jeu d'échecs et avait, durant ce temps, effectué un travail scolaire normal. Les élèves joueurs ou non-joueurs avaient été choisis au sein de leur classe selon l'ordre alphabétique, tous ne pouvant passer pour des raisons de disponibilité du matériel informatique.

37 élèves de CM2, ayant un âge moyen de 10 ans et demi, appartenant à deux écoles de la ville de Lyon. Répartis en 18 joueurs (6 filles, 12 garçons) et 19 non-joueurs (7 filles, 12 garçons). Les élèves-joueurs avaient deux années de pratique du jeu d'échecs et appartenaient à des classes où le maître enseignait les échecs à l'ensemble de sa classe. Les non-joueurs étaient choisis dans une classe de CM2 des deux mêmes écoles.

23 collégiens de 13 ans et demi d'âge moyen, 12 joueurs et 11 non-joueurs, 5 filles et 18 garçons, appartenant à trois collèges de Lyon, qui pratiquaient le jeu volontairement au sein du collège, au rythme d'une fois par semaine, et avaient au minimum quatre années de pratique.

Stimuli

Ils consistaient en des disques ou anneaux de couleur différente, au nombre de trois pour le premier exercice et de cinq pour le second exercice, disposés dans un état initial sur trois tiges et qu'il convenait de déplacer pour les ranger sur une même tige en un ordre décroissant, l'anneau le plus large en-dessous, l'anneau le plus étroit sur le dessus ; les

positions de l'état-but à atteindre étaient présentées avant le début de la tâche et restaient affichées en permanence sur le haut de l'écran. Les tiges et disques étaient colorés de façon très distincte, ainsi que le fond de l'écran. Nous nous sommes posés la question de l'emplacement sur l'écran de l'affichage de l'état-but. Hodgson et al. (2000) ont montré que l'emplacement en haut ou en bas de l'écran était indifférent dans la tâche voisine de la Tour de Londres, en conséquence nous avons installé le cartouche de l'état-but en haut à droite de l'écran.

Matériel

Des ordinateurs portables PC équipés de Windows 98, d'une carte son et d'un logiciel lisant les programmes écrits en Director 7 (logiciel ayant servi à l'écriture), et d'une souris manuelle externe. L'expérimentateur vérifiait préalablement que chacun des sujets s'était déjà servi d'une souris et d'un ordinateur. Les sujets étaient protégés des bruits externes par un casque dans lequel ils entendaient les consignes et explications, et qu'ils gardaient jusqu'à la fin de l'exercice.

Procédure :

Le logiciel commençait par la présentation de la nature de l'exercice; puis il était proposé au sujet un entraînement au déplacement des disques à l'aide de la souris. Les règles étaient ensuite énoncées et illustrées : interdiction de poser un anneau plus large sur un plus étroit, déplacement d'un seul anneau à la fois; interdiction de poser un anneau ailleurs que sur une tige. Le sujet se voyait proposer la possibilité de relire les règles avant de commencer la première résolution à 3 anneaux.

Un court signal sonore accompagnait chaque mouvement correct effectué.

Si, au cours de l'exercice, le sujet transgressait une règle, un signal sonore l'alertait et l'anneau revenait automatiquement à sa place initiale, le mouvement étant décompté comme un coup. Si le sujet lâchait par mégarde l'anneau en cours de déplacement, l'anneau revenait à sa place initiale mais le mouvement n'était pas décompté comme coup, il figurait dans le script et était qualifié d'erreur mais non d'infraction. Le sujet disposait de trois essais successifs d'une durée de deux minutes chacun. Il n'effectuait pas de nouvel essai s'il avait trouvé la solution dans le nombre de coups optimum -7 pour le premier exercice et 10 pour le second-. Les deux exercices à 3 et 5 disques étaient enchaînés sans temps de repos et sans explication intermédiaire, à l'initiative du sujet au moyen d'un bouton.

Pour chacun des problèmes, le sujet disposait de trois essais d'une durée de deux minutes.

Traitement des données et calcul des scores :

Chaque déplacement était enregistré et décompté comme un coup ; les infractions aux règles étaient comptabilisées, un mouvement interdit étant compté comme coup et suivi du retour de l'anneau à sa case antérieure. Le script capturait la seconde à laquelle était effectué le coup.

Les variables dépendantes étaient pour chacun des trois essais : la Résolution ou non du problème (1 si résolution, 0 si non-résolution), le Nombre de coups effectués, le Temps de l'essai pour parvenir à la résolution, le Nombre d'infractions à la règle, la Nature du premier coup (correct 1, ou non 0).

Les variables inter-sujets étaient : l'Age (CM1, CM2, Coll), la Pratique et le Genre.

Calcul des scores.

En plus des scores pour chacune des variables intra, nous avons établi deux scores significatifs :

un **score global** agrégeant les différents scores intermédiaires correspondant aux aspects de la performance : solution du problème, temps utilisé, précision et efficacité de la démarche prenant en compte le nombre de coups joués et les infractions aux règles commises. Ce score a été calculé selon la formule suivante proche de celle retenue par Goel et Grafman (1995) sans prise en compte, pour le facteur efficacité, du nombre de coups restant à jouer pour atteindre la solution :

Score global = résolution x efficacité x vitesse x constante de classement

- Efficacité = nb de coups minimum requis / (nb coups + nb infractions)
- Vitesse = V^{21} / temps utilisé / temps maximum alloué
- La vitesse est une fonction du temps utilisé et du temps maximum alloué pour l'essai (120 s). Afin de ne pas donner le même poids à ce facteur qu'à celui de la solution et de l'efficacité, nous avons pris la racine carrée de ce rapport.
- Résolution du problème = 1 si problème non résolu, 2 si résolution, 3 si résolution parfaite au premier essai
- Constante de classement = 1000, cette constante stabilise le classement des scores des sujets
- Exemple : Sujet 1 : a résolu le problème à 3 disques en 7 coups et 60 secondes au 1^{er} essai : score = $3 \times 1 \times 2,24 \times 1000 = 6720$; Sujet 2 : a résolu le problème à 3 disques, a joué 17 coups et commis 4 infractions, a utilisé la totalité des 120 secondes allouées : score = $2 \times 0,33 \times 1 \times 1000 = 666$

un score de levée du conflit but / sous-but Nous avons procédé à la lecture du script pour analyser la nature du premier coup joué à l'exercice à trois disques. Si le sujet avait déplacé le petit disque sur la tige de droite, il obtenait 1, s'il l'avait joué sur la tige du milieu, il marquait 0. Cette notation avait été faite pour chacun des trois essais d'où la dénomination score de levée du conflit.

Les données saisies ont fait l'objet d'une analyse de variance pour les variables numériques et d'un test Khideux pour les variables nominales.

Hypothèses

Nous postulions :

un effet de la pratique du jeu d'échecs, les sujets-joueurs ayant un score global meilleur que celui des non-joueurs, un score solution parfaite nettement meilleur, et un score levée du conflit plus élevé traduisant une meilleure aptitude à inhiber l'appariement au but global ;

un effet de l'âge, les collégiens ayant une meilleure performance que les CM2, les CM2 que les CM1 ;

un effet niveau de difficulté, le problème à 3 disques (3D) étant plus difficile à résoudre que le problème à 5 disques (5D) ;

un effet de l'apprentissage, les performances s'améliorant entre les essais et entre le premier et le deuxième problème, sans qu'une hypothèse puisse être émise s'agissant de la comparaison entre joueurs et non-joueurs.

Aucun effet du genre n'était postulé.

3 - Résultats

Pour la présentation des scores nous analyserons, pour chacun d'eux, l'effet de la Pratique, puis celui de l'Age, puis du celui du Genre. Enfin nous analyserons les interactions éventuelles entre les variables inter-sujets.

31- Scores analytiques

31-1 – Effet de la Pratique

a- Résolution du problème

1.
Sur l'ensemble des sujets, des trois essais et deux problèmes (3D, 5D), la Pratique donne un avantage significatif, **+ 29%**, (*test khideux* = $1,047E-0,6$), 90 % des sujets joueurs ont résolu les deux problèmes, contre seulement 76 % des non-joueurs.

2.
Pour l'exercice à 3 disques, sur l'ensemble des trois essais, l'effet de la Pratique est

manifeste : 91 % des joueurs contre 76 % des non-joueurs ont résolu le problème : (*test khideux* = 2,7146E-06).

3.

De même l'effet de la Pratique est significatif pour la résolution du second problème à 5 disques sur l'ensemble des trois essais : (*test khideux* = .036).

4.

l'effet de la pratique se manifeste dès le 1^{er} essai de façon significative, $F(1,73) = 9.686$; $p = .0027$, sur le 3D.

b - Résolution parfaite

Si l'on examine les sujets ayant résolu le problème de façon parfaite, c'est-à-dire dans le nombre de coups optimum, et ce pour les deux exercices à 3 et 5 disques, l'avantage de la Pratique est significatif : 1,170 vs 0,821 soit + 42% au 3D (*test khideux* = 2,53E-08) et 1,375 vs 0,905 soit + 52% au 5D (*test khideux* = 3,52E-06).

c- Résolution du problème aux seuls premiers essais

Si l'on prend en compte la Résolution parfaite ou non au seul premier essai des deux exercices, le même effet significatif de la Pratique est observé (*test khideux* = .0072) : score de résolution Joueurs = 1,19 vs Non-Joueurs = 0,76, soit + 56%. Ceci est sans doute le meilleur indicateur de la performance dans la tâche puisque gommant l'effet d'apprentissage.

d - Nombre de coups joués pour résoudre le problème

Le nombre de coups joués par les sujets joueurs ayant résolu le problème sur l'ensemble des trois essais et des deux exercices est significativement inférieur à celui des sujets non-joueurs, comme indiqué sur la Figure 69, $F(1,161) = 7.788$; $p < .0059$.

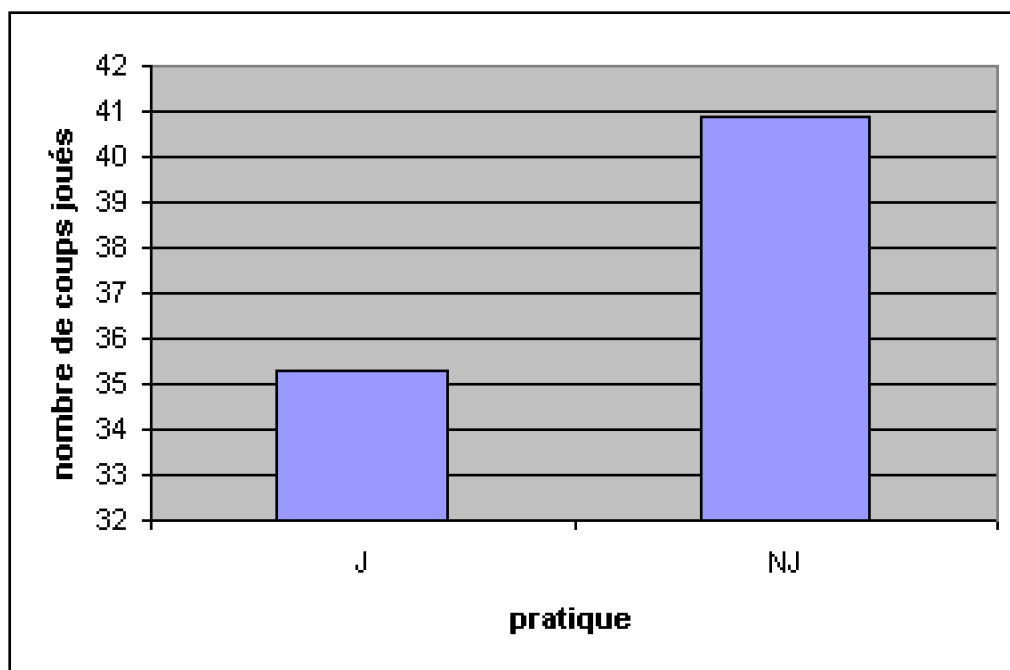


Figure 69 : Nombre de coups joués pour la résolution, 3A + 5A.

Si l'on examine les seuls premiers essais, le nombre de coups joués est moins élevé pour les joueurs (13,4) que pour les non-joueurs (14,8), soit - 9%.

e- Temps de résolution

Pour l'exercice à 3 disques le temps mis à résoudre le problème sur l'ensemble des trois essais est **nettement inférieur pour les joueurs**, 51 secondes, par rapport aux non-joueurs, 67 secondes, $F(1,247) = 20.573; p < .0001$.

Pour l'exercice à 5 disques, l'avantage subsiste en faveur des joueurs, le temps nécessaire aux joueurs est de 51 secondes, contre 64 secondes pour les non-joueurs, $F(1,247) = 10.907; p < .0011$.

f - Nombre d'infractions aux règles

On ne constate pas d'effet significatif ($F=1$) de la pratique sur le nombre d'infractions commises, aussi bien pour l'ensemble des essais que pour les seuls premiers essais.

31-2 - Effet de l'Age

a- Résolution du problème

L'Age s'avère significatif pour l'exercice à 3 anneaux, $F(2,247) = 5.595; p < .0042$. Tout naturellement, les collégiens sont plus nombreux que les CM2 et les CM2 plus nombreux que les CM1 à résoudre le problème.

En revanche, l'avantage de l'Age disparaît pour le second exercice à 5 disques, ce

qui confirme que l'effet d'apprentissage joue, indépendamment du fait qu'il s'agit, nous le verrons, d'un problème plus facile à résoudre.

b - Résolution parfaite

Si l'on examine les sujets ayant résolu le problème de façon parfaite, c'est-à-dire dans le nombre de coups optimum, et ce pour les deux exercices à 3 et 5 disques, on ne constate pas d'effet significatif de l'âge ; les mêmes proportions de sujets dans chaque catégorie d'âge résolvent le problème de façon parfaite.

c - Résolution du problème dès le premier essai

Il n'y a pas d'effet significatif de l'âge (*test khideux* = .08).

d - Le Nombre de coups joués pour résoudre le problème

Aucun effet significatif de l'âge n'est mesuré.

e - Temps de résolution

Un effet massif de l'Age est observé pour la variable dépendante Temps consacré à la résolution à l'exercice à 3 anneaux, $F(2,247) = 7,856; p < .0005$.

Les temps sont respectivement de : 70 s pour les CM1, 59 s pour les CM2, 46 s pour les Collégiens.

L'effet est moindre, même s'il reste significatif, pour la variante à 5 anneaux, $F(2,247) = 3.127; p < .0456$.

f - Nombre d'infractions aux règles

Aucun effet significatif de l'Age n'est observé.

31-3 – Effet du genre

Il est rappelé que nous n'avons pas émis d'hypothèse particulière sur cette variable intra. Aucun effet du Genre n'a été trouvé.

31-4 – Effet de l'apprentissage

Un effet normal est constaté. Les sujets, dans leur ensemble, améliorent leur performance entre les essais. Ceci vaut pour l'ensemble des composantes de la performance : résolution du problème, temps de résolution, nombre de coups

31-5 – Interactions

1.
Pour la variable Résolution, aucune interaction globale Age*Pratique, Pratique*Genre ou Age*Genre n'est observée.

2.

une interaction significative Genre*Pratique est constatée pour la variable dépendante Résolution parfaite, sur l'ensemble des trois essais (*test Khideux* $p = .05$). **Les Filles joueuses s'avèrent plus performantes que les garçons joueurs**, le constat inverse existant pour les non-joueurs.

3.

cette même interaction significative Genre*Pratique est constatée pour la variable dépendante résolution aux seuls 1ers essais (*test Khideux* $p = .04$). Chez les joueurs, les filles ont un meilleur taux de résolution que les garçons pour le 5D (1.67 vs 1.06, soit +60%) et font moins bien pour le 3D (1.01 vs 1.22, soit -20%) du fait d'une qualité du 1er coup moindre. **Elles semblent donc meilleures dans la composante planification que dans la composante inhibition**. Chez les non-joueurs, les filles font moins bien que les garçons au 5D (0.53 vs 0.81, soit -29%), et jeu égal au 3D (0.80 vs 0.81).

4.

pour la variable Temps de résolution, aucune interaction globale Age*Pratique, n'est observée.

5.

de même, pour la variable Résolution de l'exercice à 3 disques, une interaction triple Age*Genre*Pratique est mesurée, $F(2,247) = 3.571$; $p < .0296$. Les joueurs sont plus rapides que les non-joueurs, et, parmi les joueurs, les filles plus performantes que les garçons, ceci valant pour CM1 et Collégiens.

32 – Score global

32-1- Effet de la Pratique

Le Score global reprend l'ensemble des facteurs de la performance. L'analyse de variance fait apparaître un **très robuste effet de la Pratique au problème à 3 disques** : $F(1,148) = 12.847$; $p < .0006$. L'écart entre joueurs et non-joueurs est de + 33%.

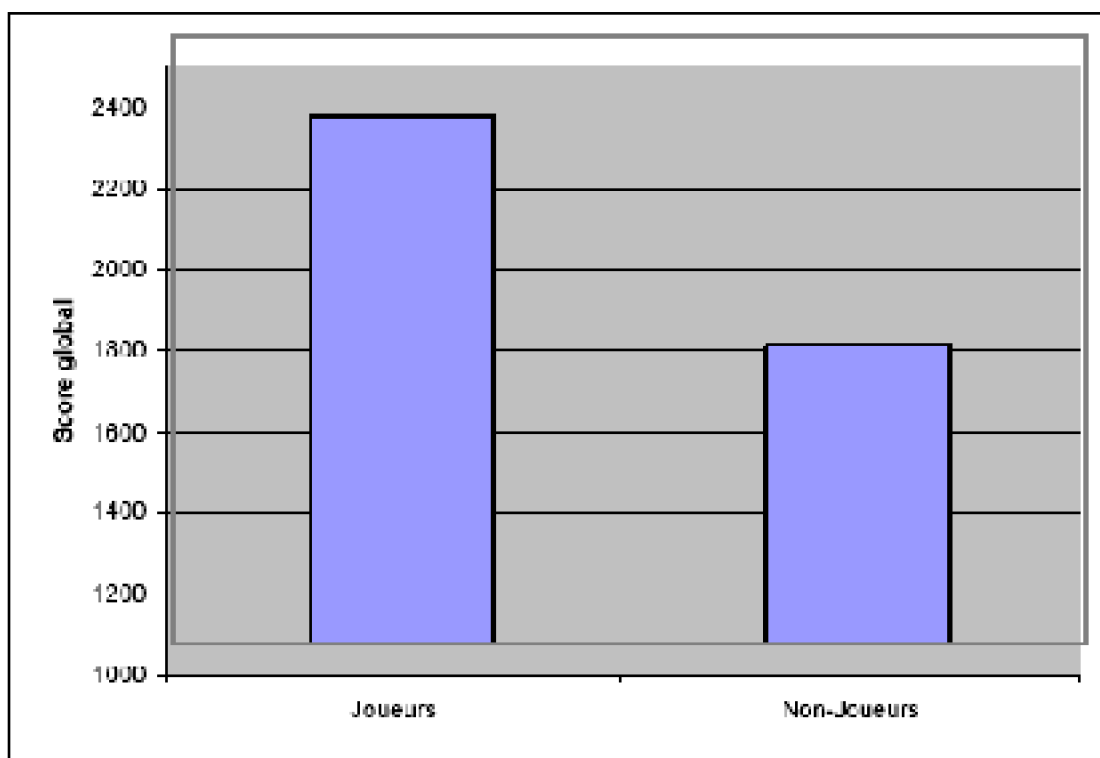


Figure 70 : Score global au problème à 3 disques selon pratique.

Pour le problème à 5 disques, l'effet reste très significatif au premier essai, $F(1,74) = 7.152$; $p < .0092$, et disparaît sur l'ensemble des trois essais, ce qui paraît normal compte tenu de l'effet d'apprentissage entre essais, et du fait que le problème à 5 disques était traité après celui à 3 disques.

32-2 – Effet du genre

Nous ne constatons pas d'effet du genre au 3D

Means Table		Count	Mean	Std. Dev.	Std. Error
Effect: SEXE	81	1904	1255	139	
Dependent: Score global 3 D	177	2089		912262	

32-3 - Effet de l'apprentissage

L'effet de l'apprentissage est massif : $F(2,148) = 22.986$; $p < .0001$, et ce pour l'ensemble des sujets.

32-4- Interactions

L'interaction Age*Pratique n'est pas significative, joueurs et non-joueurs progressant de la même manière selon chaque catégorie d'âge.

LE DEVELOPPEMENT DES HABILETES COGNITIVES DE L'ENFANT PAR LA PRATIQUE DU JEU D'ECHECS :

Means Table		Count	Mean	Std. Dev.	Std. Error
Effect: age*pratique	42	2038	1212	187	
Dependent: score global	30	1315	931	170	
3 D	54	2340	1267	172	
COLL J	57	1568	953	126	
COLL NJ	39	2533	1259	201	
	36	2343	1362	227	

Il n'y a pas d'interaction Pratique*Genre, avec une interversion à noter entre filles et garçons : chez les joueurs, les filles ont un meilleur score que les garçons, alors que chez les non-joueurs les garçons font mieux que les filles.

Means Table		Count	Mean	Std. Dev.	Std. Error
Effect: pratique*sexe	36	2369	1451	241	
Dependent: score global	99	2277	1181	118	
3 D	45	1531	933	139	
	78	1849	1248	141	

Et lorsque l'on s'attache à l'interaction triple Age*Pratique*Genre on note que l'interaction est significative, $p < .0325$. Chez les CM1, les filles joueuses ou non sont meilleures que les garçons. Ceci n'est plus le cas avec les CM2 : les garçons bénéficient plus de la pratique que les filles, puisque à l'égalité de score s'agissant des non-joueurs se substitue un avantage très net des garçons sous l'effet de la pratique. Le faible échantillon chez les collégiennes joueuses n'autorise pas à tirer des conclusions claires.

Tableau 18 : Scores globaux moyens aux trois essais interaction Genre*Pratique* Age.

Means Table		Count	Mean	Std. Dev.	Std. Error
Effect: age*pratique*sexe	12	2435,917	1459,418	421,298	
Dependent: Score global	30	1879,933	1085,602	198,203	
3 D	15	1572,533	1087,242	280,725	
CM1, J, F	15	1057,867	687,873	177,608	
CM2, J, F	18	1987,500	1191,470	280,832	
CM2, J, M	36	2516,972	1283,362	213,894	
CM2, NJ, F	21	1586,524	974,531	212,660	
CM2, NJ, M	36	1557,750	955,015	159,169	
COLL, J, F	6	3383,667	1859,453	759,119	
COLL, J, M	33	2378,788	1088,372	189,461	
COLL, NJ, F	9	1336,556	543,372	181,124	
COLL, NJ, M	27	2678,815	1393,609	268,200	

33 – Score de levée du conflit

33-1- effet de la pratique

L'analyse de variances montre que sur l'ensemble des trois catégories d'âge, **l'effet de la Pratique sur la levée du conflit est significatif**, *test khideux* = .048. L'analyse des contrastes montre que l'effet est plus fort pour les CM2 et Coll, *test khideux* = .022 ; les joueurs ayant 2 et 4 ans de pratique résolvent plus facilement que les non-joueurs le conflit au fil des trois essais, + 57%.

Tableau 19 : Score de levée du conflit selon Pratique.

Means Table		Count	Mean	Std. Dev.	Std. Error
Effect:	93	441	499	052	
Pratique	93	280	451	047	
Dependent:					
Score conflit					

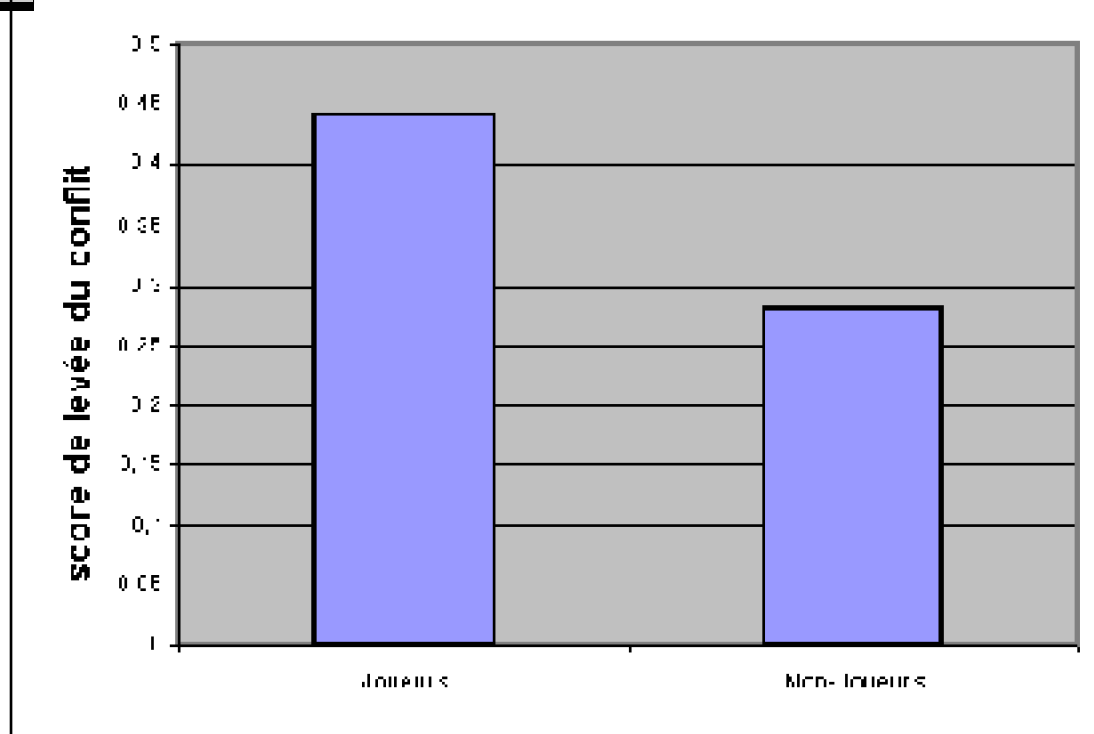


Figure 71 : Score de levée du conflit selon Pratique.

33-2- effet du genre

Aucun effet du Genre n'est mesuré, ($F < 1$).

33-3- effet de l'âge

Aucun effet significatif de l'Age, $F < 1$.

33-4- Interactions

* L'interaction entre Pratique et Age n'est pas significative, $F < 1$.

Tableau 20 : Score de levée du conflit selon âge*pratique.

Means Table		Count	Mean	Std. Dev.	Std. Error
Effect:					
CM2	54	407	496	067	
age*sexe					
CM2	57	246	434	058	
Dependent:					
Coll	39	487	506	081	
score conflit					
Coll	36	333	478	080	

** On relève une interaction Pratique*Genre significative, $F(2,148)=4,455$; $p= .0132$. Les joueurs font mieux que les non-joueurs et, au sein de chaque groupe, les filles mieux que les garçons.

34- Recherche de corrélation entre Score global et Score de levée du conflit

34-1- corrélation entre levée du conflit but/sous-but et résolution du problème

Nous avons cherché à mesurer l'importance de cette variable levée du conflit but / sous-but dans la résolution du problème en calculant la corrélation entre ce score de levée du conflit But/Sous-But et le score résolution du problème. La corrélation est élevée pour les Joueurs et nettement plus faible pour les Non-Joueurs, comme l'illustre le tableau ci-dessous:

Tableau 21 : Coefficient de corrélation Score de levée du conflit et Score de résolution.

	aux trois essais	
	J	N-J
CM1	0,60	0,13
CM2	0,31	0,18
Coll	0,58	0,34

342- corrélation entre score de levée du conflit but/sous-but et score global

Le même constat peut être fait si l'on rapproche le score levée du conflit au score global, comme l'illustre le tableau ci-dessous:

Tableau 22 : Coefficient de corrélation Score de levée du conflit et Score global.

	aux trois essais au seul 3ème essai			
	J	N-J	J	N-J
CM1	0,67	0,49	0,81	0,51
CM2	0,63	0,23	0,84	0,35
Coll	0,77	0,47	0,88	0,60

A l'exercice à 3 disques, la résolution dépend donc pour une large part de la variable levée du conflit but/sous-but, soit pour près de 70% pour les sujets ayant 2 ou 4 ans de pratique. On peut en déduire que la deuxième variable, la planification, compte beaucoup moins dans le score global.

Pour vérifier l'importance de cette variable levée du conflit, nous avons calculé le coefficient de corrélation entre le score de levée du conflit à l'exercice des 3 disques et le score global au problème à 5 disques. En effet nous émettions l'hypothèse que si cette variable était aussi prépondérante dans le score au problème 3 disques, alors l'absence de conflit dans l'exercice à 5 disques devrait conduire à une corrélation très faible, voire inexistante, entre score de levée du conflit au 3D et score global au 5D.

Les coefficients calculés confirment notre hypothèse : la corrélation entre score de levée du conflit et score global au 1er essai du 5D est négative pour les CM2 (- 0,27; - 0,33) et Coll (- 0,30; - 0,12) pour joueurs et non-joueurs, et très faible pour les CM1 (0,13; 0,14). Cette variable est donc indépendante de la variable planification.

Le score au problème à 5 disques est donc sans rapport avec le score de celui à 3 D. Cela signifie que la performance à la variable planification au 5 D est pour partie inversement proportionnelle à celle levée du conflit : **lever le conflit ne met pas en cause la même composante cognitive**, ce que les expériences en imagerie ont clairement établi (Morris, 1997. Goel & Grafman, 1995).

Ceci peut être rapproché du coefficient de corrélation calculé entre le 3D et le 5D sur le score global tous essais (CM1 : J = 0,13; NJ = 0,22. CM2 : J = 0,21; NJ = 0,21. Coll : J = 0,03; NJ = 0,43)

Une double déduction peut être faite de ce constat : au problème à 3D la variable conflit est principale, à celui à 5D c'est la variable planification qui est principale.

4 - Discussion

L'importance de **l'effet de la pratique** s'avère majeure. Sur chacun des scores analytiques, l'avantage des joueurs est **fortement significatif** : succès de la résolution, vitesse de celle-ci, efficacité dans la résolution par un nombre de coups plus faible, cela dès le premier essai. Il n'est pas étonnant que pour le score global l'effet cumulé de cette meilleure performance dans chaque composante de la tâche conduise à des écarts aussi significatifs. Pour nombre de composantes, les scores des CM2 joueurs se situent au même niveau que ceux des non-joueurs collégiens, effaçant les trois années de différence d'âge, ce qui au plan développemental doit être noté.

Plus surprenant est l'effet observé **chez les sujets CM1**. S'agissant du score de résolution au premier essai, comme pour les autres catégories d'âge, on retrouve chez les CM1 un avantage significatif : score de 1.250 (J) vs score de 0.500 (N-J). Et pour le score global, l'écart est très élevé : 1435 vs 517 ! **Les élèves de CM1, qui n'avaient**

que six mois de pratique échiquéenne lorsqu'ils ont passé les épreuves, ont tiré un bénéfice très rapide de cet apprentissage. Il semble donc que cet apprentissage ait un impact massif sur l'exploration mentale en situation de résolution de problèmes ; cette séquence d'anticipation et de simulation des coups à jouer préalable à la décision est, nous le savons, une base essentielle de la pratique échiquéenne.

L'effet de la pratique selon le genre est contrasté. Chez les CM1, les filles semblent plus que les garçons tirer bénéfice de la pratique au vu de leur performance, même si nous devons observer que chez les non-joueurs les filles étaient également meilleures. Pour les CM2 ayant deux années de pratique les résultats sont inversés ; à l'égalité entre filles et garçons chez les non-joueurs s'oppose un large avantage des garçons pour les joueurs. Cette constatation mérite d'être relevée dans la mesure où elle conforte ceux qui, du fait de la composante visuo-spatiale communément admise comme principale dans le jeu d'échecs, considèrent ce jeu plus aisé pour les garçons.

La composante résolution de problèmes avec ses aspects planification et analyse en profondeur d'enchaînements de propositions conditionnelles « si... alors » reste principale chez les novices et joueurs moyens par rapport à la composante mnésique. Ce n'est qu'au stade de l'expert que l'organisation de la base de données en MLT selon le modèle de Gobet (1996a) libère une grande partie de sa mémoire de travail pour la prise en compte de composantes beaucoup plus stratégiques que la seule planification, avec intervention d'une métacognition des interactions de schèmes positionnels selon les thèmes stratégiques commandant les parties.

Notre protocole expérimental (choix de l'état initial et de l'état but de l'exercice à 3D) et le mode de traitement des données (calcul du score de levée du conflit) nous ont permis de mettre en évidence **l'importance des phénomènes d'inhibition dans le processus d'une tâche décisionnelle.** Les tests khideux significatifs attestent du meilleur recrutement de cette fonction inhibition des coups intuitifs pièges chez les joueurs, avec accroissement de cette significativité avec les années de pratique. La pratique entraîne le joueur à réfléchir aux diverses solutions de jeu dans une position et à simuler les conséquences possibles d'un coup avant de décider de jouer ou non celui-ci. Il peut ainsi éviter la tentation de jouer sans avoir analysé plus avant les suites diverses. L'animateur ou enseignant du jeu d'échecs consacre une grande partie de son intervention à suggérer à l'enfant de passer par cette phase d'analyse des coups possibles de l'adversaire avant de penser à son propre coup. Il développe en cela la faculté de **suspendre le désir de jouer intuitivement un coup** en se dispensant d'une analyse préalable. Cette faculté d'inhibition intervient très tôt. Elle intervient en amont de la fonction planification et est la cause principale de la performance au 1^{er} problème à 3 D car elle apporte à la composante planification une plus grande pertinence. De ce point de vue, il est intéressant de relever la forte corrélation chez les joueurs entre score de levée du conflit et score global ou de résolution.

Conclusion

Nous avons postulé un fort effet de la pratique des échecs, qui sollicitent l'ensemble des fonctions exécutives, dans la réalisation de cette tâche des Tours de Hanoï.

Notre hypothèse est totalement validée.

Le transfert est manifeste et d'une grande ampleur.

Par la pratique de l'exploration en profondeur et du calcul combinatoire des variantes de coups à jouer, le joueur d'échecs développe les sous-habiletés composant les fonctions exécutives. Ceci est cohérent avec les corrélations trouvées par certaines études réalisées sur des sujets scolaires entre jeu d'échecs et mathématiques, que nous avons mentionnées dans la deuxième partie. Le but de la partie d'échecs est de résoudre un problème énonçable en quelques mots simples : comment faire échec et mat au Roi adverse.

Il s'agit en quelque sorte d'un cas prototypique de la résolution de problèmes. Nous aurons à revenir sur l'opportunité que ce constat offre en didactique des matières touchant à la Logique, au Raisonnement, au calcul complexe, et à la Géométrie.

Chapitre 11 Expérience 4 : Traitement de la relation spatiale

Nous avons dans la première de nos quatre expériences commenté les résultats surprenants du rappel de la Position 4 qui comportait les deux diagonales, et pour lequel la performance des sujets joueurs était exceptionnellement plus élevée que celle des sujets témoins. Nous avons interprété cela comme la conséquence de la sous-habilité de traitement en imagerie mentale du mouvement potentiel des pièces. S'ajoutait la capacité à encoder la relation structurale constituée par les deux diagonales. La similarité du dispositif des stimuli ronds et carrés sur un quadrillage de 64 cases, nous l'avons dit, a pu aider au transfert des modes de traitement recrutés habituellement chez le joueur, spécialement pour un échantillon qui ne comportait que des joueurs ayant deux ans ou quatre ans de pratique.

Il était en conséquence nécessaire de répliquer un protocole visant à évaluer la réalité du transfert de l'habileté de traitement des relations spatiales et spécialement sous l'aspect original de l'extraction du mouvement.

C'est pourquoi nous avons cherché dans la littérature un paradigme expérimental qui réponde à cet objectif. C'est ce que nous allons exposer dans la première partie de ce chapitre avant ensuite de présenter les résultats de l'expérience et d'en faire une interprétation.

1- Problématique théorique et objectifs

Parmi les modèles de vision de haut niveau, le modèle de Kosslyn (1987) dans une approche computationnelle (Marr, 1982) rend compte des différentes étapes de traitement nécessaires à la réalisation d'une tâche. La reconnaissance visuelle dite de haut niveau met en jeu une série de composantes ou sous-systèmes, lesquels recrutent des réseaux multiples du cortex.

Dans une première étape, il y a mobilisation de l'orientation de l'attention sur la zone d'apparition d'un stimulus, comportant selon les cas, c'est-à-dire selon la concentration exigée et l'importance de la tâche, une inhibition des autres zones de l'espace alentour. Deux processus sont alors activés, l'un mobilisant la voie ventrale qui va permettre de caractériser l'objet vu dans sa forme, ses détails et, par rapprochement avec des représentations stockées en MLT, de l'identifier (Ungerleider & Mishkin, 1982); l'autre recrutant la voie dorsale du cortex, va encoder les propriétés spatiales du stimulus, et en définir la position dans l'espace, l'orientation et la taille. Cette voie serait d'autant plus recrutée que la tâche ne serait pas seulement perceptive mais serait orientée vers l'action, ce volet action caractérisant pour certains auteurs la voie dorsale (Goodale & Milner, 1992).

Le traitement des relations spatiales est d'une double nature. Il s'agit premièrement de définir les coordonnées de l'objet par rapport à son espace, ce qui facilite la préparation d'une action en fonction d'une intention. Il s'agit deuxièmement de définir l'appartenance catégorielle de la métrique selon que l'objet est au-dessus ou en-dessous du repère le plus saillant dans cet espace ou par rapport à d'autres objets (Kosslyn & Koenig, 1992). Relations spatiales catégorielles ou coordonnées font l'objet de traitements divisés par deux sous-systèmes neuro-anatomiques fonctionnels, avec spécialisation hémisphérique. L'encodage des relations spatiales catégorielles serait latéralisé dans l'hémisphère gauche, le rangement de la relation spatiale dans une catégorie s'apparentant à la fonction du langage, qui est principalement traitée par l'hémisphère gauche. L'encodage des relations spatiales coordonnées serait quant à lui le fait de l'hémisphère droit, hémisphère qui est spécialisé dans le déplacement de l'attention visuo-spatiale (De Renzi, 1982). Les arguments expérimentaux sont nombreux à l'appui de cette distinction hémisphérique. Relevons notamment l'évidence d'un traitement préférentiel par l'hémisphère droit des stimuli les plus distants par rapport à la fovéa, provenant des neurones aux champs récepteurs les plus larges, alors que le traitement de l'hémisphère gauche serait alimenté par les informations captées par les neurones aux champs récepteurs plus petits traitant du détail (Kosslyn et al., 1994b).

Dans notre expérience 1 sur le chunking, nous avons analysé la performance au rappel de la position 4 comme attestant de l'avantage du traitement du mouvement potentiel par les joueurs. Ceux-ci sont entraînés à voir mentalement les déplacements possibles des pièces, singulièrement des pièces à fort rayon d'action, tels les Fous sur les grandes diagonales (a1-h8, ou a8-h1), ou les Tours de la 1^{ère} à la dernière rangée, ou de la colonne A à la colonne H. Ils en tirent un double avantage. Pour l'extraction rapide du mouvement (Thorpe, 1995) dans les relations spatiales d'une part : ceci permettant en

voie descendante d'enrichir le traitement par la voie ventrale de ce qui est plus fin ou de détail. Les joueurs seraient ainsi plus efficaces dans un processus de reconnaissance des objets contenant un élément fort de mouvement potentiel (motion-encoded objects de Kosslyn & Sussman, 1996).

On peut d'autre part émettre l'hypothèse que pour le traitement des relations spatiales catégorielles, notamment si l'élément distance vient s'ajouter à un mouvement potentiel, les joueurs seraient mieux entraînés que les non-joueurs. La structure forte des deux diagonales entrecroisées de la Position P4, qui correspond à l'espace privilégié de mouvement des Fous, a fait l'objet d'une vitesse et d'une qualité de traitement qui a, en retour, nourrit le processus de mémorisation des relations spatiales entre les chunks, avant que le sous-système d'encodage des motifs à l'intérieur des chunks n'intervienne pour parfaire l'identification visuelle et la mémorisation.

Nous avons souhaité vérifier si notre hypothèse d'interprétation de l'avantage trouvé dans le rappel de la position P4, quelque cohérente qu'elle fût avec la littérature, était correcte, et, pour ce faire, nous avons retenu dans cette expérience 4 un protocole axé sur une tâche de traitement de relations spatiales catégorielles. La tâche reprend le paradigme de Kosslyn (1989) dans lequel il s'agit de décider si un stimulus (un point) apparaissant sur un écran est au-dessus ou au-dessous d'une barre présentée durant un court instant préalablement mais ayant disparue. Mais pour nous focaliser sur la question de la prise en compte du mouvement apparent et de son traitement plus ou moins facilité par la pratique échiquéennes, nous avons modifié le dispositif expérimental. D'abord en choisissant deux stimuli dont chacun est mobile, c'est-à-dire peut apparaître n'importe où dans un champ visuel divisé. Ensuite en sortant du seul plan vertical, qui fige une partie du jugement car paradoxalement il « sur-catégorise » la relation spatiale, et pour ce faire en introduisant un facteur de distance entre les deux stimuli. Par la variation de cette distance, nous souhaitons favoriser, lors du changement de l'attention d'un stimulus à l'autre, la variable extraction rapide du mouvement, et apprécier si cette variable subissait un éventuel effet de la pratique échiquéenne.

2 - Méthode

Sujets

56 élèves de CM1, d'âge moyen 9 ans et demi (13 filles, 10 garçons) dont 30 joueurs (13 filles, 17 garçons) et 26 non-joueurs (13 filles, 13 garçons). Ces sujets appartiennent à deux classes de CM1, comprenant chacune 31 élèves, de la même école de la ville de Caluire (69). Dans l'une des classes, tous les élèves 14 filles, 17 garçons apprennent le jeu d'échecs depuis le début de l'année scolaire, à l'intérieur du temps scolaire et avec leur instituteur, au rythme d'une séance par semaine. Au moment de la passation de l'expérience début Mars ils ont donc six mois d'apprentissage de ce jeu. L'autre classe 15 filles, 16 garçons ne bénéficie pas d'enseignement du jeu d'échecs et a, durant ce temps, effectué un travail scolaire

normal.

53 élèves de CM2, d'âge moyen 10 ans et demi (9 filles, 20 garçons) dont 26 joueurs (10 filles, 16 garçons) 27 non-joueurs (12 filles, 15 garçons). Ils appartiennent à deux écoles de la ville de Lyon. Répartis en 18 joueurs (6 filles, 12 garçons) et 19 non-joueurs (7 filles, 12 garçons). Les élèves-joueurs ont deux ans de pratique du jeu et appartiennent à des classes où le maître enseigne à l'ensemble de sa classe les échecs. Les non-joueurs sont d'une classe de CM2 des deux mêmes écoles.

55 élèves de Collège, d'âge moyen 13 ans (25 filles, 32 garçons) dont 27 joueurs (10 filles, 17 garçons) 28 non-joueurs (13 filles, 15 garçons). Ils appartiennent à trois collèges de Lyon, qui pratiquent le jeu volontairement au sein du collège au rythme d'une fois par semaine, et ont au minimum quatre années de pratique.

Les 164 sujets retenus étaient droitiers, 5 sujets gauchers ayant été écartés. Les sujets avaient été conviés par leur instituteur ou professeur animateur de l'activité échecs, durant le temps scolaire, dans une salle isolée, ou dans la salle d'informatique.

Stimuli

Une croix de couleur noire, de taille paramétrable, fixée pour cette expérience à 7 pixels. Un rond de couleur rouge, lui aussi d'une taille paramétrable, fixée à 7 pixels. Quatre séries de stimuli comprenant chacune douze blocs de six stimuli, les sujets ne réalisant la tâche que sur deux séries. Les séries définissent les quatre conditions testées et varient selon les deux paramètres de hauteur et de distance entre croix et rond, selon le protocole illustré dans le tableau ci-dessus.

		DISTANCE	
		faible : D 30	grande : D 300
HAUTEUR	élevée H 3	<p>C 1</p>	<p>C 2</p>
	faible H 1	<p>C 3</p>	<p>C 4</p>

Tableau 23 : Conditions expérimentales de la tâche Traitement de la relation spatiale.

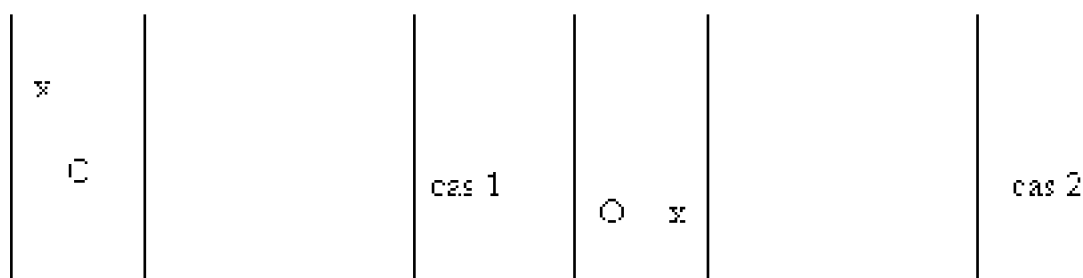
La distance paramétrée dans les conditions 2 et 4 est de 300 pixels ; elle est de 30 pixels pour les deux conditions 1 et 3.

Les stimuli sont présentés par séries de blocs de six, successivement dans le champ

gauche de l'écran, puis dans le champ droit, puis au centre.



A l'intérieur de chaque bloc les stimuli sont placés à une distance et à une hauteur qui varient de façon aléatoire dans le respect de la condition. Ainsi pourront-ils être présentés sur toute la hauteur de l'écran, séparés l'un de l'autre par la distance paramétrée. La croix noire apparaît toujours la première suivie 100 ms après par le rond rouge, la croix restant à l'écran; la paire disparaît après la durée de 250 ms paramétrée pour cette expérience. Selon que la croix est apparue, de façon aléatoire, à gauche (cas 1) ou à droite (cas 2) de la médiane du bloc du champ visuel, le rond rouge apparaît d'un côté ou de l'autre par rapport à la croix.



Matériel

Les sujets ont passé l'expérience dans une salle indépendante de leur salle de classe sur cinq ordinateurs portables PC Dell Inspiron 7500. Ils étaient dotés de casques destinés à l'écoute des consignes présentées sur le logiciel et à se préserver d'éventuels bruits. La taille de l'écran et la luminosité étaient identiques pour tous les sujets. Ceux-ci étaient invités à enregistrer leurs réponses sur les deux touches du clavier flèche du haut et flèche du bas, en se servant de deux doigts, index et majeur de la main droite. Durant l'expérience, il a été observé que les sujets soit acceptaient cette proposition, soit, très vite, n'utilisaient que l'index ou utilisaient l'index des deux mains, et ce dès la phase d'entraînement. La durée de la phase d'entraînement - 24 stimuli à traiter - a permis aux sujets de stabiliser un mode préférentiel de saisie de la réponse.

L'ordinateur enregistre les réponses selon les variables réponse correcte / réponse incorrecte, et temps de réponse. Le logiciel calcule ensuite pour chaque bloc la moyenne des réponses et temps de réponse par bloc. Ceci nous a conduit pour les analyses par champs de présentation à ne retenir que les blocs pour lesquels le taux de réponses correctes était supérieur ou égal à 66% (4, 5, 6 réponses correctes sur les six stimuli).

Le logiciel spécifique à cette expérimentation a été écrit à l'aide de Director 7.

Le fond de l'écran, affiché en 800 x 600, est bleu en permanence.

Le logiciel comprend une page paramétrage qui permet à l'expérimentateur de faire varier les paramètres d'une condition à l'autre. Six paramètres peuvent être manipulés :

le nombre de stimuli (de 1 à 100), 72 dans notre expérience ;

la hauteur selon une échelle de difficultés de 1 à 10 (1 = 300 pixels, niveau le plus facile, 10 = 3 pixels, le plus difficile; le niveau 3 ayant été retenu pour les conditions 1 et 2, et le niveau 8 pour les conditions 3 et 4 dans notre expérience) ;

la distance entre la croix et le rond, selon une échelle de 3 à 400 pixels, fixée à 30 pour les conditions 1 et 3, et à 300 pour les conditions 2 et 4 ;

la temporisation des stimuli (de 10 ms à 1000 ms), fixée à 250 ms pour notre expérience,

la temporisation globale entre deux apparitions de stimuli -ce qui permet de prévoir après la saisie de la réponse une temporisation de repos de 2000 ms, ce qui laisse en moyenne 500 à 600 ms entre réponse et nouvel essai ;

la taille des stimuli en pixels, fixée dans cette expérience à 5.

Procédure

Après que les sujets ont rempli une page d'identification, l'expérimentateur explique oralement le but de la tâche et le fait qu'avant de la réaliser, un entraînement est prévu ; de même précise-t-il quelles touches permettront d'enregistrer les réponses et s'assure-t-il que les sujets ont bien identifié ces touches et que la main est placée confortablement. Les sujets lancent le logiciel en appuyant sur un bouton et découvrent le but de la tâche, laquelle est illustrée cinq fois par un exemple. Puis, ils sont invités sur douze stimuli à décider et à enregistrer leur choix à l'aide des touches, l'ordinateur donnant pour chacun la réponse et justifiant celle-ci par une phrase. Il s'agit dans cette phase de laisser le sujet s'approprier le mode de réalisation de la tâche. Il est alors proposé, soit de revoir l'explication, soit de commencer un entraînement sur 24 stimuli dans des paramètres facilitateurs, Hauteur élevée (H3) et Distance faible (D30). Si le sujet a donné 18 bonnes réponses sur les 24, il lui est proposé de commencer la tâche ; s'il n'a pas satisfait cette condition, il lui est imposé un nouvel entraînement sur 24 stimuli, à la suite de quoi, quel que soit son score, la tâche commence. En fin de tâche le score exprimé en % de réponses correctes est affiché ainsi que le temps moyen de réponse.

Les stimuli apparaissent sur 250 ms (la croix et 100 ms après, le rond). Entre chaque paire de stimuli un point de fixation de 500 ms apparaît au milieu de l'écran sous la forme

d'une lettre majuscule de l'alphabet, d'une taille de 5 pixels, variant selon un ordre aléatoire. Ce point de fixation est destiné à recentrer la fovéa au milieu de l'écran.

Chaque sujet réalisait la tâche sur les 72 stimuli, puis il se reposait pendant que l'expérimentateur changeait les paramètres H et D. Chacun des sujets passait deux conditions, et deux seulement, soit un total de 144 stimuli : faible et grande distance ou faible et grande hauteur.

Les conditions étaient contrebalancées par paires selon les deux variables :

- condition 1 + condition 2 ; condition 2 + condition 1 // condition 3 + condition 4 ; condition 4 + condition 3
- condition 2 + condition 3 ; condition 3 + condition 2 // condition 1 + condition 4 ; condition 4 + condition 1

Hypothèses

Nous postulons que la modalité d'apparition des stimuli (croix noire puis rond rouge) dans les conditions 2 et 4 de grande distance entre les stimuli influencerait sur le traitement. Il y aurait en effet création d'un mouvement apparent entre les deux stimuli, lequel composerait la première partie précoce du traitement de la relation spatiale, la deuxième partie correspondant au jugement catégoriel (rond au-dessus ou au-dessous).

Nous émettions l'hypothèse que la composante traitement du mouvement dans la tâche serait mieux traitée par les sujets joueurs que par les non-joueurs, ceux-ci par leur pratique étant entraînés à traiter en imagerie mentale le potentiel de mouvement des pièces sur l'échiquier. De cette hypothèse découlait l'hypothèse d'une interaction entre ce meilleur traitement de la part mouvement et le jugement catégoriel. S'il y avait interaction, nous devions trouver un effet de la pratique pour les deux conditions 2 et 4 avec un effet plus sensible dans la condition 4 la plus difficile de la tâche du fait de la combinaison faible hauteur et grande distance entre les stimuli. Inversement, moins la distance est grande entre les deux stimuli moins l'effet de la composante mouvement devait se faire sentir et peser sur le résultat du jugement catégoriel, avec dans ces conditions une hypothèse de non-différenciation des performances des sujets selon qu'il y a pratique échiquéenne ou non.

Traitement des données et Résultats

Les variables dépendantes étaient le Taux d'exactitude, le Temps de réponse ; les variables inter l'Age, la Pratique, le Genre. Pour les variables intra une analyse par champ visuel de présentation a été opérée.

Pour la présentation des résultats nous avons codifié les quatre conditions expérimentales combinant les variables Hauteur et Distance entre les deux stimuli de la façon suivante :

- condition 1 = grande hauteur, faible distance : H3-D30,

- condition 2 = grande hauteur grande distance : H3-D300,
- condition 3 = faible hauteur, faible distance : H8-D30,
- condition 4 = faible hauteur, grande distance : H8-D300.

3 –Résultats

Le tableau 24 présente les résultats globaux.

La distance supérieure entre croix et rond, dans l'axe horizontal, diminue la performance du traitement exprimée en taux de réponses correctes : D 300 est plus difficile à traiter que D 30, et conduit à un taux de réponses correctes plus faible.

La différence est la plus forte pour la condition 2 de hauteur élevée et grande distance : - 22.5 % condition 2 vs condition 1. Elle n'est que de - 7.5 % tout en restant significative entre les condition 4 et condition 3 pour lesquelles la difficulté de la tâche tient à la faible hauteur entre les stimuli.

La difficulté de traitement est plus importante dans la condition de faible hauteur séparant croix et rond (H8) que dans la condition de forte hauteur séparant croix et rond (H3). Plus la **hauteur** entre croix et rond est élevée plus l'appréciation de la relation est aisée : H3-D30 est plus facile à traiter et conduit à un taux de réponses correctes plus élevé (+ **23,4 %** cond1/cond3) que lorsque la hauteur entre les deux éléments du stimulus est moindre H8-D30.

Lorsque l'on combine les deux facteurs de difficulté de faible hauteur et grande distance, la performance du taux de réponses correctes est diminuée : - **7.1 %** pour H8-D300 par rapport à H8-D30. Ceci indique que la hauteur est un facteur plus important de difficulté que celui de la distance puisque entre les conditions 1 et 2, la perte de performance était nettement supérieure, - **22.5 %**. Il devrait en résulter un effet moindre de la variable distance par rapport à notre hypothèse. Enfin, si l'on compare la condition la plus aisée à traiter, H3-D30, à la condition la plus difficile, H8-D300, la chute de performance est sensible : - **32.6%**.

Ceci est illustré dans le tableau 24, et peut être résumé ainsi en termes de difficulté de traitement : **cond 4 > cond 3 > cond 2 > cond 1**

Tableau 24 : taux de réponses correctes selon les conditions.

	Distance		
Hauteur		Faible D 30	Grande D 300
	Elevée H 3	77,8% C 1	65,2% C 2
	Faible H 8	62% C 3	60,8% C 4

31– Effet de la pratique

1 - Taux d'exactitude

On constate pour les deux catégories d'âge d'élèves pratiquant les échecs depuis deux ans et plus (**CM2 et Coll**) un **effet de la Pratique** sur le taux de réponses correctes pour les deux seules conditions 2 et 4.

Cond 2 : taux de réponses exactes J = 71,8 % N-J = 61,2 %, $F(1, 440) = 4.736$; $p < .03$,

Cond 4 : taux de réponses exactes J = 66,5 % N-J = 59,9 %, $F(1, 396) = 5.549$; $p < .02$,

Aucun effet significatif n'est constaté pour les conditions 1 et 3 de faible distance.

L'analyse de contrastes permet de constater que les CM2 joueurs traitent significativement mieux la distance que leurs aînés collégiens non-joueurs pour les deux conditions 2 et 4, ($p < .0164$) ce qui n'est pas le cas si l'on compare CM2 et Coll non-joueurs où l'écart est significatif mais en sens inverse en faveur des collégiens ($p < .0009$).

La moyenne des taux de réponses correctes selon les conditions est présentée dans le tableau 25.

Tableau 25 : Taux de réponses correctes selon Age et Condition.

J	CM1		CM2		Coll	
	N-J	J	NJ	J	NJ	
Cond 1 H 3-D 30	67,3 %	77 %	80,4 %	73,6 %	82,1 %	82,6 %
Cond 2 H 3-D 300	58,6 %	69,1 %	74,8 %	54,5 %	68,9%	68,9 %
Cond 3 H 8-D 30	56,3 %	63 %	64,1 %	61,6 %	65,2 %	62,5 %
Cond 4 H 8-D 300	56,4 %	54,3 %	64,1 %	59,2 %	68,6 %	60,5%

Chez les sujets CM1, les résultats ne sont pas homogènes, avec dans l'ensemble un léger avantage non significatif pour les non-joueurs.

La Figure 72 reprend le taux de réponses exactes selon les quatre conditions pour les seules catégories CM2 et Coll.

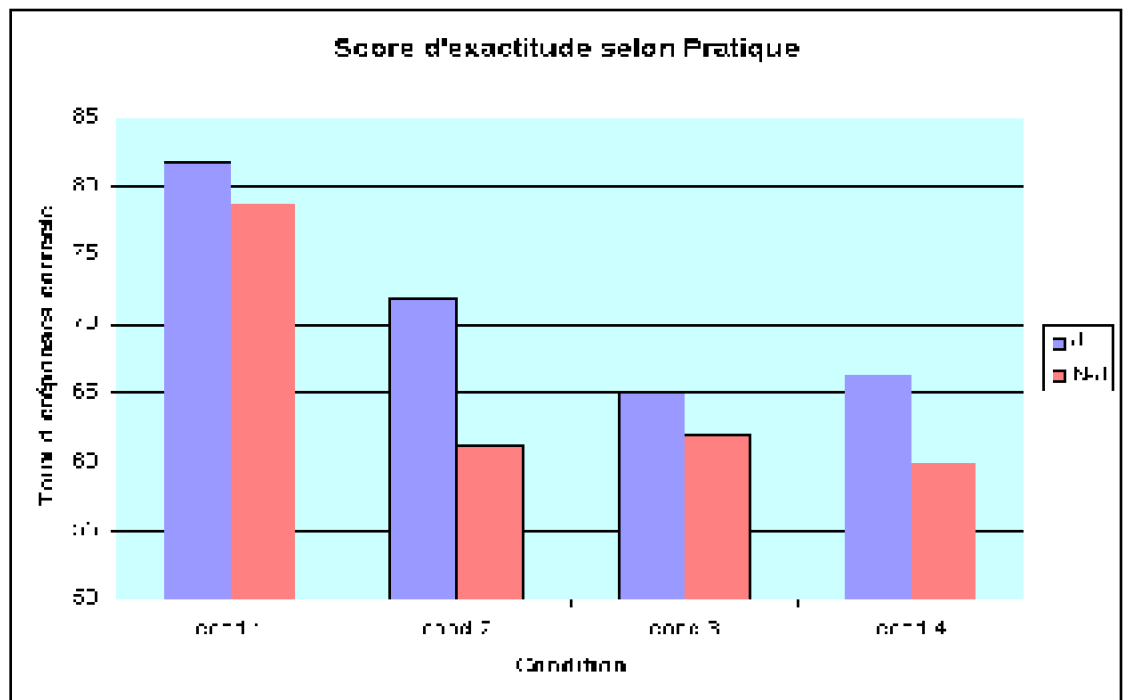


Figure 72 : Taux de réponses correctes selon Pratique CM2 et Coll.

On constate :

que la distance fait moins chuter le taux de réponses correctes chez les joueurs que chez les non-joueurs, ce qui indique que ce facteur distance est mieux traité par les joueurs. La baisse de performance entre la condition 2 et la condition 1 est de -19,7% pour les joueurs et de -26% pour les non-joueurs. De même entre les conditions 3 et 4 la baisse de performance chez les non-joueurs est de -3,5% alors que chez les Joueurs il y a une très légère amélioration,

que le facteur hauteur est également traité par les joueurs et non-joueurs,

enfin, pour la comparaison entre la condition 1 la plus aisée et la condition 4 la plus difficile (H3-D30, H8-D300) l'avantage comparatif de la pratique est sensible puisque la chute de performance est moindre pour les sujets joueurs - 28,9 % contre - 35,6 % pour les non-joueurs.

2 - Temps de réponse

L'effet de la pratique sur le temps de réponse n'est significatif dans aucune condition.

32 – Effet de l'Age

1 - Taux d'exactitude

Dans les quatre conditions, la performance dans le traitement est liée à l'âge, les collégiens obtenant un meilleur taux de réponses correctes que les CM2, lesquels ont eux-mêmes un meilleur taux que les CM1.

Tableau 26: Taux de réponses correctes selon l'âge.

	CM 1	CM 2	COLL
Condition 1 H 3-D 30	73 %	77,7 %	82,4 %
Condition 2 H 3-D 300	63,7 %	63,5 %	68,9 %
Condition 3 H 8-D 30	59,2 %	62,8 %	63,8 %
Condition 3 H 8-D 300	55,5 %	61,6 %	64, 2 %

Mais l'analyse de variance ne fait apparaître un effet significatif de l'âge que pour la condition 1 la plus facile, $F(2, 638) = 3.778$; $p = .03$, et la condition 4 la plus difficile, $F(2, 561) = 5.858$; $p = .005$. Dans les cas facile ou difficile, le facteur Age joue ; dans les états intermédiaires ceci n'est plus significatif.

2 - Temps de réponse

Aucun effet de l'âge n'est mesuré pour la variable temps de réponse sur l'ensemble des sujets.

33 – Effet du genre

1- taux d'exactitude

Le genre n'est une variable significative pour aucune condition au regard de l'ensemble de la population de l'expérience.

Tableau 27 : Taux de réponses correctes selon le genre.

	Filles	Garçons
Condition 1 H 3-D 30	75,9 %	79,1 %
Condition 2 H 3-D 300	66,8 %	63,8 %
Condition 3 H 8-D 30	60,8 %	62,8 %
Condition 4 H 8-D 300	59,7 %	61,7 %

2- temps de réponse

L'effet du genre n'est pas significatif.

Tableau 28 : Temps de réponses selon le genre.

	Filles	Garçons
Condition 1 H 3-D 30	1037ms	999ms
Condition 2 H 3-D 300	1024ms	1050ms
Condition 3 H 8-D 30	1067ms	966ms
Condition 4 H 8-D 300	1085ms	1097ms

34 – Interactions

1 - Interaction des variables Pratique*Genre

a- taux d'exactitude

L'interaction est non significative pour trois des quatre des conditions : condition 1, $F(1, 638) = 0.19$; $p = .8909$, condition 3, $F(1, 649) = 0.500$; $p = .4821$, et condition 4, $F(1, 561) = 0.88$; $p = .7677$. Elle est significative pour la condition 2, $F(1, 693) = 5.489$; $p = .02$. Les Joueuses filles ont un plus faible taux de bonnes réponses que les joueurs garçons. En revanche chez les non-joueuses la performance est inversée : les garçons ont un meilleur taux que les filles.

J, Filles = 62,8% J, Garçons = 69,9% -- N-J, Filles = 70,1% N-J Garçons = 57,4%

L'analyse des contrastes a permis d'éclairer ce résultat surprenant s'agissant des filles : si l'on regarde les taux pour les deux catégories d'âge CM2 et Coll ayant deux et quatre années de pratique, on retrouve un avantage en faveur des joueuses filles par rapport aux non-joueuses, même si cet avantage est minime : J, Filles = 71,6%, N-J, Filles = 69,7%, alors que pour les garçons l'écart est considérable : J, Garçons = 72%, N-J Garçons = 52,7%. C'est donc la catégorie des CM1 qui explique cette inversion de résultats. En effet les N-J filles affichent un score d'exactitude de 69,1%, contre 58,6% chez les J, sans qu'il soit possible d'émettre une hypothèse explicative à celui-ci pour ces sujets, au-delà des commentaires de l'institutrice sur la présence dans l'échantillon filles de CM1 de quatre très bonnes élèves (?).

b- temps de réponse

Aucune interaction des facteurs Pratique et Genre n'a été trouvée.

2 – Interaction des variables Pratique*Age

a- taux d'exactitude

L'interaction est non significative pour les conditions 1, 3 et 4.

Elle l'est en revanche pour la condition 2, $F(2, 693) = 5.704$; $p = .005$. Ceci est dû au contraste entre les scores respectifs inversés entre joueurs et non-joueurs des CM1 par rapport aux CM2 et à l'égalité de performance pour les collégiens. Comme cela apparaît dans le tableau 29, pour les CM1, à l'exception de la condition 4 la plus difficile, l'avantage

est en effet aux non-joueurs.

Tableau 29 : Taux de réponses correctes, Interaction Pratique*Age.

Age	CM 1		CM 2		COLL	
	J	NJ	J	NJ	J	NJ
Pratique						
Condition 1 H 3-D 30	67,3 %	77 %	80,4 %	73,6 %	82,1 %	82,6 %
Condition 2 H 3-D300	58,6 %	69,1 %	74,8 %	54,5 %	68,9%	68,9 %
Condition 3 H 8-D 30	56,3 %	63 %	64,1 %	61,6 %	65,2 %	62,5 %
Condition 4 H 8-D300	56,4 %	54,3 %	64,1 %	59,2 %	68,6 %	60,5%

b- temps de réponse

Aucune interaction des facteurs pratique et âge n'a été trouvée.

4- Discussion

Notre paradigme expérimental a été construit en ajoutant délibérément au design du modèle expérimental de Kosslyn (1987) une variable distance horizontale entre les deux stimuli croix et rond, stimuli retenus en substitution du point et de la barre dans les expériences visées. L'apparition successive de la croix noire puis du rond rouge crée un mouvement qui s'ajoute à la tâche de jugement catégoriel consistant à décider si le rond rouge est situé au-dessus ou en- dessous de la croix.

La tâche de jugement catégoriel comportait donc une composante supplémentaire correspondant à des conditions plus écologiques de tâches de jugement catégoriel, la plupart des jugements à porter pour définir une relation spatiale portent en effet sur des objets qui sont rarement dans des plans verticaux purs mais plus souvent dans un espace plus large rendant cette position relative. En cela nous tenions compte de la critique adressée par Sergent (1991a) au modèle de Kosslyn. Sergent, en effet, a contesté le principe d'asymétrie hémisphérique dans l'encodage des relations spatiales catégorielles en se fondant sur la constatation que **les relations ne sont jamais seulement catégorielles ou coordonnées mais toujours relatives**. Le postulat de deux sous-systèmes séparés d'encodage des relations spatiales coordonnées et catégorielles et d'une asymétrie hémisphérique du traitement serait contestable en ce qu'il y aurait impossibilité de distinguer relations catégorielles et coordonnées, les objets étant par définition dans une position relative. Une représentation coordonnée contiendrait des informations à la fois absolues et relatives.

Nous avons ajouté à cette critique une dimension supplémentaire tenant au potentiel de mouvement bien souvent contenu dans la représentation spatiale. En imagerie mentale, nous savons que objets et mots ont un pouvoir d'imaginabilité différent : la

représentation d'une voiture sera plus rapide que celle d'une clé à molette, à fortiori que celle d'un grimoire. Le mouvement, à l'intérieur d'un plan vertical absolu, inclus dans la représentation du point apparu après la ligne droite fixe de référence (procédure des expériences de Kosslyn, 1987, 1994) est moins fort que celui contenu dans un rond apparu à une plus grande distance et sous une orientation non prédéfinie, c'est-à-dire pouvant couvrir tous les degrés d'angle d'un cercle. Le point est en effet cantonné dans un espace vertical défini et fixe, qui sur-catégorise l'encodage.

Nous avons émis l'hypothèse que les sujets joueurs, grâce à leur pratique du jeu d'échecs, étaient entraînés à traiter en imagerie mentale le potentiel de mouvement des pièces sur l'échiquier. Ils auraient donc plus de facilité à traiter les stimuli présentés dans les conditions de grande distance entre croix et rond (condition 2 et condition 4).

L'interaction entre ce meilleur traitement de la part mouvement et le jugement catégoriel serait-elle réelle et significative?

Telle était la question que nous avons posée en termes de psychologie cognitive et à laquelle cette expérience visait à répondre. En d'autres termes, si nous mettions en évidence un avantage comparatif en faveur des joueurs dans ces deux conditions de grande distance, nous pourrions attester à la fois de la part de cette composante mouvement dans le jugement catégoriel mais également du transfert de l'habileté à traiter le mouvement apparent chez les joueurs d'échecs.

S'il y avait interaction des facteurs mouvement et jugement catégoriel nous devons trouver un effet de la pratique pour les deux conditions 2 et 4 avec un effet plus sensible dans la condition 4 la plus difficile de la tâche de faible hauteur entre les stimuli. Inversement, moins la distance était grande entre les deux stimuli moins l'effet de la composante mouvement devait se faire sentir et peser sur le résultat du jugement catégoriel, avec dans ces conditions une hypothèse de non différenciation des performances des sujets selon qu'il y a pratique ou non.

1.

Notre protocole en quatre conditions appariées de hauteur et de distance a permis de dégager un réel effet de la complexité de la tâche. La chute régulière du taux de réponses correctes rend compte de l'accroissement de la difficulté depuis la condition 1 jusqu'à la condition 4. Le facteur distance qui traduit la dimension relative, mais non pas métrique, entre deux objets dans l'espace a un impact réel dans la tâche. Mais cette chute du taux d'exactitude est moins forte chez les sujets joueurs que chez les non-joueurs, ce qui signifie que la difficulté est mieux traitée par ceux-ci dans les deux paramètres hauteur et distance. Quand croix noire et rond rouge sont proches l'un de l'autre tant par la hauteur que par la distance les séparant, s'il y a davantage de réponses correctes chez les joueurs, la différence n'est pas significative. En revanche lorsque les deux stimuli sont à une hauteur rapprochée mais que la distance horizontale est grande (cond 2), ou bien à hauteur et distance élevés (cond 4), la **composante mouvement** entre l'un et l'autre stimulus prend une part prépondérante dans le jugement catégoriel spatial, et **l'effet de la pratique est conséquent et robuste**.

2.

L'interaction des facteurs genre et pratique apporte un élément intéressant s'agissant de **l'utilité comparée de la pratique entre filles garçons et garçons**. En effet, chez les joueurs, les filles ont une exactitude inférieure et un temps de réponse supérieur à ceux des garçons, alors que chez les non-joueurs le constat est inversé. Cela peut s'interpréter comme signifiant que les garçons profitent plus que les filles de la pratique.

3.

Les résultats des sujets de la classe de CM1 donnent un avantage relatif aux non-joueurs. Nous avons vu que ceci était le fait de quelques sujets filles. On peut simplement constater qu'une période aussi courte d'apprentissage ne permet pas aux sujets de tirer un bénéfice en matière d'encodage des relations spatiales.

4.

L'interaction Bloc*Pratique laisse apparaître pour les sujets CM2 et Coll un avantage dans le traitement des blocs de droite, et ce notamment pour les conditions de distance élevée. La composante mouvement recrutée de par le facteur distance semble bien présente dans la tâche.

Notre hypothèse sur l'habileté cognitive d'extraction et de traitement du mouvement développée par la pratique est validée.

Conclusion

Avec cette quatrième expérience, nous avons couvert l'essentiel des composantes cognitives de haut niveau recrutées par la pratique des échecs.

Nous avons au début de cette troisième partie schématisé les trois niveaux de processus cognitifs mobilisés.

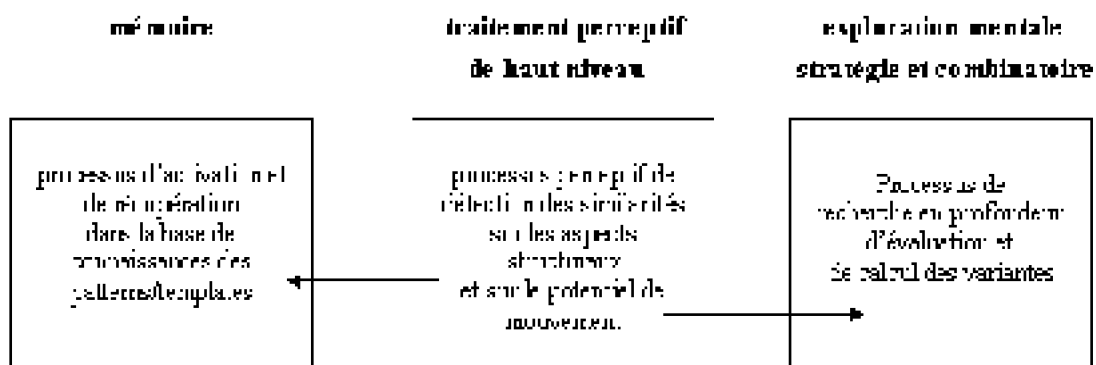


Figure 73 : Les processus cognitifs requis en parallèle de l'habileté échiquéenne

Notre modèle de transférabilité des habiletés principales que sont le chunking, l'imagerie mentale du mouvement et le calcul stratégique, se trouve conforté.

Ces résultats vont nous permettre d'aborder le second objectif de cette recherche, qui a trait à la construction d'une didactique qui tienne compte de la transférabilité constatée des habiletés en cause dans le jeu d'échecs.

Il s'agit, en d'autres termes, de nous poser la question de savoir si le transfert peut devenir un objectif à part entière de l'apprentissage d'un corpus et augmenter de cette manière l'efficacité au plan métacognitif d'un apprentissage.

4ème Partie Deuxième ensemble expérimental : apprentissage des échecs par un didacticiel intégrant l'objectif du transfert

L'efficacité du recours à des logiciels éducatifs n'est plus à démontrer. De nombreuses expériences, dans des domaines aussi variés que l'apprentissage de la lecture ou de celui des mathématiques, ont apporté la démonstration d'une amélioration significative des résultats par rapport à des méthodes classiques auprès de groupes-témoins. Parmi celles-ci, citons l'étude de Foucambert (2000) relative à l'usage du logiciel d'entraînement à la lecture ELSA par des élèves de fin de sixième. Les sujets se voient proposer des textes de 20 lignes environ, qu'ils doivent lire avant de répondre à une question de compréhension explicite du texte. L'utilisation du logiciel conduit à une amélioration des performances de vitesse de la lecture d'environ 40% pour une durée d'entraînement de 55 minutes, et de 75% pour une durée de 75 minutes. Ce résultat relatif à la lecture et à la compréhension explicite s'accompagne en revanche d'une absence d'effet dans la compréhension implicite du texte ; ce point nous paraissant conforme à la distinction faite en théorie de la compréhension de texte entre niveau de surface et modèle d'intégration (Kintsch, 1988).

Les preuves expérimentales de l'efficacité du recours à des programmes hypermédia

comme supports d'enseignement sont nombreuses et diverses. Crane et Mylonas (1988) ont établi que l'environnement hypermédia développait non seulement une meilleure rétention des informations apprises mais également la créativité des étudiants dans leur secteur d'études, en l'occurrence l'acquisition de connaissances en civilisation grecque à l'Université de Harvard. Lohr, Ross, et Morrison (1995) ont recouru à un modèle hypertexte pour l'enseignement de l'écriture, et conclu que le bénéfice était proportionnel à l'âge des étudiants.

Yildirim et al. (2001), ont mené une expérience pour un enseignement en biologie portant sur le système sanguin, avec deux groupes, l'un apprenant avec utilisation d'un environnement hypermédia, l'autre selon le mode classique du cours. L'intérêt de leur protocole réside dans la différenciation des trois niveaux de connaissances en tant que variables expérimentales : déclaratives, conditionnelles et procédurales. S'ils concluent à l'absence de différences significatives pour l'acquisition immédiate selon la nature des connaissances qu'elles soient déclaratives, conditionnelles ou procédurales, en revanche ils mesurent un effet significatif s'agissant de la rétention de l'information en post-test.

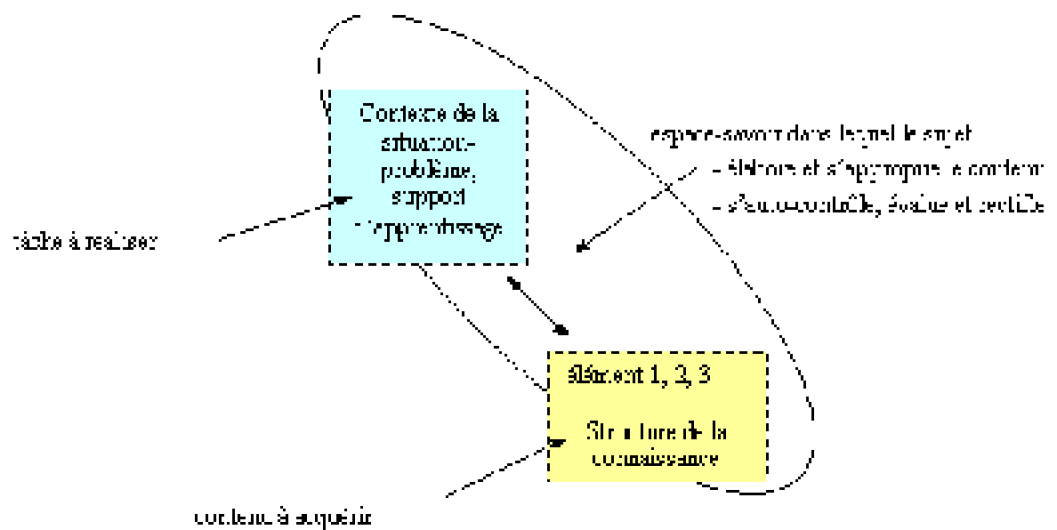


Figure 74 : La dynamique de l'apprentissage.

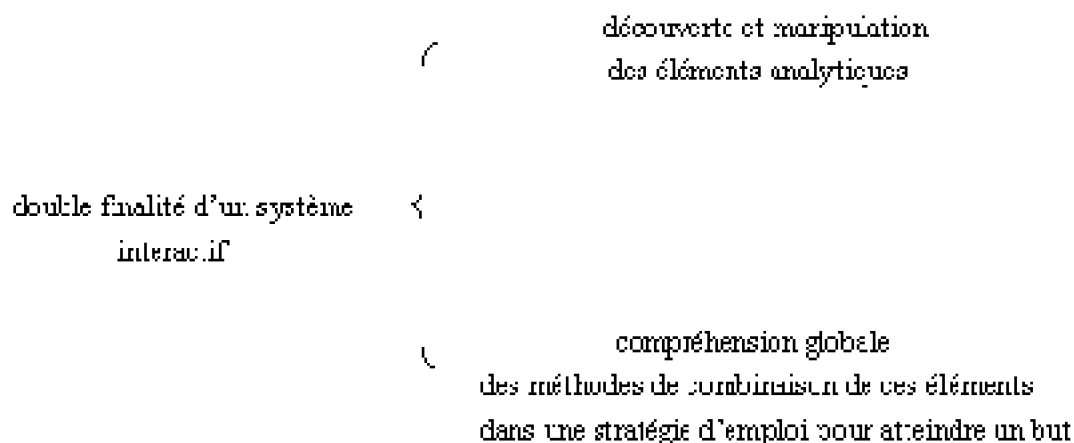


Figure 75 : Caractéristiques d'un système interactif.

La question des méthodes et supports rendant possible une individualisation de l'apprentissage est au centre de la réflexion pédagogique de longue date. Le développement des systèmes informatiques définit aujourd'hui des environnements interactifs d'apprentissage par ordinateur qui bouleversent les conditions éducatives (EIAO).

Les environnements interactifs d'apprentissage par ordinateur sont en effet « **des systèmes informatiques dont la finalité est de produire ou de favoriser l'acquisition de compétences cognitives de haut niveau de manière individualisée** » (Mendelsohn, 1998).

Nous avons évoqué, dans la 2ème partie, l'intérêt de prendre en compte l'approche connexionniste de la connaissance qui privilégie sa dimension plurielle, asynchrone, fortement distribuée et contextualisée. Cette nouvelle approche polarise l'acte d'apprentissage chez l'apprenant sur le processus d'interaction entre le contexte de la situation d'apprentissage et la structure de la connaissance à acquérir. Nous ne sommes plus dans un déroulement linéaire de l'acquisition, mais dans une dynamique de construction-intégration. Dans cette approche le sujet est un acteur important de la construction de la connaissance qu'il doit acquérir.

Ce rappel éclaire l'apport des systèmes interactifs.

L'avantage d'un système interactif est de pouvoir placer le sujet dans une situation où il doit faire quelque chose, construisant à travers cette action un élément partiel du savoir à s'approprier (*situated learning*, Brown et al., 1989). L'auto-contrôle grâce au feed-back immédiat permet une régulation par le sujet, autant que par le système, de la vitesse du processus d'acquisition et de la qualité de celui-ci, l'erreur lorsqu'elle surgit pouvant être traitée sur le champ. Dans ce cas, la situation d'apprentissage se caractérise donc par un degré de liberté laissé au sujet qui ne subit pas la transmission d'un savoir mais manipule les composantes de celui-ci. Il ne s'agit plus d'un processus linéaire et binaire mais d'un système en boucle autorisant les allers-retours à l'intérieur de 'l'espace-savoir' concerné.

Le sujet, au cours du processus, apprend sur plusieurs niveaux en même temps :

celui du contenu de savoir, mais aussi celui de sa propre capacité qu'il peut évaluer en temps réel, et non pas lors du rendu d'une copie huit jours après une interrogation. Cette dimension métacognitive plus ou moins implicite peut être explicitée par l'intervention du système qui adresse message et commentaires sur le sens du résultat plus que sur la mesure chiffrée de celui-ci.

Le système interactif remplit le rôle du maître d'apprentissage qui, sur le tas et en temps réel, intervient, commente et donne l'exemple. Ce que Clancey et Young (1992) appellent «cognitive *apprenticeship*» .

L'élaboration et l'appropriation se font simultanément à plusieurs niveaux de savoir : celui des connaissances déclaratives ou notions de base descriptives, celui des procédures d'emploi plus ou moins récurrentes et en conséquence plus ou moins automatisées par la répétition, enfin celui conditionnel des schémas de relations entre les connaissances, première étape vers la complexité.

Dans cette conception d'un système interactif, le statut du contenu de savoir est relativisé par rapport à la tâche à accomplir. Le but à atteindre dans l'action devient principal, il a pour fonction positive de motiver le sujet, motivation qui produit ses effets secondaires au plan du contenu de savoir à acquérir. En d'autres termes, le pilotage par le sujet de son but, grâce au choix qu'il aura opéré lui-même du niveau de difficulté de la tâche, rend plus accessible et facilement acceptable le savoir qui n'est plus celui du maître distant.

Le degré de motivation est encore augmenté par la qualité de l'environnement iconographique dans lequel peut évoluer le sujet. L'image sur l'écran n'a pas de statut d'autorité à la différence du verbe du maître, et ressemble plus à l'univers dans lequel vit l'adolescent.

Enfin, le multimédia et le processus d'auto-construction du savoir par le sujet sont d'autant plus efficaces que l'environnement sera conçu dans une approche ludique. Cette dimension ludique est un facteur de motivation supplémentaire selon nous.

Le cahier des charges ainsi résumé des systèmes interactifs rend leur conception difficile au regard des objectifs en apparence contradictoire à combiner. L'ingénierie des interactions (Paquette, 1998) qui est à la base de toute conception d'un support multimédia est une tâche complexe en ce qu'elle intègre de multiples composantes.

Doit en effet être arbitrée l'opposition entre découverte et manipulation des éléments analytiques d'une part, et compréhension plus globale des méthodes de combinaison de ces éléments dans une stratégie d'emploi pour atteindre un but d'autre part. La bonne représentation de la connaissance doit s'accompagner d'une capacité à en transférer l'emploi à d'autres situations. Les logiciels et leur environnement d'usage doivent construire des séquences de travail du sujet faisant travailler celui-ci concurremment sur ces deux dimensions.

Le scénario didactique doit être fondé à la fois sur la structuration des contenus et sur la double dimension de l'interactivité, l'interactivité technique relative à la navigation et au dialogue sujet-machine, et l'interactivité pédagogique permettant au sujet apprenant de produire en partie par lui-même la connaissance à acquérir.

La réduction de l'écart entre univers cognitif de l'expert-auteur et état de connaissances initial du sujet apprenant est sans doute l'une des difficultés les plus importantes. Celle-ci ne peut être obtenue que par un recul cognitif suffisant par l'expert qui peut ainsi inscrire son travail dans le cadre des fonctions cognitives concernées.

Ce sont ces éléments qui ont dicté la démarche suivie dans notre travail de conception de la méthode d'apprentissage du jeu d'échecs. Nous avons dû créer une méthode car les méthodes d'apprentissage du jeu d'échecs à la disposition des instituteurs ont la plupart du temps été créées par des joueurs d'échecs. Aucune n'a été préparée dans l'optique de développer, à travers l'acquisition de connaissances échiquiennes, des concepts ou méthodes dépassant le strict cadre échiquéen. Elles n'ont par conséquent pas été conçues à partir d'une réflexion préalable sur les questions posées par l'apprentissage de savoirs, leur transférabilité et les méthodes de transmission.

Chapitre 12 L'élaboration du logiciel d'apprentissage

Concevoir une méthode d'apprentissage du jeu d'échecs prenant en compte le transfert des habiletés cognitives en cause dans cette pratique obligeait à définir un double objectif à ce travail de conception. D'une part il s'agissait de construire une architecture des notions qui laisse toute sa place à la découverte et à la manipulation des concepts reliant ces notions par le sujet lui-même. D'autre part il nous fallait à l'intérieur même du séquençement didactique intégrer l'objectif **d'apprentissage du transfert, par opposition au transfert de l'apprentissage** que certains jugent suffisant. C'est par conséquent durant l'élaboration de la méthode que cet apprentissage du transfert a été conçu. Ainsi, à chaque séquence d'acquisition d'une notion était associée une étape où le sujet apprenait aussitôt l'usage qu'il pouvait faire de ce nouveau concept appris hors le champ échiquéen.

Pour déterminer comment utiliser les notions échiquiennes à enseigner dans cette optique du transfert, l'expert doit passer par une étape personnelle d'analyse des habiletés cognitives recrutées par la mise en oeuvre et la pratique des notions et concepts qu'il doit enseigner. Cette chaîne est ordonnancée selon un enchaînement logique, comme l'illustre la figure 85. Il y a d'abord analyse des habiletés recrutées lors de l'application des notions et concepts du corpus de savoir à enseigner (1), puis définition des conséquences en termes didactique au plan des rapports entre le sujet et le corpus (2), enfin peut intervenir la construction de la didactique elle-même (3) prenant en compte les relations entre corpus et sujet-apprenant et expert et sujet-apprenant.

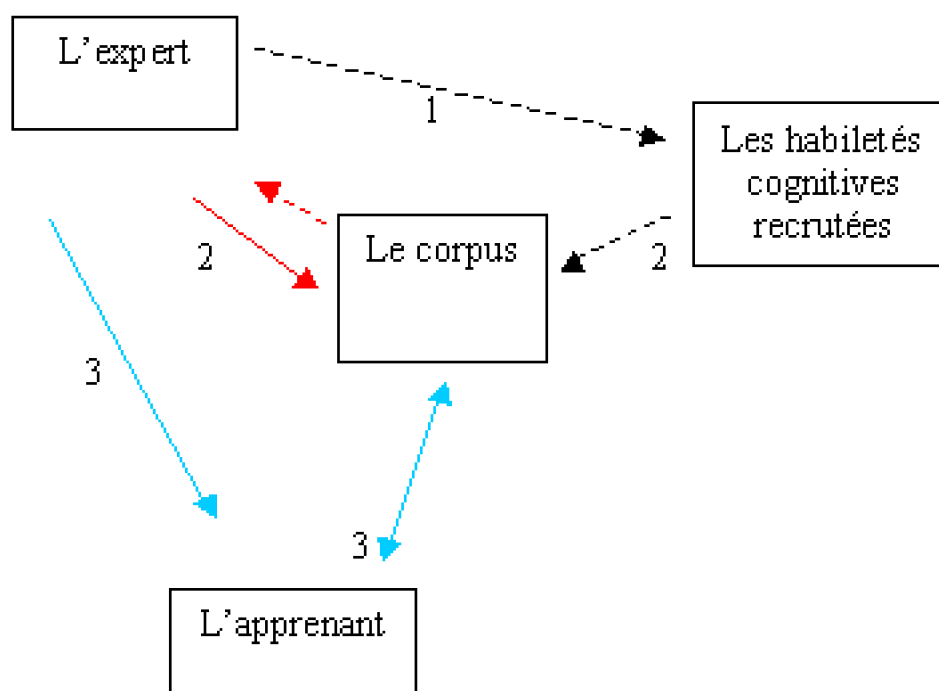


Figure 76 : Schéma des interactions au stade de l'élaboration d'une didactique intégrant l'objectif du transfert

Selon ce schéma, la méthodologie de conception du logiciel devait passer par les étapes suivantes :

étape 1 : identification des habiletés cognitives recrutées à titre principal par les échecs, soit le questionnement d'un espace-problème et le calcul en profondeur, le traitement visuo-spatial, le raisonnement hypothético-déductif (si ... alors),

étape 2 : examen des rapports entre ces habiletés et les concepts échiquiens, conduisant à privilégier l'aspect résolution de problèmes, et les diverses composantes de la construction d'une stratégie

étape 3 : élaboration de la didactique autour de la résolution de mats, du questionnement de l'espace-problème et de la découverte des réponses, pour tenir compte de la dimension comportement et contenu.

Nous analyserons dans une première partie les principes didactiques et les caractéristiques de la méthode, avant de présenter dans la seconde partie de ce chapitre les supports didactiques spécifiques du transfert que nous avons conçus.

1 - Principes didactiques et caractéristiques de la méthode

Notre cahier des charges de la conception du logiciel comportait trois composantes :

la prise en compte de la problématique de l'interaction savoir-sujet,

le mode de réponse apporté au défi du contexte cognitif pour l'expert échiquéen devant organiser le transfert à partir de son corpus de savoir,

le scénario didactique à bâtir pour créer un univers iconique et une histoire aptes à motiver les utilisateurs.

11 - Problématique de l'interaction savoir-sujet

Le jeu d'échecs a pour caractéristique essentielle de reposer sur une fonction de calcul et de simulation d'enchaînements de coups, laquelle est opérée mentalement sans qu'il soit possible de voir ce que l'on calcule physiquement puisqu'il est interdit de toucher les pièces durant une partie. Le joueur doit maintenir en mémoire de travail les coups auxquels il pense et les variantes qui en découlent c'est-à-dire les enchaînements « si... alors ». Cette mémorisation lui permet de choisir en fonction de divers paramètres liés au contexte : ce qu'il sait de son adversaire, le temps restant à chacun, sa propre psychologie, laquelle, selon qu'il est plutôt prudent et sur la défensive ou confiant et attaquant, le conduira à rechercher à tenir pour obtenir une partie nulle (match nul) ou à être offensif pour tenter le gain.

Cette caractéristique majeure peut rebuter n'importe qui, surtout chez des sujets jeunes où l'effort de réflexion est peu valorisé, voire est perçu comme négatif, - les adolescents n'ont-ils pas inventé l'expression « se prendre la tête »-.

Dans la définition de l'interaction savoir-sujet, l'objectif était en conséquence d'animer la phase de réflexion pour la sortir de cette image négative.

Nous avons cherché la solution en introduisant une dynamique orale dans le travail d'analyse et de calcul. Durant ce temps d'analyse et de calcul, le sujet est invité à se poser des questions à voix haute et/ou à répondre à des questions qui lui sont posées. Il chemine ainsi dans l'espace-problème, avançant pas à pas à travers ses questions et les réponses qu'il a lui-même apportées. Le temps de réflexion comporte ainsi une dynamique et devient vivant tout en respectant une nécessité pour l'acquisition du savoir.

Ce choix délibéré nous a conduit à retenir une méthode reposant exclusivement sur la résolution de mats. Le logiciel est en conséquence organisé autour de la recherche du coup qui fait mat. Les concepts et notions sont tous abordés par le truchement de cette méthodologie de la recherche des mats.

Après avoir appris les règles de déplacement des pièces, l'élève est **immédiatement et exclusivement soumis à des positions de mat**. Il est donc centré sur le but final majeur - mater le roi adverse - et motivé par la recherche d'un résultat immédiat (une exigence à cet âge) et tangible : comment mater en un, deux ou trois coups.

L'ensemble de la méthode verra l'enfant résoudre par lui-même près de quatre cents mats.

La suite des mats à trouver est organisée selon une progression intégrant peu à peu un plus grand nombre d'éléments à prendre en compte tels que : le nombre de pièces, le choix entre plusieurs coups possibles, le calcul sur un plus grand nombre de coups, l'ampleur de l'espace à analyser, l'apparition de notions de sacrifice... Ces éléments conduisent à **l'élaboration progressive d'une véritable stratégie** mettant en jeu l'utilisation simulée de plusieurs pièces liées entre elles devant un échiquier dont on ne peut pas bouger les pièces.

Pourquoi commencer directement par la recherche des mats ? Plusieurs raisons nous ont conduit à retenir cette didactique reposant sur la seule recherche de résolution de mats tenant à la fois à la construction de la base de connaissances en MLT, et à la consolidation d'une méthodologie de résolution de problèmes par questionnement de l'espace-problème.

1.

pour **hiérarchiser le réseau de connaissances futures et renforcer le poids de certains liens associatifs entre concepts** L'action de faire échec au Roi adverse sans que celui-ci puisse se défendre, ce qui fait que le coup suivant il sera pris, s'appelle le mat. Dans le réseau de concepts échiqués c'est le noeud essentiel, celui qui a le plus de valeur et constitue le but exclusif de la partie (gain ou perte de la partie). Ce noeud est à la base de tous les réseaux et raisonnements, on le trouve par exemple opérant pour :

–

le **positionnement des pièces en fonction du Roi adverse** Ainsi la diagonale d'attaque du Roi a une toute autre valeur pour un Fou que les autres diagonales sur lesquelles le Fou peut se déplacer. On ne peut comprendre le fianchetto sur l'aile Roi (positionnement du Fou du Roi devant celui-ci et sur la grande diagonale) qu'une fois que l'on en a vérifié sa rare efficacité dans les réseaux de mats,

–

l'analyse et l'évaluation du risque pour son propre Roi Ceci oblige à effectuer les mêmes calculs de relations entre les pièces de l'adversaire dirigées sur son Roi pour mieux voir ou simuler leur action combinée. Cette étape est préalable aux calculs sur les mouvements possibles de ses propres pièces. Il s'agit d'une suspension de son désir d'action, lequel conduit le joueur à oublier de regarder ce que peuvent faire les pièces adverses ; suspension qui est chez l'enfant une étape coûteuse au plan psychologique et mal acceptée. Apprendre à s'occuper d'abord de l'autre avant d'envisager ce que l'on peut faire soi est difficile. Le joueur débutant suit son plan, et il s'y accroche d'autant plus qu'il a peu investi de temps pour y réfléchir un ou deux coups à l'avance, et bien souvent une pièce plutôt que la combinaison de plusieurs -. A fortiori n'a-t-il pas au préalable essayé d'anticiper ce que pourrait jouer son adversaire.

–

la **combinaison de pièces** Le mat n'est possible dans la plupart des cas qu'en constituant un réseau de mat par l'action conjuguée de plusieurs pièces. Cette notion de réseau de pièces, c'est-à-dire du calcul de l'action combinée des pièces, n'est compréhensible qu'appliquée à la mise en jeu du Roi adverse et n'offre que peu

d'intérêt si elle est présentée sans ce but du mat. La notion de réseau de pièces, étudiée lors de la recherche de mats, deviendra une véritable méta-connaissance (première dimension du concept de stratégie), alors qu'il y a de fortes chances qu'étudiée hors ce contexte elle reste au seul niveau de connaissance déclarative sans s'élever au plan contextuel qui seul définit la compréhension (Kintsch, 1988).

—

les **concepts opératoires intermédiaires** Certaines notions appartiennent à la catégorie des instruments et outils tactiques en cours de partie, comme par exemple le clouage ou la découverte. La notion de clouage est peu motivante si on en a pas vérifié préalablement sa force dans un réseau de mat, où une pièce ne peut venir sauver son Roi en s'interposant ou en prenant l'attaquant du fait qu'elle est clouée et qu'elle ne peut se déplacer sans mettre en échec à la découverte son propre Roi. Apprendre les règles tactiques principales dans le contexte de la recherche d'un mat garantit l'utilisation récurrente de ce concept lorsque, dans des situations apaisées, des clouages paraissent comme des coups inutiles et sans intérêt immédiat, voir sans but apparent. Pour l'étude des buts immédiats, par différence avec les buts différés, notion difficile à accepter, rien ne peut être mieux que d'avoir vérifié combien un clouage peut s'avérer payant et décisif longtemps après avoir été joué. La notion de clouage est presque contre-intuitive puisqu'elle consiste à jouer non pour prendre ou pour aller ailleurs le coup d'après mais à se fixer sur une case et à y rester pour empêcher une pièce de l'adversaire de jouer. Apprendre selon l'étalement du mat permet de définir très tôt une hiérarchie de valeurs d'activation des réseaux, laquelle interviendra de façon récurrente dans la suite de l'apprentissage et du jeu, et sera déterminante pour l'organisation en MLT de la base de connaissances puisque celles-ci seront stockées non pas de manière indifférenciée mais avec un poids d'activation stratégique, notion qui constitue un élément primordial dans les structures de récupération (retrieval structure, Gobet, 1996b).

2.

pour **rendre plus sélectif, pertinent et efficace le traitement de l'information en cours de partie** Une stratégie mieux contrôlée est plus discriminatrice et plus généralisable aux différentes positions survenant. Le réseau hiérarchique mémorisé en MLT permet de voir la situation et de la faire parler, comme on le fait d'un problème de façon plus sélective en attachant peu d'importance à des éléments identifiés comme sans rapport avec le mat et, en revanche, en concentrant beaucoup d'attention et de calcul en profondeur chaque fois que des coups joués ou pouvant être joués établiront un rapport direct avec la situation future du Roi (menace ou sécurité). En d'autres termes, le traitement fait en permanence de la situation sur l'échiquier sera opéré à travers une grille de valorisation et d'évaluation, ce qui constitue l'information la plus pertinente mais aussi la plus difficile à générer : savoir où l'on en est et interpréter une situation est une capacité décisive, dans les situations à but final en tout ou rien caractéristique de la pensée stratégique.

3.

pour **très vite se doter de règles** Lorsque l'on est confronté au risque majeur, on se

dote de procédures personnelles fortes. Par exemple, on s'oblige à roquer pour mettre le Roi à l'abri, après avoir étudié des mats où des Rois n'ayant pas roqué se retrouvent au centre de l'échiquier sous le feu combiné de nombreuses pièces adverses. Ou bien, autre exemple, on ne prend pas le risque du mat du couloir et pour cela on joue le pion de la garde h7 ou h2, opération que l'on a tendance à reporter considérant que l'on a toujours quelque chose de meilleur à jouer. Il s'agit en quelque sorte d'accepter l'acquisition de règles automatiques non négociables et procéduralisées, qui sont typiquement de l'ordre méta-cognitif (cf. les 'compositions' chez Anderson qui voient les stratégies se combiner selon la logique du traitement hiérarchisé des objectifs : « certes porter mon Cavalier sur la case d5 est un bon coup mais jouer h7 et dégager une case de fuite à mon Roi au cas où une Tour ferait échec est plus important pour la suite de la partie. » .)

4.

pour **maintenir un fort degré de motivation**. Il faut trouver (et l'enjeu est vital, 1-0) les heuristiques d'exploration qui sont la base du calcul en profondeur des coups en cours d'une partie. Mais l'entraînement à de telles heuristiques appliquées à une exploration dont le but n'est que de trouver le bon coup pour soi et pour l'adversaire en réponse - ce qui est très relatif et difficilement appréciable- peut s'avérer fastidieux pour un enfant. La force d'un but immédiat - le logiciel lui annonce qu'il y a mat en 2 ou 3 coups - explique que l'apprentissage de ce qu'est un arbre de choix soit plus aisé et très motivant dans les recherches.

12 - Le défi du contexte cognitif pour l'expert échiquéen

L'impératif de construction de la connaissance par le sujet lui-même, que nous avons posé comme postulat de toute stratégie didactique, oblige l'expert à modifier son statut. Il n'est plus détenteur d'un savoir à transmettre mais accoucheur selon des méthodes incitatives indirectes d'un processus dont la navigation est le fait du sujet et non le sien.

L'expert doit faire face à une seconde exigence qui tient à l'objectif d'intégration du transfert à partir de son corpus de savoir à enseigner. Il doit en effet être capable de comprendre les mécanismes sous-jacents aux habiletés de sa discipline et voir les transpositions possibles dans d'autres territoires de connaissances. Ceci suppose une compétence minimale dans le domaine cognitif.

Lorsque nous avons élaboré une méthode d'apprentissage, ce double impératif a emporté des conséquences à plusieurs niveaux :

.
sur la conception de la méthode de découverte des réponses aux problèmes de mats posés ;

.
sur la conception des modules de base intégrant l'objectif de transfert analogique ;

.
sur le traitement des erreurs ;

enfin, sur l'intégration des objectifs de transfert métacognitif par la mise au point d'exercices transfert non-échiquéen.

12 -1- La méthode de découverte des réponses aux problèmes de mats posés

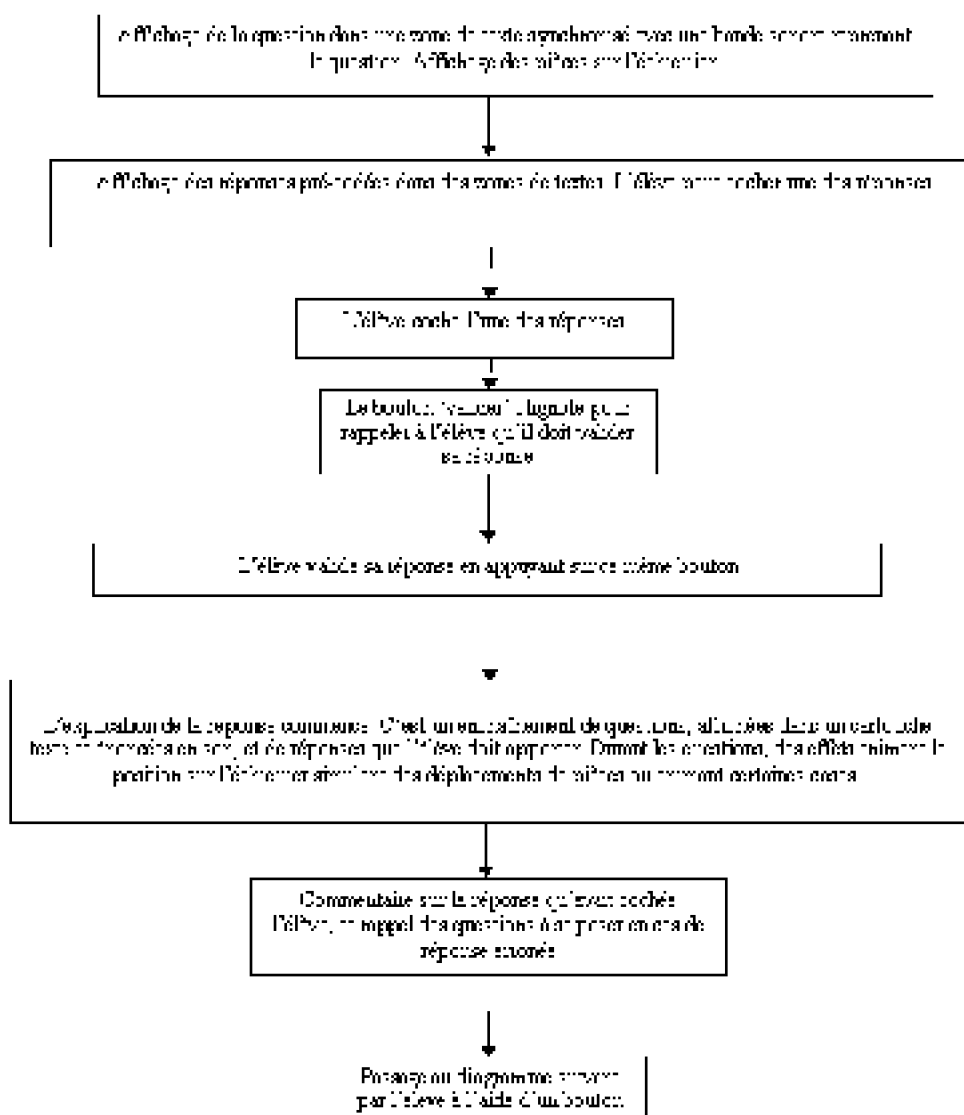
Un double processus a été mis en place pour la découverte des réponses aux problèmes de mats soumis. A chaque question posée a été associée une série de plusieurs réponses possibles. Ceci a pour but de cadrer l'espace de recherche de l'élève. Celui-ci est invité à examiner plusieurs possibilités et, pour choisir laquelle est la bonne, il devra investiguer chacune d'entre elle et ensuite comparer celles-ci au regard de la question posée. Il s'agit, dans cette étape, d'entraîner le sujet à un examen comparatif des diverses possibilités. Certes, il y a aide dans le cheminement puisque la solution est l'une de celles offertes au choix, mais l'essentiel, à ce stade de l'apprentissage, est d'acquérir une méthodologie de questionnement et d'investigation. Confronté à un problème à résoudre le sujet découvre ainsi qu'il convient d'envisager toutes les hypothèses et de passer au crible chacune afin d'élaborer au cours de cet examen le mode de questionnement de l'espace problème autant que la réponse.

Lorsque le sujet a répondu, il ne lui est pas indiqué immédiatement si sa réponse était la bonne. En revanche il est invité à dérouler une série de questions qui correspondent au cheminement menant de l'état initial à l'état-but. Ces quelques questions articulent la recherche en sous-buts. Ce processus de découverte de la réponse par le questionnement est fondé sur le constat qu'il n'y a pas de réponse à un problème mais plutôt qu'il y a des questions qui surgissent tout au cours d'une recherche et mènent à la résolution. **La résolution de problèmes consiste plus à se poser des questions qu'à trouver des solutions.** Durant cet enchaînement de questions, une confrontation entre le cheminement suivi plus ou moins consciemment par l'élève pour décider de sa réponse et ces questions est opéré explicitement ; l'élève se rend compte de l'erreur d'appréciation qu'il a pu commettre et la confrontation modifie l'état de la connaissance. Une phase de ré-élaboration du problème et de l'investigation en vue de la recherche de solution de celui-ci s'opère, suffisamment proche du moment de la recherche pour que cette ré-élaboration modifie le processus. Ce n'est qu'à l'issue de cette séquence que le sujet voit *in fine* s'il avait répondu juste ou non.



Figure 77 : Ecran illustrant le début de la séquence de questionnement pour l'analyse de la réponse.

Le schéma ci dessous reprend le processus élaboré pour les diagrammes proposant des mats à résoudre en choisissant le bon coup, ou des Positions dont il fallait indiquer si elles conduisaient à un mat ou non. A chaque étape le sujet est invité à valider son choix, ce qui l'oblige à acter sa décision et à écarter le hasard.



12 -2- La conception des séquences

La méthode d'apprentissage comporte une suite de 36 séquences correspondant chacune à un concept clé. L'ordonnancement de ces séquences est établi en fonction d'une progression dans la complexité de ces concepts, puis de leur combinaison. Le tableau ci-dessous présente la liste des séquences et le thème de chacune.

Tableau 30 : Découpage des séquences du logiciel.

LE DEVELOPPEMENT DES HABILETES COGNITIVES DE L'ENFANT PAR LA PRATIQUE DU JEU D'ECHECS :

S1- Exercices sur le déplacement des différentes pièces. - le Roi - la Tour - le Fou - le Cavalier - le pion - la Dame
S2 - Les exemples de mats ultra-simples en un coup pour chacune des pièces.
S3 - La protection de la pièce qui donne l'échec et mat et que le Roi ne peut donc reprendre.
S4 - La protection de la pièce, suite.
S5 - La case de fuite du Roi mis en échec.
S6 - Visualiser les mouvements potentiels des pièces. Extension de la notion de pièce protégée, et premier mode de questionnement sur le Roi adverse pour recherche de mat.
S7 - Recherche de la pièce qui fait mat : deux pièces peuvent donner échec, une seule fait mat. Analyser deux coups possibles avant de choisir lequel jouer.
S8 - Entraînement de la visualisation rapide du potentiel d'action d'une pièce par les cases qu'elle contrôle.
S9 - La défense du Roi par l' interception de la pièce qui donne l'échec. Premières notions d'anticipation, premier entraînement à visualiser un coup sans bouger la pièce sur l'échiquier.
S10 - La défense du Roi par l' interposition d'une pièce.
S11- La promotion du pion et le choix de la pièce de substitution.
S12 - Révision des défenses possibles du Roi mis en échec : prendre, interposer, fuir (P.I.F.).
S13 - Le clouage. Travail sur l'attention distribuée. L'enfant doit regarder l'ensemble de l'échiquier.
S14 - Révision protection, clouage, interposition, fuite.
S15 - L'échec à la découverte.
S16 - Mats en 1 coup par combinaison de deux pièces.
S17 – Evaluation d'une position pour savoir si la combinaison de 2 pièces peut conduire au mat.
S18 - Détermination de la puissance nécessaire pour faire mat en dernière rangée.
S19 - Evaluation de la puissance de l'attaque. Les risques d'erreur.
S20 - Le choix de la case d'attaque et de la pièce d'attaque.
S21 - L'éviction d'un défenseur.
S22 - L'éviction d'un défenseur et le choix concomitant de la bonne case d'échec. Combinatoire espace et calcul de la puissance.
S23 - Mats en 3 coups : calcul de la puissance de chaque camp sur la case d'attaque, 1er coup permettant de faire basculer le rapport de puissance.
Mats en 1 coup, pour classement intermédiaire des élèves.
S24 - Mats en 3 coups : ordre logique des coups pour mettre en jeu la pièce qui mate.
S25 - Tactique 1 : les mats latéraux.
S26 - L'éviction d'un défenseur de la case d'attaque.
S27 - L'éviction d'un pion de la garde du Roi par le sacrifice de pièces.
S28 - 29 - 30 Tactique 2 : le sacrifice de la Dame pour mater.
S31 - L'attaque avec deux Fous.
S32 - L'attaque avec deux Cavaliers.
S33 - Tactique 3 : but et sous-but.
S34 – La mise en batterie sur deux colonnes voisines.
S35 – L'infiltration dans la défense du Roi roqué
S36 - Combinaison éviction-sacrifice-attaque.

*** Organisation du découpage et de l'ordonnement des séquences.**

Après **S1** qui permet à l'élève de découvrir le déplacement de chacune des pièces, **S2** a pour objectif d'associer au mouvement d'une pièce son but possible, l'échec et mat donné au Roi adverse. L'élément-but, le mat, est dès cette deuxième séquence présenté afin de faire comprendre par l'action que chaque mouvement a une même finalité : le mat.

S3, S4, S5 sont dédiées à la protection du Roi et à l'acceptation de l'idée que l'offensive du Roi adverse suppose préalablement la mise en sécurité de son propre Roi et, de façon plus générale, que chaque mouvement de pièce doit être précédé de la question de la protection de celle-ci sur la case où l'on projette de la déplacer. La double tâche constante qui caractérise le jeu d'échecs – faire mouvement et attaquer, et protéger ses pièces qui attaquent tout comme celles que vise l'adversaire – est difficile à accepter et à réguler. Cette double tâche surcharge la mémoire de travail puisqu'il faut en permanence visualiser les mouvements possibles des pièces et apprécier les avantages ou menaces qui en découlent, et il est fréquent que l'élève débutant sacrifie cette phase d'examen des protections nécessaires immédiates ou sous quelques coups. La tentation de ne penser qu'à l'attaque est naturelle, c'est pourquoi dès le commencement du logiciel l'acquisition principale est celle de la protection de ses pièces en vue du mouvement de celles-ci. Relevons également que l'élève est invité alternativement d'un diagramme à l'autre à attaquer ou à défendre : tantôt le problème posé est « comment peux-tu faire mat ? », tantôt « ton Roi est-il mat ou peux-tu te défendre ? ». Cette alternance a pour objectif de lui faire accepter d'accorder autant d'importance à l'étude des coups possibles de l'adversaire qu'à sa propre attaque.

S7 introduit la notion de choix de la bonne pièce pour mater. Par extension, le choix est posé comme préalable à toute décision. Quand le joueur s'apprête à décider d'un coup, il doit se poser la question des autres coups possibles et justifier son choix par la comparaison des avantages et inconvénients de chaque possibilité. Cette fonction analyse comparative est une des composantes de la fonction évaluation, elle-même composante de la stratégie.

Les séquences **S9, S10, S12** abordent les diverses formes de la défense du Roi : l'interposition d'une pièce entre la pièce qui fait échec et son Roi, l'interception de la pièce qui fait échec, ou la fuite du Roi.

Les séquences **S13, S14, S15** traitent des outils tactiques à disposition du joueur, tels que clouage (une pièce se place sur une case d'où elle pourrait faire échec au Roi adverse si la pièce interposée entre elle et le Roi tentait de se déplacer ; la pièce est clouée, c'est-à-dire ne peut bouger puisqu'il est interdit de jouer un coup qui conduirait à la prise du Roi par l'adversaire), découverte (une pièce se déplace mettant en action une autre dont elle gênait le rayon d'action), action combinée de deux pièces pour en gagner une autre.

Les séquences **S17, S18, S19, S20, S21, S22** commencent l'examen des composantes de la stratégie : l'évaluation de la puissance respective des deux camps sur une attaque, le choix de la case d'attaque, la planification de l'ordre des coups

pour atteindre un objectif (les coups devant être joués dans un certain ordre sauf à risquer une riposte ou une défense pertinente) et ne pas perdre un **tempo, l'éviction d'un défenseur** pour parfaire la mise en oeuvre de ses propres forces.

Les séquences **S23 à S26** intègrent ces diverses composantes de la stratégie et les appliquent à la résolution de mats plus complexes en trois coups, dont la résolution suppose à la fois le choix de la bonne case d'attaque, l'évaluation de la puissance respective de l'attaque et de la défense sur la case d'attaque envisagée, l'éviction d'un défenseur pour modifier ce rapport des forces et créer le surnombre, et le bon ordre des coups afin de ne pas permettre au Roi adverse de gagner un tempo mis à profit pour appeler un défenseur supplémentaire ou trouver une parade à l'échec.

Avec les séquences **S27, S28, S30, S33** est pratiqué le sacrifice de pièce, notamment de la pièce ayant le plus de valeur, la Dame. Le sacrifice, ou gambit, est un outil tactique redoutable qui consiste à donner une pièce à l'adversaire dans le but, soit de gagner le tempo dont on a besoin pour mettre en oeuvre un réseau de mat, soit, s'il s'agit d'une pièce mineure, de tendre un piège à l'adversaire par la tentation du gain d'une pièce et d'en tirer un avantage positionnel qui s'avèrera payant à court terme. Cette notion est assez difficile à accepter psychologiquement pour l'enfant, singulièrement dans le cas du sacrifice de la Dame. Elle suppose en effet une grande confiance en ses calculs car s'il y a eu erreur, la perte d'une pièce peut s'avérer catastrophique et, s'agissant de la Dame, entraîner la perte inévitable de la partie. Elle peut également renvoyer à des dimensions psychanalytiques complexes – le sacrifice de la mère - dimension que nous ne traitons pas dans notre travail mais que les auteurs qui ont étudié le jeu d'échecs dans le champ psychiatrique ont décrit (Reider, 1959, Dextreit, 1978).

Les dernières séquences, **S31-S36**, font travailler sur la vision globale de l'échiquier et des multiples tâches à mener en même temps pour la conduite du jeu : traitement visuo-spatial en imagerie mentale par l'examen des enchaînements de mouvements potentiels, évaluation stratégique de la position, et processus décisionnel par combinatoire des pièces et raisonnements « si alors ».

*** Organisation et fonctionnement d'une séquence**

Après un ou deux écrans explicatifs du thème, chaque séquence comporte entre six et huit mats à trouver. Ces diagrammes de mats ont tous en commun de pouvoir être résolus selon la même méthode. Il s'agit, d'un diagramme à un autre, de transposer une résolution par analogie entre problème source et problème cas. A l'intérieur de la séquence, la résolution des mats repose en effet à la fois sur un espace-problème identique et sur une suite semblable de questions. Nous sommes typiquement dans une démarche de transfert analogique qui voit le sujet s'éloigner peu à peu du problème source et être confronté à des problèmes analogues dont les schémas de résolution restent les mêmes mais dont les variantes s'enrichissent. En six ou huit positions et problèmes le tour est fait des différents angles sous lesquels peut être posé un problème : ainsi se consolide un modèle ou « patron » ouvert pour une catégorie ou une famille donnée de mats et de schémas de résolution. Nous sommes aux deux niveaux du transfert analogique : le transfert grâce à la similitude des cas abordés («Case-based transfer.», Didierjean, 2000), et le transfert par recours à la construction d'un schéma

abstrait, lequel porte sur l'enchaînement de questions. Il y a similitude de cas par le dispositif de pièces sur l'échiquier – leur nombre mis en jeu, la position du Roi adverse et sa défense, le ou les coups préalables pour amener une position où le Roi adverse ne peut rien faire. Il y a recours à un schéma abstrait dans le mode de questionnement de la position, et dans la capacité à appliquer un modèle de suite logique ou algorithme de questions dans la séquence découverte de la solution après que le sujet a validé son propre choix.

Le traitement des erreurs

Chaque séquence comporte, nous l'avons mentionné, entre six ou huit diagrammes de mats. Selon le taux de réponses exactes de l'élève (la barre est fixée à 4 réponses exactes dans le cas d'une séquence à 6 diagrammes, et à 6 dans le cas d'une séquence à 8) il est autorisé à passer à la séquence suivante ou bien il se voit proposer deux nouveaux diagrammes de mats lui permettant de revoir la méthodologie proposée dans la séquence. Ceci a pour but de favoriser l'identification par le sujet des erreurs qu'il a pu commettre lors du cheminement ou des questions qu'il a pu oublier de se poser. Il s'agit également de ne pas risquer la persévération dans l'erreur.

12 -3- l'intégration des objectifs de transfert métacognitif par l'inclusion dans la méthode d'exercices transfert non-échiquéen

Nous avons évoqué la démarche retenue pour la conception des séries de diagrammes d'une séquence et l'objectif de transfert analogique pour la résolution des mats. La deuxième dimension du défi cognitif posé à l'expert échiquéen dans la construction d'une didactique de son savoir tient à l'intégration de l'objectif du transfert. Pour déterminer comment utiliser les notions échiquéennes à enseigner dans cette optique du transfert, l'expert doit passer par une étape personnelle d'analyse des habiletés cognitives recrutées par la mise en oeuvre et la pratique des notions et concepts qu'il doit enseigner. Cette chaîne est ordonnancée selon un enchaînement logique que nous avons détaillé et illustré en introduction de ce chapitre.

Le choix des exercices de transfert d'habiletés cognitives recrutées et développées par la pratique a été fait sur le critère de l'importance de la transférabilité mesurée dans nos précédentes expériences. Les habiletés cognitives que nous avons examinées - stratégie de mémorisation par le chunking, raisonnement et planification en résolution de problèmes, imagerie mentale par le calcul mental et l'attention visuo-spatiale - ont fait l'objet de cette intégration dans la méthode.

L'aptitude au chunking a été développée par l'insertion tout au long de la méthode de dix exercices de rappel de positions comportant un assez grand nombre de pièces, ceci pour le chunking visuo-spatial, et par l'insertion de deux exercices de reconnaissance des mots d'une liste de 25 à l'issue des séquences 3 et 10.

Pour le transfert de la capacité de planification des opérations en une suite logique, a été repris l'exercice des Tours de Hanoï, à deux reprises après les séquences 10 et 36.

Enfin, le transfert de l'attention visuo-spatiale a été mis en oeuvre en recourant à un

protocole de traitement des relations spatiales entre deux objets à l'issue des séquences 14 et 19.

13 - Le scénario didactique

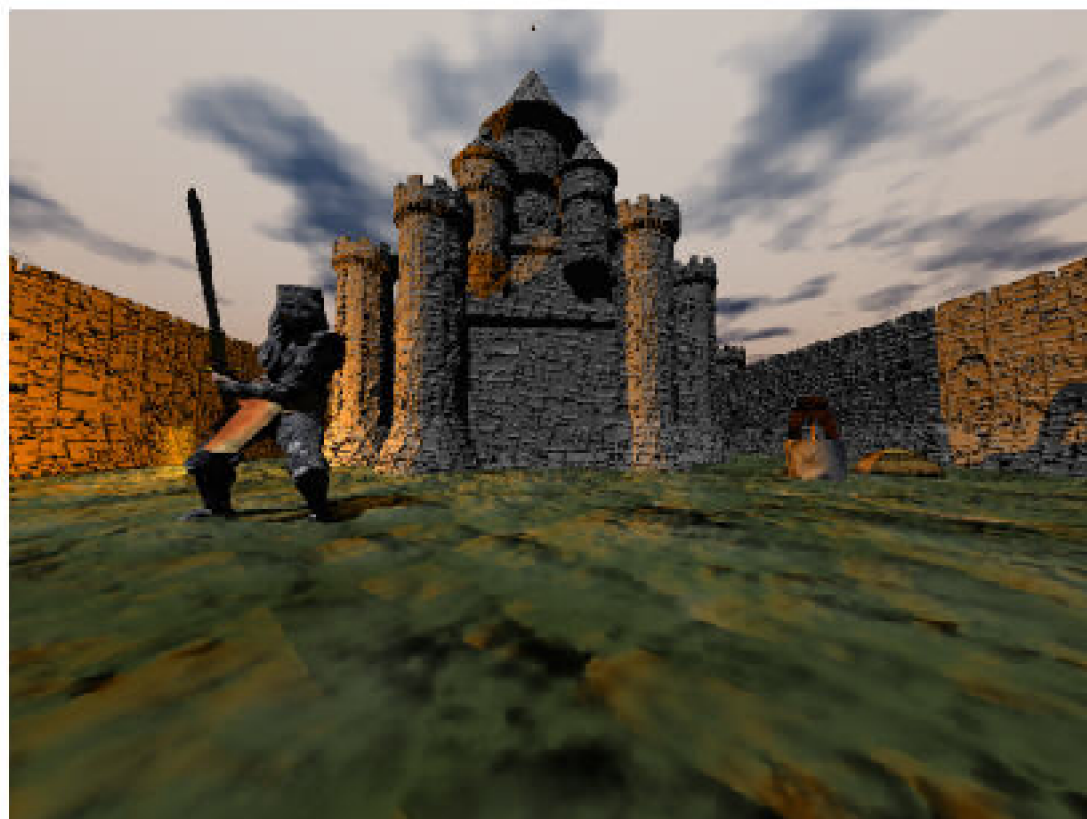
Il est composé d'un environnement à fort degré d'implication du sujet, c'est-à-dire dans lequel celui-ci est acteur, héros ayant une mission à réaliser, à travers une découverte guidée d'un univers virtuel : le pays de Chessland. Ce pays est habité de personnages vis-à-vis desquels le sujet prend partie : il y a ceux qu'il aime, ses alliés qui l'aident à remplir sa mission, ceux qu'il combat parce qu'ils s'opposent à sa mission. La mission en forme de quête initiatique le fait franchir des étapes sous la forme d'épreuves, gagner des clés lui ouvrant de nouveaux espaces, et atteindre *in fine* le but. Cette mission lui a été confiée par un vieux sage, son maître par transfert de rôle qu'il retrouve entre chaque étape pour bénéficier de ses conseils. L'univers iconographique est médiéval et fantastique. Au milieu des châteaux-forts se côtoient des chevaliers et des créatures imaginaires sorties tout droit des contes d'enfant : ogres, sorcières, fées, loups, dragons.

Le héros, un jeune garçon de 10-12 ans, se voit confier une mission par un vieux magicien, Merlin le chanteur, au nom de la Reine de Chessland. Il s'agit de parvenir jusqu'au château d'un chevalier noir en franchissant tous les obstacles qui seront mis sur sa route pour reprendre les rolers du Roi qui lui ont été dérobés, l'empêchant de s'entretenir physiquement, de maigrir et d'être capable de se déplacer et en conséquence de régner. Le parcours jusqu'au château du chevalier noir est découpé en cinq étapes : l'apprentissage des règles chez Merlin, la hutte de la sorcière, la maison dans un nuage de l'ogre, la caverne du dragon, la forêt du loup. A chaque fin d'étape constituée de séquences d'échecs, le héros doit passer un test qui lui permet de récupérer une des clés qui lui ouvriront les portes du château du chevalier noir. Une animation en 3D intervient en transition d'une étape à une autre.

Les traits de personnages ont été marqués, forcés même, afin de participer à la dimension ludique et fantastique.



Figure 78 : Images illustrant personnages et énigme du scénario.







2 - Les supports didactiques spécifiques du transfert

21 - Les fiches transfert des concepts échiquéens.

Dans le cadre du travail sur le transfert des concepts clés appris dans le logiciel d'échecs, nous avons proposé aux instituteurs d'organiser des séances d'échanges non-directifs sur huit des concepts abordés en mettant à leur disposition un matériel composé pour chaque concept d'une fiche transfert, d'une série de photos, d'un tableau visualisant les liens sémantiques de synonymes du concept. La fiche et le tableau de l'espace sémantique était préparés pour le seul usage de l'instituteur, les photos pour la séance avec les élèves. Il s'agissait pour l'enseignant de présenter une série de photos que les élèves devaient commenter en essayant de trouver le point commun entre elles.

Huit séances ont eu lieu sur les huit concepts suivants : 1- Protection, 2- Fuite, 3- Choix, 4- Contrôle, 5- Interception, 6- Interposition, 7- Promotion, 8- Puissance.

Pourquoi le choix de ces huit parmi la vingtaine abordés au cours des séquences ? Nous avons souhaité retenir deux catégories de concepts. Un groupe de concepts assez simples à comprendre et à illustrer, et dont la valeur de composantes connexes était forte. Il en est ainsi pour les concepts de protection, choix, ou contrôle. Un second sous-ensemble regroupait des concepts plus difficiles et rares, dont l'emploi n'était pas réputé familier pour des élèves de CM2. C'est le cas notamment des 5, 6, 7, 8,

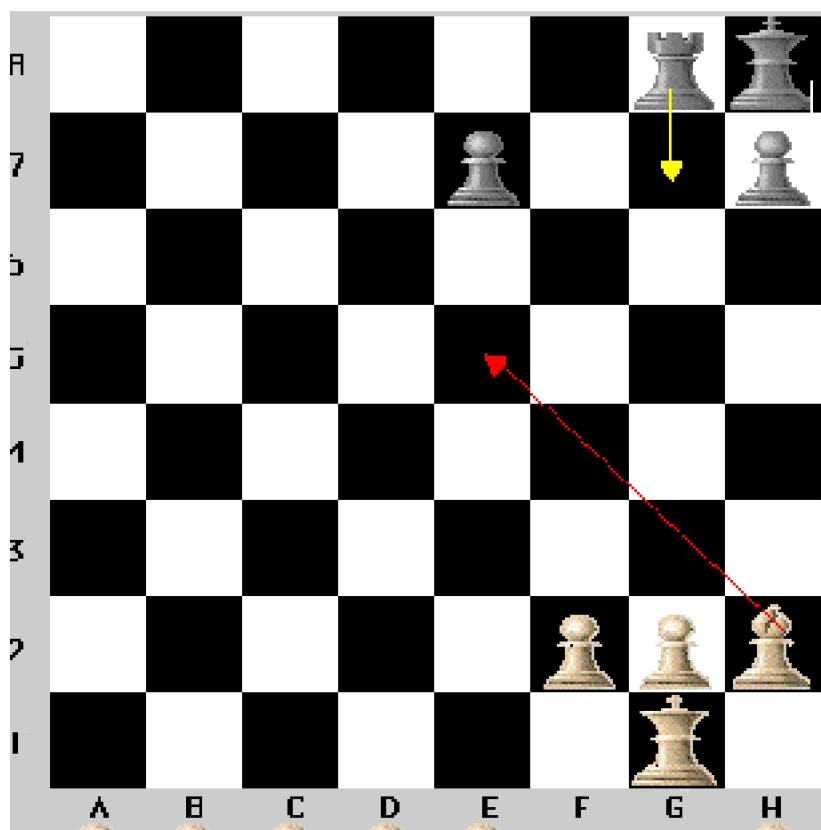
Interception, Interposition, Promotion, Puissance.

Nous présentons ci-dessous quatre exemples de ce matériel mis à disposition. Le diagramme relatif au concept d'interposition, et la fiche concept transfert préparée pour celui-ci. La série de photos relatives au concept de protection. Enfin, une capture d'écran reprenant l'espace sémantique du dictionnaire de l'ISC (Institut des Sciences Cognitives) sous le mot interposition.

La fiche concept

Cette fiche avait pour but de faciliter en tant que de besoin la conduite de l'échange non-directif autour des photos et le travail qui suivait sur le vocabulaire et les synonymes. Rappelons que les instituteurs ne savaient pas jouer aux échecs et qu'il était nécessaire que chaque concept faisant l'objet de fil rouge d'une séquence leur soit expliqué afin qu'ils puissent diriger le travail du transfert.

Chaque fiche concept comprenait une image d'échiquier (cf. figure 82) exposant l'emploi échiquéen du concept, puis une énumération des notions associées, des exemples d'expressions courantes dans lesquelles le concept était référé, enfin une liste de synonymes et d'antonymes (cf. figure 83).



L'interposition

Le Fou blanc vient en e5 faire échec au Roi noir. La Tour s'interpose en g7

Figure 79: Illustration du concept échiquéen de l'interposition.

CONCEPTS L'INTERPOSITION

étymologie : se poser entre

aux échecs : interposer une pièce, c'est placer celle-ci entre une pièce de l'adversaire qui vous attaque et votre pièce : la pièce, par exemple si un fou de l'adversaire vient sur une case d'un f, l'interposer à votre Roi, l'interposition consiste à placer l'un de vos pions ou l'un de vos pions entre le Fou adverse et votre Roi pour protéger celui-ci.

Le concept d'interposition recrute donc les notions associées de :

- protection, défense : on interpose quelque chose, ou quelqu'un s'interpose pour protéger une personne ou un lieu, on s'interpose de ce genre
- menace
- séparation, l'acte entre deux espaces
- médiation

expressions et images courantes : l'arbitre s'est interposé entre les deux joueurs qui se disputaient ; force armée d'interposition de l'ONU contre l'agresseur, installer un périmètre de sécurité, une zone de cessez-le-feu ; au football, le gardien s'interpose entre l'attaquant et la cage de buts ; ballon sanitaire ; l'édifice s'est interposé entre le bâtiment et la terre ; un écran défendant un ordinateur ; un personnage interposé : feuille intercalaire

images, images antagonistes : un écran d'ordinateur, du : front

photos possibles : casques bleus, cordon de CRS entre manifestants, ligne d'attaquants au football, médiation, charron au chariot, l'un type au jeu, plat de d'edifice, écran, verre défendant

synonymes : médiation, intervention, bouc émissaire, écran, entre-deux, intercalaire, interférence

Figure 80 : Fiche transfert du concept d'interposition.

22 - La planche de photos illustrant les diverses entrées du concept

Une série de huit photos de format 21-29,7 en couleurs a été constituée pour chacun des concepts retenus. Celles-ci étaient exposées par l'instituteur qui organisait un échange afin de qualifier chacune et de voir ce qui liait ces photos entre elles.

La planche de la figure 84 présente les photos pour le concept de contrôle.



Figure 81 : Planche des photos relatives au concept contrôle.

23- Le tableau de visualisation de l'espace sémantique

Le troisième outil mis à disposition pour la séance transfert-concept était un tableau des synonymes du mot désignant le concept de base. Il s'agissait d'une copie de l'espace sémantique issu du logiciel établi par l'Institut des Sciences Cognitives de Lyon-Bron et Centre de Recherche Inter-langues sur la Signification du Contexte (CRISCO), basé à l'Université de Caen.

recherche de mats à la résolution du problème des Tours de Hanoï. Le troisième sur le transfert de la capacité de traitement visuo-spatial de l'échiquier et du mouvement potentiel des pièces à une tâche de jugement de relations spatiales entre deux objets. Enfin, nous avons ajouté un quatrième exercice portant sur le transfert de la stratégie de catégorisation en vue de la mémorisation appliquée à un matériel non visuel mais langagier, sous la forme d'une liste de mots.

31 - Exercices de mémorisation visuo-spatiale

Dix exercices de rappel de positions échiquiennes ont été proposés tout au long de la méthode, comportant un nombre grandissant de pièces à rappeler, allant de 4 pièces pour le premier exercice à 17 pièces pour le dernier (4, 8, 9, 16, 14, 16, 17, 16, 16, 17).

La procédure était identique à celle du protocole de l'expérience n° 1 sur le chunking visuo-spatial. Pour chaque rappel, la position était exposée durant 30 secondes. Puis, le sujet disposait de trois essais, d'une minute chacun. Entre chaque essai, la position était à nouveau exposée durant 30 secondes.

Les rappels intervenaient au milieu d'une séquence, et portaient sur la Position sur laquelle les élèves venaient de travailler, sans aucun changement. Cette insertion dans le déroulement d'une séquence avait pour but de banaliser ce type d'exercice, et d'inciter le sujet à être attentif aux positions sur lesquelles il travaillait puisque, dès le deuxième ou le troisième rappel, il comprenait que cette procédure se répèterait et que s'il voulait améliorer sa performance de rappel il pouvait, en travaillant sur les diagrammes, s'efforcer de mémoriser ceux-ci, au cas où un rappel surviendrait.

L'objectif de cet exercice transfert était d'entraîner la capacité à regrouper par sous-ensembles des éléments à mémoriser dès lors qu'il y a grand nombre d'objets. Nous avons vu dans l'expérience n°1 que la reconstitution d'une position comporte une double difficulté puisqu'il s'agit de se souvenir à la fois des pièces ayant des formes et des couleurs différentes, mais également de leur localisation absolue sur une case. A partir d'un certain nombre d'objets à rappeler, il y a nécessité pour opérer un bon rappel de constituer des chunks afin d'alléger la charge de la MCT.

Dans la capture des données nous n'avons décompté que les pièces rappelées de façon parfaite, sans retenir les rappels relatifs, c'est-à-dire sur une case limitrophe, contrairement à notre expérience n°1. Notre objectif n'était pas, en effet, pour cette phase de notre recherche, d'étudier tous les aspects du chunking visuo-spatial, mais seulement d'entraîner la capacité à encoder par motifs ou chunks en vue du rappel.

32 - Les exercices Tour de Hanoï

Le premier exercice Tours de Hanoï était placé à l'issue de la séquence 10, soit environ deux mois et demi après le début du logiciel, le deuxième à l'issue de la dernière séquence 36, soit après sept mois. Cinq mois séparent donc les deux exercices.

Le premier dispositif, identique à la configuration de notre expérience 3, proposait un problème à 3 disques dont la solution pouvait être trouvée en sept coups. Le second, lui aussi identique à la configuration de notre expérience n° 3, proposait un problème à 5

disques dont la solution pouvait être trouvée en dix coups. Le but de l'intégration de cet exercice était de faire découvrir l'application à un autre domaine de la procédure de construction d'une suite logique de coups et du calcul mental de celle-ci. La règle de l'exercice consistant à résoudre le problème en un minimum de coups et non pas seulement à trouver obligeait les élèves à calculer mentalement avant de cliquer sur un disque et de le déplacer.

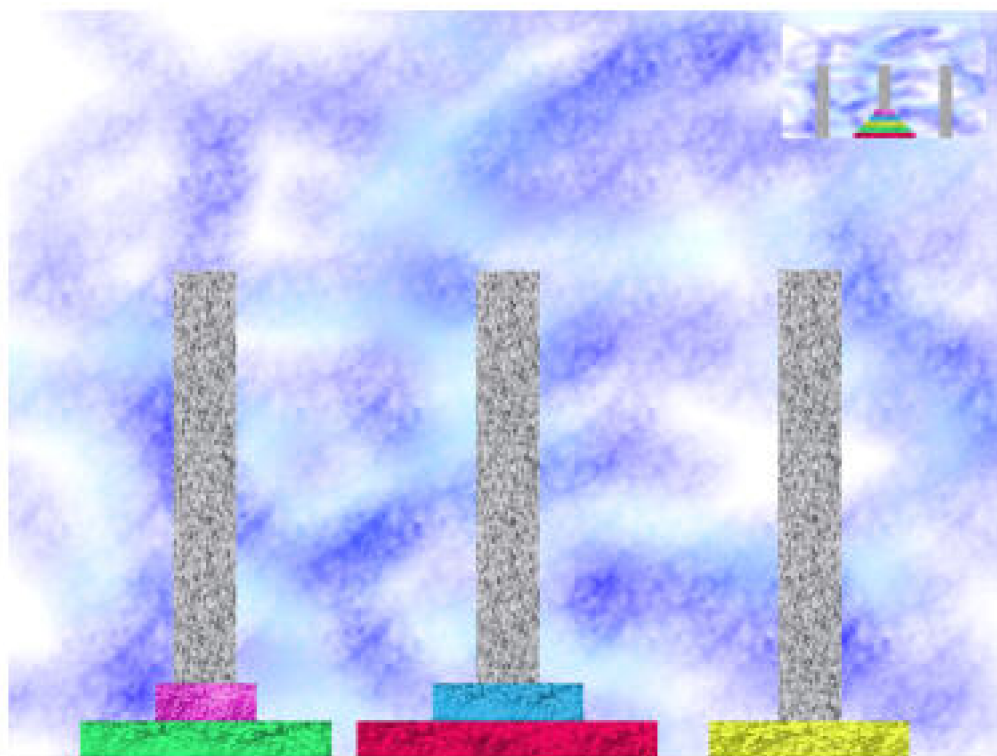


Figure 83 : Copie de l'écran de l'exercice Tours de Hanoi

33 - Les exercices de traitement des relations spatiales

A l'issue des séquences 14 et 19, au milieu du logiciel donc, était proposé un exercice de traitement des relations spatiales catégorielles, identique à celui de l'expérience n°4. La figure ci-dessous rappelle qu'il s'agit dans cette tâche de décider le plus rapidement possible si un rond est situé au-dessus ou en-dessous d'une croix apparue auparavant, selon le protocole décrit plus avant. L'intérêt de l'inclusion de cette épreuve dans le logiciel était d'appliquer l'habileté du balayage visuel de l'échiquier et du traitement du mouvement potentiel des pièces à un autre matériau que celui constitué de pièces d'échecs. Dans certaines conditions de cet exercice, de grande distance horizontale entre les deux stimuli, l'apparition successive de la croix et du rond crée la perception d'un mouvement entre les deux, lequel est traité par le 'buffer' visuel avec déplacement de l'attention de la croix au rond. Les quatre conditions de présentation des stimuli étaient identiques à celles de l'expérience 4. Deux conditions étaient passées à l'issue de la séquence n°14 (cond 1 et 2), les deux autres après la séquence n° 19 (cond 3 et 4).

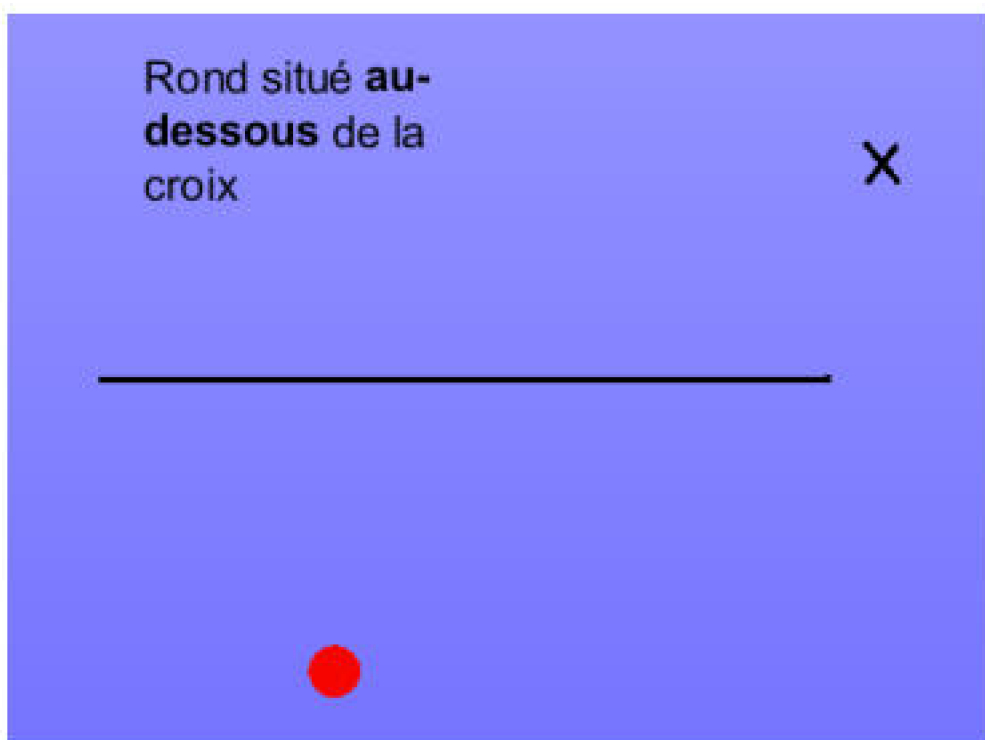


Figure 84 : Copie de l'écran illustrant l'exercice transfert Relations spatiales.

34 - Les exercices de mémorisation par reconnaissance

A l'issue des séquences 3 et 29 étaient proposés deux exercices de mémorisation d'une liste de 25 mots suivie d'une reconnaissance de ces mots sur une suite de cinq planches de 15 mots, 5 de la liste et 10 distracteurs. Comme nous l'avons fait dans l'expérience 2 de notre premier ensemble expérimental, il s'agissait d'étudier les effets de la pratique de catégorisation visuo-spatiale par le chunking mis en oeuvre aux échecs et d'en examiner la transférabilité ou non au langage par regroupement en sous-ensembles ou catégories d'un grand nombre de mots en vue de leur mémorisation. Rappelons que nous avons en effet mesuré dans cette expérience 2 un effet significatif de la pratique échiquéenne.

Dans chacune des passations, les sujets se voyaient proposer successivement une première grille de mots appartenant à cinq catégories familières, puis une seconde dont les mots appartenaient à douze catégories, rendant la tâche de catégorisations moins aisée. Les deux listes étaient composées de mots usuels, dont la plupart des substantifs avaient une fréquence lexicale élevée d'après les tables Brulex. Nous avons délibérément ajouté des prénoms usuels pour des élèves de cet âge.

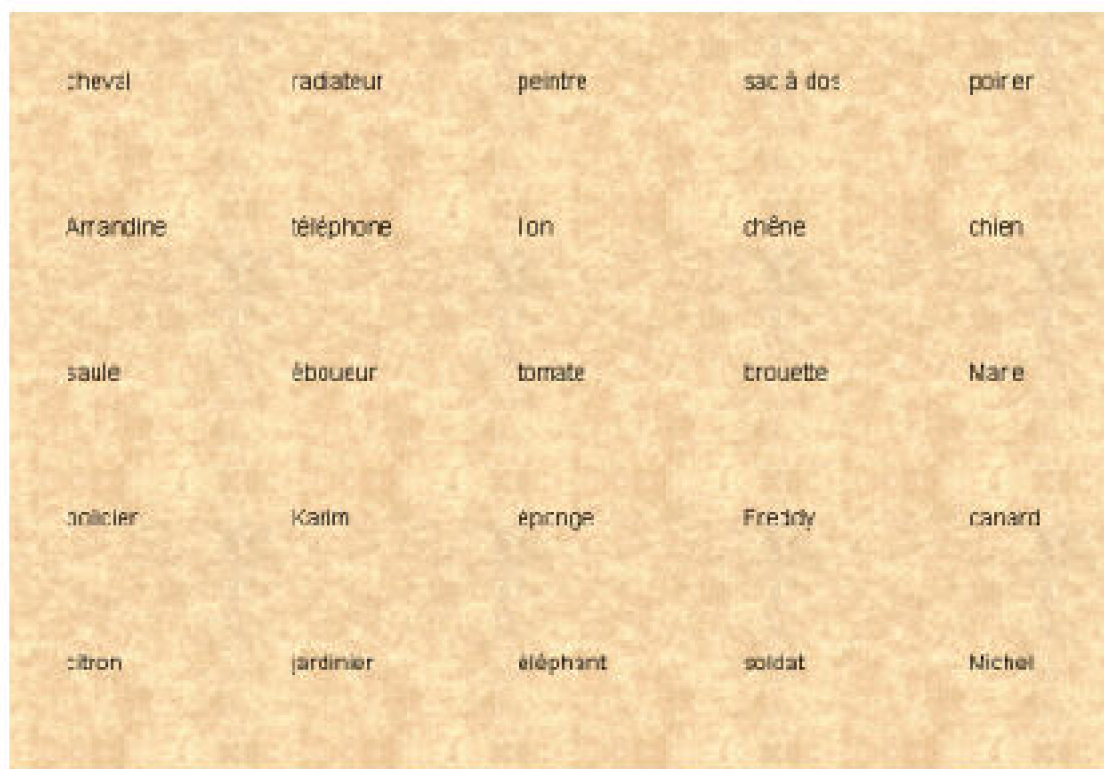


Figure 85 : Copie de l'écran illustrant l'exercice Reconnaissance d'une liste de mots, grille 1.

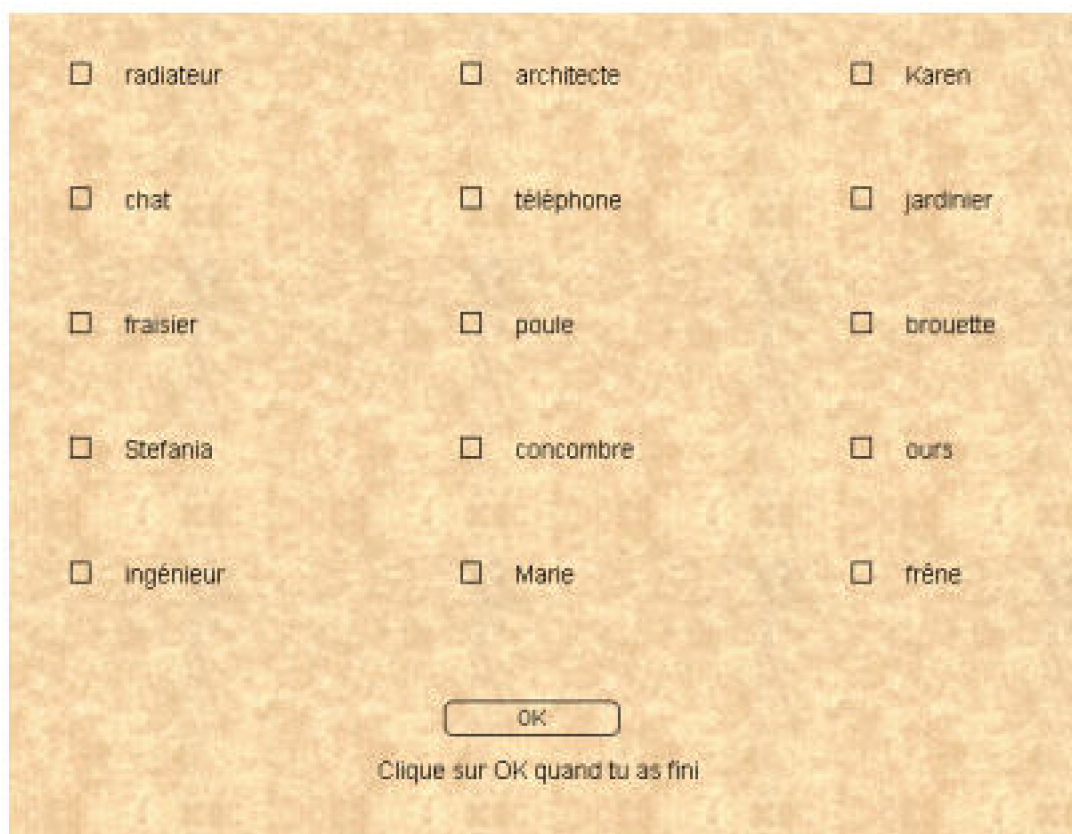


Figure 86 : Planche de reconnaissance de cinq mots de la liste mêlés à dix distracteurs, grille 1.

4 - Déroulement de l'expérimentation du Didacticiel

41 - Organisation

Comme cela avait été fait aux deux rentrées scolaires précédentes, le programme expérimental avait été présenté à l'Inspecteur d'Académie, celui-ci autorisant par écrit cette recherche dans les écoles d'application choisies.

Deux réunions ont été tenues en septembre avec les six instituteurs et professeurs des écoles des classes de CM2 participant à l'expérience en présence de leur directeur, de l'inspectrice de l'éducation nationale de la circonscription de Lyon concernée et de l'intervenant extérieur d'échecs. Elles avaient pour but de présenter le cadre général de la recherche entreprise au cours des deux années précédentes et les résultats obtenus, à laquelle l'une des deux écoles avait participé. Les principales hypothèses expérimentales fondant les caractéristiques du logiciel mis au point furent expliquées ainsi que le plan définissant les trois conditions : classe témoin, classe apprenant les échecs selon une méthode dite classique, classe apprenant en suivant le logiciel de la méthode transfert.

Les classes appartenaient à deux écoles du 7ème arrondissement de la ville de Lyon, l'école Jean Macé rue Marc Bloch, et l'école Aristide Briand, avenue Jean Jaurès. Le choix de ces deux écoles avait été fait sur plusieurs critères. Le premier critère était la qualification d'école d'application autorisant une participation à un programme de recherche, et le volontariat de professeurs des écoles pour la participation à une telle expérience. Le deuxième avait trait à la disponibilité d'une salle informatique équipée d'un matériel récent en quantité suffisante. Le troisième était l'existence, les années précédentes, d'un enseignement des échecs dans le projet pédagogique de l'équipe éducative de l'école. Le quatrième tenait à un nombre minimum de classes de CM2 afin de disposer des trois classes correspondant aux trois conditions de l'expérience. Enfin, il nous paraissait intéressant de travailler dans un milieu sociologique plutôt populaire, comportant des cultures d'origine des familles très diverses. Mais nous n'avons pas retenu la cité scolaire internationale qui accueille des enfants certes de cultures d'origine multiples mais ayant comme point commun d'appartenir à des pays fortement développés et à des familles de cadres à forte mobilité.

Deux séances d'une demi-heure par groupe de douze élèves étaient organisées ; le sous-groupe qui ne travaillait pas sur le logiciel réalisait durant ce temps un travail en BCD sur des textes de français. Les deux classes échecs dénommées 'méthode classique' bénéficiaient sur les plages horaires identiques d'un enseignement par un animateur agréé intervenant dans plusieurs écoles de Lyon sans recours à un logiciel mais avec plateaux d'échecs. Pour les deux classes témoins, sur cette même plage horaire une présence en BCD était dédiée à diverses activités. A partir de la rentrée des vacances de février, pour les élèves du groupe méthode-transfert, chaque sous-groupe durant la demi-heure où il n'apprenait pas sur le logiciel, a pu jouer sur des échiquiers

sous le contrôle d'un animateur. Les élèves avaient exprimé le désir de ne pas travailler uniquement sur un ordinateur et de pouvoir jouer des parties entre eux. Durant les sept mois de l'expérience trois réunions ont été organisées pour suivre celle-ci, échanger les remarques sur la conduite de celles-ci et définir en commun le mode d'utilisation des fiches concepts. Les épreuves-contrôle de fin avril ont été expliquées au cours de l'une de ces rencontres. A la fin juin une quatrième réunion a permis d'apporter les premières indications sur le dépouillement des épreuves-contrôle.

Le logiciel avait été installé fin septembre sur les ordinateurs des deux écoles ; le matériel informatique était en parfait état de fonctionnement et très récent, acquis grâce à un legs pour une école et à un prêt de la Fondation pour la Réussite scolaire de Lyon pour l'autre. Lors de cette installation, un parcours de la méthode et une démonstration de son fonctionnement avaient été réalisés avec chacune des deux institutrices. Chaque élève du groupe Logiciel utilisait une disquette nominative pour accéder au logiciel et ainsi recommencer en début de séance à la séquence où il en était resté. A l'issue de la séance, les disquettes étaient récupérées par l'institutrice. L'élève n'accédait pas au fichier de ses résultats détaillés. La seule indication relative à son score lui était fournie à la fois par la conquête de la clé à la fin de chaque étape regroupant un ensemble de séquences (cf. le scénario didactique), et de façon plus analytique par la proposition de deux diagrammes supplémentaires en cas d'erreurs dans la séquence.

42 - Evaluation

Au cours de la dernière séance d'évaluation, les diverses remarques suivantes ont été faites :

–
l'environnement multimédia était bien accueilli par les élèves tout comme le récit rythmé par les affrontements avec les personnages, mais la conquête des clés était à l'origine d'une compétition entre les élèves, « j'ai déjà deux clés... moi j'en ai trois... », préjudiciable pour certains à la réalisation attentive de chaque séquence qui préféraient aller de l'avant pour gagner au plus tôt une nouvelle clé.

–
l'apparition inopinée d'exercices non-échiqués en cours de méthode a dérouté certains sujets qui interrogeaient leur maîtresse aussitôt. Celle-ci ne pouvait faire de recommandation générale précise puisque chaque élève allant à son propre rythme les exercices intervenaient à des séances différentes,

–
les disparités dans le rythme personnel d'avancement sont vite apparues, certains sujets ayant terminé près d'un mois avant les autres ; un élève avait pris le parti semble-t-il de survoler la méthode et avait fini à la mi-janvier, certes, avec un ensemble de résultats très inférieur à la moyenne,

–
les petites séquences de travail sur les fiches concepts placées durant l'attente du

passage en salle informatique ont été jugées utiles et animées ; le travail sur les synonymes a été plus aisé que celui sur les antonymes. L'une des institutrices, d'une semaine sur l'autre, organisait la recherche de photos concepts pour prolonger l'échange et affichait celles-ci,

–

des commentaires ont été faits sur les comportements en classe de certains élèves masculins qui parvenaient mieux à se concentrer,

–

plusieurs résultats d'élèves assez faibles au niveau scolaire ont surpris les instituteurs, notamment à l'épreuve d'imagerie.

Au même titre que leurs collègues des classes logiciels, les instituteurs des classes échecs témoins ont suivi avec intérêt l'expérience et regretté de n'avoir pas pu découvrir eux-mêmes le logiciel dans le but de mieux appréhender la question du transfert au coeur de l'expérience dont ils percevaient l'enjeu sans avoir les moyens ni le temps de prendre en compte suffisamment cette dimension.

43 - Données relatives aux résultats des exercices intégrés dans le logiciel

Deux remarques préalables doivent être faites avant la présentation des données relatives aux résultats des exercices intégrés dans le logiciel, ayant trait d'une part au déroulement de l'expérience, d'autre part à la valeur des résultats présentés ci-après.

1 - Le déroulement de l'expérience

On rappellera tout d'abord que les élèves étaient en complète autonomie dans leur cheminement à l'intérieur du logiciel, chacun allant à la vitesse qu'il voulait. Les instituteurs présents lors de ces séances n'intervenaient pas dans le rythme suivi par chaque sujet, et aucun contrôle des scores obtenus à chaque séquence ou à un exercice transfert n'était exercé à l'issue des séances. Certes les disquettes individuelles étaient remises en fin de séance au maître qui aurait pu les consulter afin d'examiner les résultats de chacun. Mais cette possibilité n'avait pas été inscrite comme une opération nécessaire dans le suivi de l'expérience et, à notre connaissance, elle n'a pas été mise en oeuvre. Ceci explique que les élèves ont terminé le logiciel à des moments différents, l'écart étant important : cinq semaines ont séparé le premier et le dernier élève ayant terminé la méthode.

Ce choix initial de notre plan expérimental était discutable et a fait l'objet d'un échange, en fin d'expérience, dont la conclusion est qu'une série de contrôles d'étapes toutes les cinq ou six séances eut été utile et aurait permis de réguler le cheminement personnel des élèves dans le logiciel. Les instituteurs ont constaté globalement que les élèves qui ont tenu un rythme mesuré sans le souci d'aller trop vite ont obtenu des résultats aux séquences d'échecs plus réguliers et en moyenne plus élevés. Le fait que certains annonçaient à leurs camarades qu'ils avaient gagné une clé et passaient à une

étape suivante a conduit à une compétition implicite, ou délibérée chez certains, des élèves privilégiant l'avancée dans la méthode au détriment en partie d'une concentration suffisante. Certes, il ne s'agit là que d'une observation générale, aucun calcul de corrélation n'ayant été fait entre le fait d'aller vite et le niveau moyen des scores obtenus. Un tel calcul n'entraîne pas, *ab initio*, dans notre plan expérimental puisque nous avons choisi de laisser l'élève diriger son travail et non pas de l'encadrer. Nous pensons que la comparaison entre les deux possibilités de déroulement du logiciel – totale autonomie vs encadrement semi-directif – constitue en soi un autre objet expérimental, traitant, celui-ci, des modes d'intervention pédagogique selon les environnements d'apprentissage.

2 - la valeur des résultats présentés ci-après

Il faut toutefois tirer de ce mode de déroulement de la méthode une conséquence non négligeable : **la stratégie retenue de totale autonomie rend difficilement comparables les conditions de passation et les résultats des exercices transfert par rapport aux expériences de notre premier plan expérimental.** Dans ce dernier cadre, en effet, les sujets étaient réunis pour une séance spécifique au cours de laquelle le but de l'expérience était expliqué par l'intervenant et l'instituteur, et il leur était demandé sur le court moment de l'exercice de se concentrer et de réaliser le mieux qu'ils pouvaient celui-ci. Par contraste, les exercices transfert intégrés au logiciel étaient réalisés à des moments différents, selon l'avancement relatif de chacun, sans qu'il ne puisse être donné d'indication particulière par l'instituteur. Tout au long de l'année, dans la salle informatique, les élèves ne se voyaient pas proposer de casque aux fins d'isolement des bruits alentour, ce qui est une deuxième différence de condition de passation. Ce point pouvait avoir des conséquences dans l'hypothèse, survenue au dire des instituteurs, où un sujet qui avait commencé l'exercice transfert peu de temps avant la fin de la séance, entendait ses camarades se préparer à sortir avec une montée du bruit ambiant autour de lui tandis qu'il terminait l'épreuve.

Chapitre 13 Résultats aux séquences échecs et aux exercices transfert

L'analyse des résultats obtenus au cours de séquences échiquiennes n'est pas l'objet premier de notre plan expérimental. Nous ne présenterons donc que succinctement ceux-ci nous limitant à relever ceux qui nous paraissent les plus significatifs du point de vue des rapports entre pratique des échecs et développement cognitif d'élèves de CM2. Notre approche n'étant pas différentielle nous n'avons pas recherché à affiner certaines analyses selon les âges ni selon les niveaux scolaires constatés. Nous nous sommes limités pour certaines données à une étude de l'effet du genre, celui-ci pour diverses opérations mentales faisant l'objet en psychologie cognitive d'une littérature fournie. Les données relatives aux exercices transfert seront, elles, analysées de manière plus approfondie, dans le cadre toutefois de la remarque générale précitée au point 43-2.

1 - Résultats des séquences échecs.

La Figure 90 présente le taux de réponses correctes aux diagrammes de mats soumis à chaque séquence. Ceci concerne 35 séquences sur les 36, la séquence 8 n'ayant pas porté sur des résolutions de mats mais sur l'explication et l'illustration du contrôle des cases. Le tableau 32 précise le thème traité pour chacune des séquences ; par rapprochement il est ainsi possible de faire quelques brefs commentaires sans souci d'analyse exhaustive.

Le taux moyen de résolution sur l'ensemble des séquences s'établit à 55.2%. Ce taux ne connaît pas d'évolution spécifique entre le début et la fin du logiciel, ce qui est normal compte tenu du fait que chaque séquence voyait abordé un nouveau concept. Parmi les scores des séquences quelques-uns tranchent sur la courbe : ceux relatifs aux séquences 11, 19 et 23 pour les plus faibles ; aux séquences 10, 17 et 22 pour les plus élevés. Préférant privilégier une explication liée à la nature de la séquence nous n'avons pas recherché si les séquences considérées correspondaient à des dates particulières de la scolarité, notre hypothèse est que cela est peu probable du fait de la passation de ces séquences à des moments différents selon le rythme des élèves.

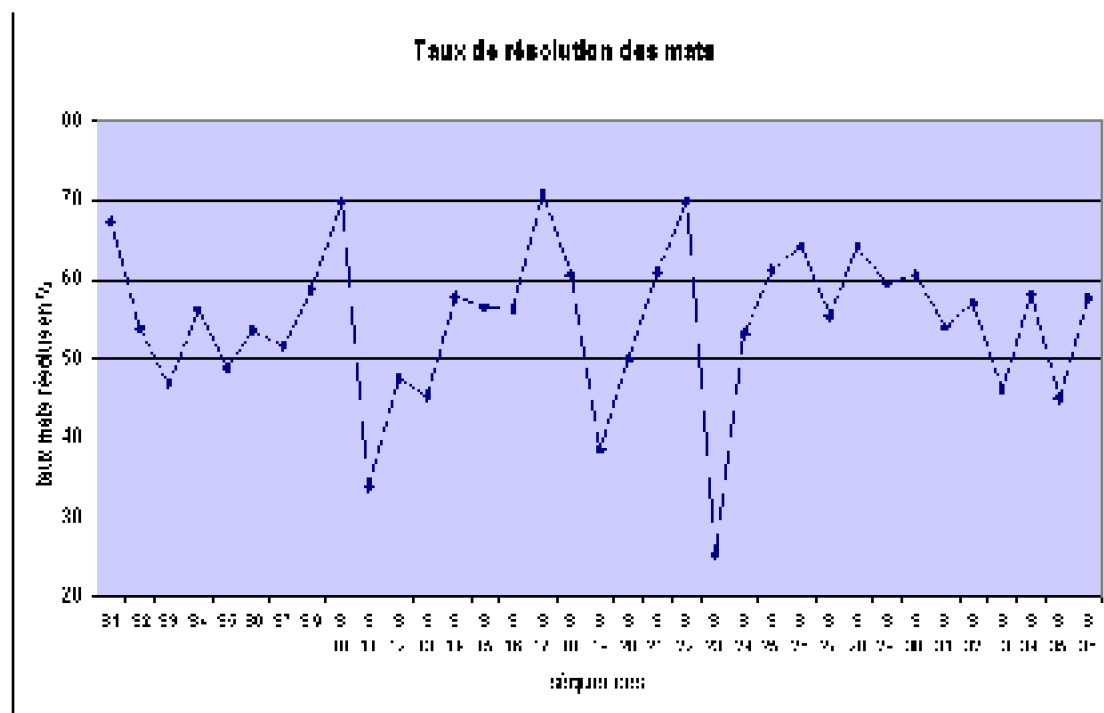


Figure 87 : Résolution des mats sur l'ensemble des séquences du logiciel.

Tableau 31: Liste des séquences échiquiennes du didacticiel.

Séquence	Thème	Séquence	Thème
S1	Déplacement des pièces	S19	Puissance, les risques
S2	Mats simples	S20	La case d'attaque
S3	Protection de la pièce qui mate	S21	Eviction d'un défenseur
S4	Protection de la pièce	S22	Eviction d'un défenseur, choix de case
S5	Case de fuite	S23	Mats en 1
S6	Potentiels et questionnement	S24	Mise en jeu de la pièce qui mate
S7	Choix de la pièce ou du coup	S25	La bonne défense
S8	Cases contrôlées	S26	Eviction d'un défenseur, case d'attaque
S9	Interception	S27	Eviction d'un pion de la garde du roi
S10	Interposition	S28	Le sacrifice de dame pour mater
S11	Promotion	S29	Mats latéraux
S12	Prise, Interposition, Fuite	S30	Axes de symétries
S13	Clouage	S31	Sacrifice de dame et réseau
S14	Clouage, Interposition, Fuite	S32	L'attaque avec 2 fous
S15	Echec à la découverte	S33	L'attaque avec 2 cavaliers
S16	Mats en 1 combinant 2 pièces	S34	But et sous-but
S17	Combinaison de 2 pièces	S35	Case d'attaque et éviction
S18	Puissance	S36	Echec à la découverte et échec double

La **séquence 11**, pour laquelle le taux de résolution tombe à 34%, traitait de la **promotion du pion**. On appelle promotion le fait pour le pion parvenu en huitième rangée (pour les Blancs) ou en première rangée (pour les Noirs), dans le camp adverse donc, de pouvoir se changer en une pièce au choix du joueur. Ce choix laissé permet de calculer en quelle pièce changer le pion pour augmenter les chances de trouver un réseau de mat grâce à cette nouvelle pièce. Le joueur doit en conséquence calculer les diverses possibilités et imaginer le devenir de son pion à l'avance. Les mats à trouver en utilisant le pion promu nécessitent une opération supplémentaire dans l'imagerie mentale de la

combinaison de coups - la transformation de la pièce, et le choix de la pièce la plus efficace au regard du but qu'est la création du réseau de mat -. Ils ont été de toute évidence ressentis comme plus complexes par les élèves. On doit s'interroger, au vu de ce faible taux de résolution, sur le moment où un tel concept de promotion doit être placé dans la méthode. Par la surcharge de la mémoire de travail qu'ils génèrent, les mats incluant le choix de la bonne pièce en remplacement du pion promu représentent une charge cognitive assez lourde, peut-être trop lourde pour être intégrée après seulement deux mois et demi ou trois mois de logiciel. Cette séquence trouverait sans doute mieux sa place dans la deuxième partie de la méthode, lorsque l'automatisation du mode de questionnement de l'espace-problème a allégé sensiblement la mémoire de travail, la rendant disponible pour la prise en charge d'une opération mentale supplémentaire.

Si l'on examine les taux de résolution de cette séquence 11 selon le genre, on s'aperçoit que la tâche a été mieux traitée par les garçons que par les filles, 40% vs 25%.

La **séquence 23** était une séquence d'évaluation consistant en une variété de **dix diagrammes de mats** ne traitant pas tous du même thème mais conçus en rapport avec l'ensemble des thèmes abordés à ce stade du logiciel. On n'était donc plus dans le traitement d'une résolution par analogie avec la résolution d'un problème source à l'intérieur d'une séquence. De plus, aucune consigne particulière n'était donnée pour alerter sur la nature particulière de la séquence, peut-être à tort au demeurant. Le taux de résolution sur l'ensemble de dix mats tombe à 25,3%, soit un mat sur quatre trouvé, avec un avantage sensible en faveur des filles, 30,7% vs 21,1%.

Pour trois séquences, les taux de résolution approchent ou dépassent les 70% ; il s'agit des séquences 10, 17 et 22.

La séquence **10**, taux de résolution à 69,8%, traite de **l'interposition**. Interposer, c'est déplacer une pièce pour la placer entre la pièce de l'adversaire qui fait échec et son Roi. Il ne s'agit pas d'un concept difficile et le seul examen de ses propres pièces permet d'identifier quelle pièce peut venir à l'aide de son Roi. Filles et garçons affichent un score peu différent : 66.3% pour les filles et 71.4% pour les garçons.

La séquence **17**, pour laquelle le taux de résolution est de 71%, correspond au thème de **l'action combinée de deux pièces**. Il s'agit d'une base de l'apprentissage et les situations proposées dans le logiciel étaient simples, c'est-à-dire à deux coups, et faciles à voir, sans qu'il fût besoin de calculer un coup intermédiaire pour mettre en jeu cette combinaison. Là encore filles et garçons affichent un score peu différent : 74% pour les filles et 69,1% pour les garçons.

La séquence **22** (taux de résolution de 70,1%) abordait le thème de **l'éviction du défenseur** du Roi, en suite de la séquence 21, en fonction du choix de la case d'attaque. Il s'agissait d'une consolidation des séquences 20 et 21 ayant traité de la case d'attaque et de l'éviction d'un défenseur. Les scores entre filles et garçons sont identiques (70,8% et 69,6%) .

La **séquence 19**, pour laquelle le taux de résolution tombe à 38,6%, abordait le **calcul de la puissance** nécessaire pour entrer dans une série d'échanges de pièces devant conduire au mat. La difficulté consiste à bien compter combien de pièces défendent une case d'attaque et à comparer ce nombre avec le nombre de pièces que

l'attaquant peut lui-même mobiliser. Ce calcul représente une charge importante pour la mémoire de travail puisque doit être pris en compte la combinaison sur plusieurs coups d'un grand nombre de pièces des deux camps, entre six et dix. Ce travail suppose de plus une grande rigueur dans l'investigation du mouvement des pièces de l'adversaire, afin de ne pas risquer d'oublier une pièce lors du calcul de la puissance relative des deux camps, par exemple une pièce pouvant s'interposer alors que celle-ci n'a pas été décomptée au titre des pièces défendant la case d'attaque. Comme pour la séquence 11, on peut se demander si ce concept est bien à sa place à ce moment de la méthode ou bien s'il ne devrait pas être reculé, en dissociant le calcul de la puissance nécessaire impliquant deux pièces de chaque camp, des cas où le nombre de pièces est plus élevé.

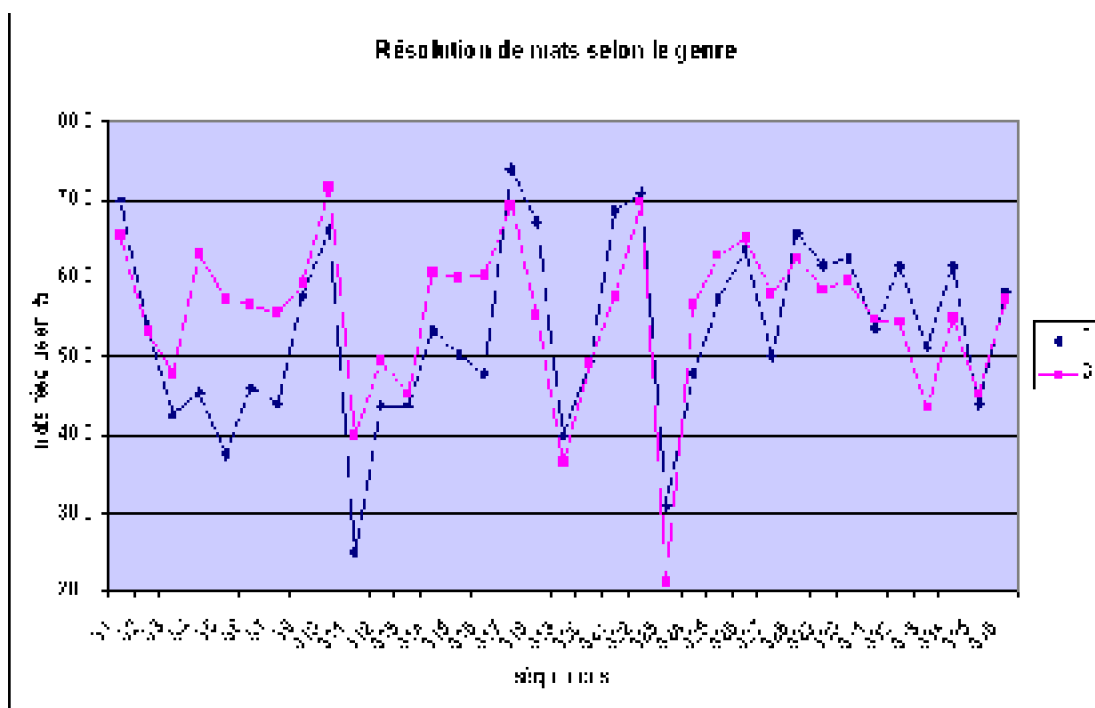


Figure 88 : Résolution des mats sur l'ensemble des séquences du logiciel selon le Genre.

Pour cette séquence l'analyse selon le genre donne un avantage aux filles, 68.6% vs 57.6%, comme l'illustre la Figure 91. Si l'on examine la courbe d'ensemble on relève que les garçons semblent obtenir un meilleur taux sur la première moitié de la méthode, alors qu'à partir de la séquence 16 les filles sont plus régulièrement à un niveau supérieur.

2 - Résultats des exercices transfert

21 - Résultats des exercices de rappel

Les deux premiers exercices de rappel, qui ne comportent pourtant que 4 et 8 pièces, affichent des scores faibles : 2,6 et 2,7 pièces rappelées seulement. Ceci est dû au fait que plusieurs sujets n'ont pas effectué la tâche au premier essai, sans doute par insuffisante explication ou mauvaise compréhension du but de l'exercice, et peut-être également du fait qu'ils étaient seuls à piloter leur travail. Comme cela apparaît sur la figure 92, lors des exercices suivants, la tâche étant mieux assimilée, le score augmente. Jamais, toutefois, au 1er essai, les sujets n'ont dépassé le nombre de 7 pièces rappelées.

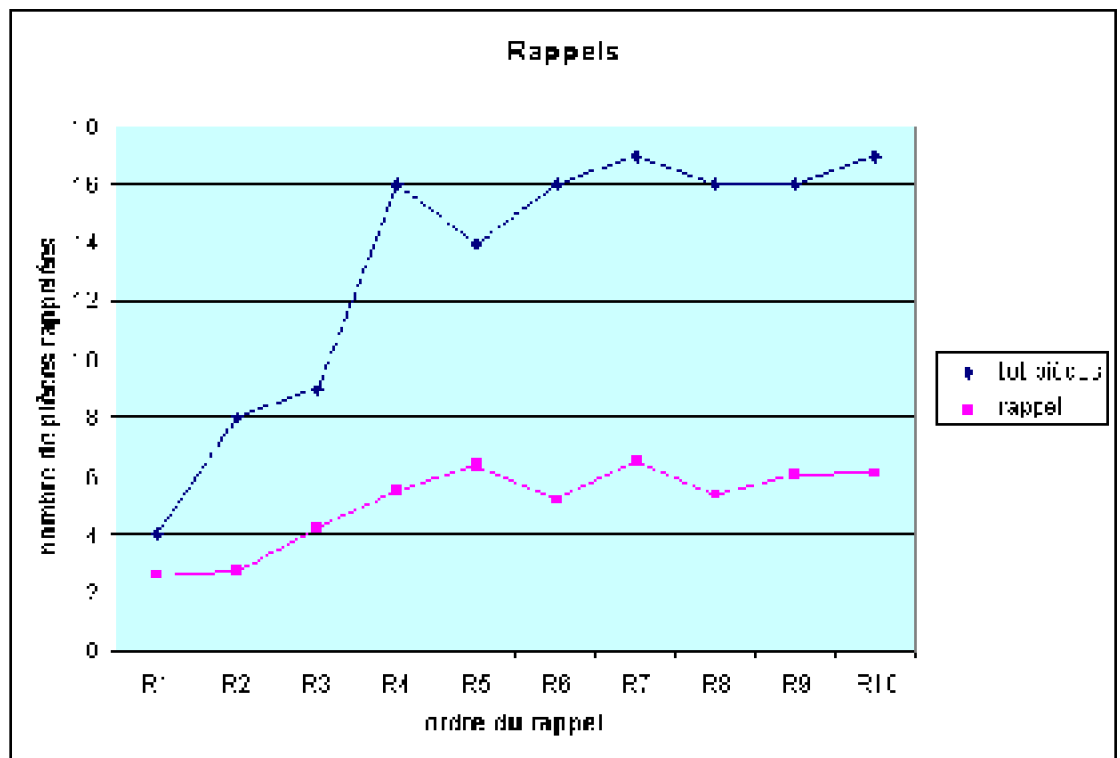


Figure 89 : Scores aux 1ers essais des dix rappels proposés durant la méthode.

Nous devons mentionner toutefois la difficulté de la tâche s'agissant de rappel absolu et non relatif de pièces. Il fallait en effet encoder puis récupérer quatre caractéristiques : nature de la pièce (Fou ou pion...), couleur de celle-ci (noire ou blanche) et case sous ses deux coordonnées (rangée et colonne).

Nous avons rapproché ces résultats de ceux de notre expérience 3. Certes, les deux designs expérimentaux n'étaient pas semblables : les stimuli utilisés étaient différents -pièces d'échecs vs ronds et carrés (pour l'expérience 3) ; les conditions de passation

également -exercice inclus dans une séquence vs exercice exclusif (pour l'expérience 3)-. Ce rapprochement ne peut donner en conséquence qu'une indication générale. Pour cette comparaison, nous avons calculé la moyenne sur les rappels 4 à 10 en neutralisant les trois premiers rappels dont le nombre de pièces à rappeler était trop faible.

Le score moyen au 1er essai, comparé à celui équivalent aux cinq rappels de Positions des sujets CM2 joueurs de notre expérience 3, est inférieur : **5.9** pièces rappelées en moyenne par rapport à **6.3** objets rappelés par les CM2 joueurs de l'expérience 3. Si l'on compare aux sujets non-joueurs de cette expérience 3, en revanche, le score est supérieur : **5.9** contre 5.6, soit +5%. Rappelons que les sujets CM2 joueurs avaient 2 années de pratique échiquéenne, alors que les élèves ayant suivi le didacticiel ont effectué ces rappels après seulement quelques semaines d'apprentissage.

Si l'on examine la variable Genre, on s'aperçoit que les filles réalisent un score sensiblement équivalent à celui des garçons : 39.2% de taux de rappel au 1er essai contre 41.5% (- 5.8 %), soit 4.9 pièces rappelées pour les filles contre 5.2 pour les garçons (cf. figure 93).

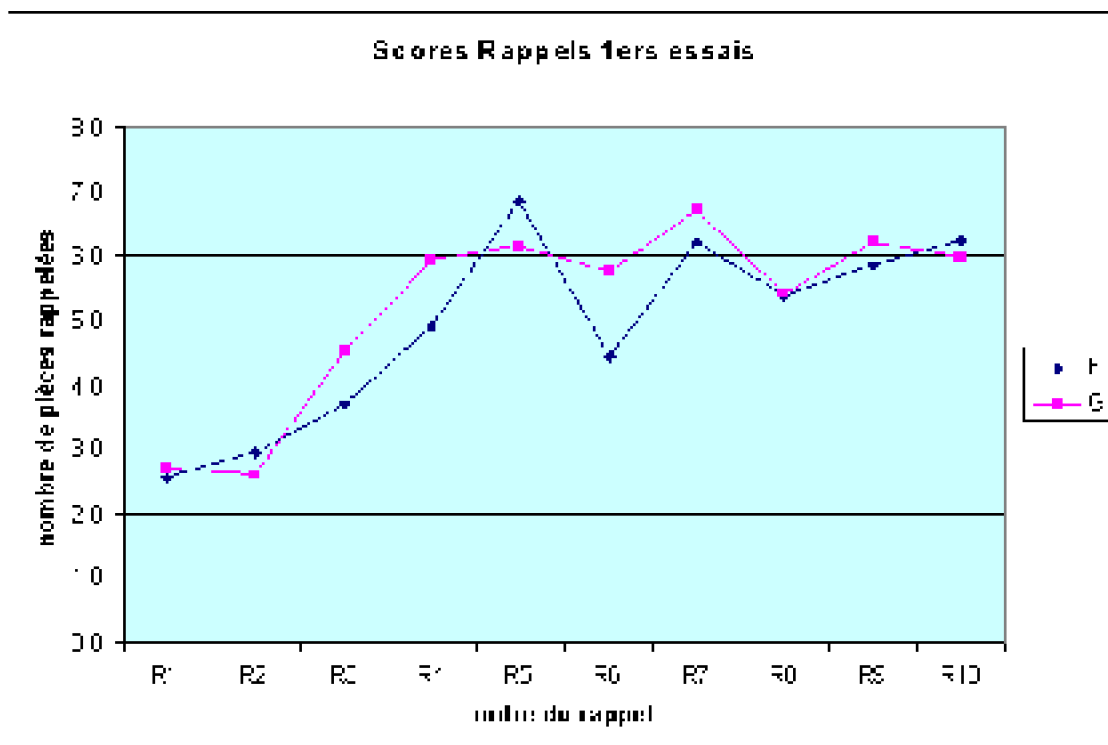


Figure 90 : Scores aux dix rappels selon le Genre.

22 - Résultats aux Tours de Hanoï

Nous avons examiné les résultats des scores globaux au seul premier essai, afin de neutraliser l'effet apprentissage dans la tâche, et nous avons comparé ces scores globaux à ceux des élèves de CM2 ayant deux années de pratique échiquéenne et des sujets non-joueurs de notre expérience 3. Rappelons que les variables dépendantes étaient : la résolution ou non du problème, le nombre de coups joués, le temps pris dans le cas où le sujet trouve avant l'écoulement des 2 minutes disponibles, le nombre d'infractions aux règles à respecter dans le déplacement et le placement des disques, et la nature du 1er coup joué pour l'exercice 1 marquant la levée ou non du conflit but/sous-but. Puis nous avons analysé les scores de levée du conflit au premier exercice afin de voir s'il y avait un effet de l'apprentissage par la méthode transfert comparativement à la méthode classique.

1- Score global.

La comparaison entre les deux groupes de sujets est présentée dans les deux tableaux ci-dessous.

a- Comparaison entre élèves Logiciel méthode transfert et élèves joueurs expérience 3

Les scores globaux sont cohérents entre les deux exercices. Les sujets du groupe Logiciel Méthode transfert ont un score inférieur à celui des élèves de l'expérience 3 au 1er exercice à 3 disques : - 6%. Il en est de même au deuxième exercice à 5 disques : moins 15.6%. Ceci est lié au fait que les sujets de l'expérience 3 avaient deux années de pratique. L'écart plus important à l'exercice à 5 disques s'explique par la nature de celui-ci, puisque dans la version à 5 disques seule compte la planification des coups, cette dernière étant naturellement plus performante chez des sujets plus expérimentés.

Tableau 32 : Hanoi, comparaison des scores aux 1ers essais entre sujets joueurs expé 3 et sujets Méthode-transfert.

	Sujets CM2 joueurs expé 3		Sujets méthode-transfert	
	Exo 1 3D	Exo 2 5D	Exo 1 3D	Exo 2 5D
Indice de résolution	1,93	2,11	1,86	1,94
Indice d'efficacité	0,56	0,68	0,53	0,66
Indice Temps de résolution	1,45	1,50	1,52	1,42
score global	1573	2152	1481	1818

b- Comparaison entre élèves joueurs Logiciel méthode transfert et élèves non-joueurs expérience 3.

Les scores globaux des élèves ayant suivi le logiciel sont supérieurs à ceux des élèves non-joueurs de l'expérience aux deux exercices : 1481 contre 1186, soit + 25%, au 3D, et 1818 contre 1421 au 5D, soit +31%.

Tableau 33 : Hanoi, comparaison des scores aux 1ers essais entre sujets non-joueurs expé 3 et sujets Méthode-transfert.

	Sujets CM2 non-joueurs expé 3		Sujets méthode-transfert	
	Exo 1 3D	Exo 2 5D	Exo 1 3D	Exo 2 5D
Indice de résolution	1,58	1,79	1,86	1,94
Indice d'efficacité	0,59	0,62	0,53	0,66
Indice Temps de résolution	1,27	1,28	1,52	1,42
score global	1186	1421	1481	1818

Ceci atteste de l'effet rapide de la pratique dans la résolution du problème grâce à une meilleure planification des coups, laquelle conduit à un indice de résolution et à un indice d'efficacité plus élevés, 1.86 vs 1.58.

Rappel des modes de calcul des scores

- Indice de résolution : résolution parfaite, 3, résolution simple, 2, non-résolution 1
- Indice Temps de résolution : $Rac(1 / (TR\ réel/120sec))$
- Indice d'efficacité = $nb\ coups\ optimum / (nb\ coups\ joués + nb\ infractions)$
- (score global = indice d'efficacité x Indice Temps x Indice de résolution x 1000)

2- Score de levée du conflit but/sous-but.

Le score de levée du conflit entre but et sous-but au premier coup témoigne, rappelons-le, de la capacité à inhiber le coup intuitif mais faux d'appariement au but – déplacer le petit disque sur la tige du milieu afin de laisser libre la tige de droite sur laquelle les trois disques doivent être amenés pour atteindre le but-.

Le tableau 35 montre que plus d'un élève sur deux du groupe Logiciel lève le conflit et joue un premier coup correct sur la tige de droite pour ensuite, une fois le disque moyen placé sur la tige du milieu, ramener le petit disque de la tige de droite à celle du milieu. Cette performance est supérieure à celle des deux groupes joueurs et non-joueurs des CM2 de l'expérience 3.

Tableau 34 : Hanoi, comparaison des scores levée du conflit entre sujets expé 3 et sujets Méthode-transfert.

Joueurs logiciel	Non-joueurs expé 3	Joueurs expé 3
0,53	0,25	0,41

On relève que ce score est le double de celui des non-joueurs et qu'il est également sensiblement supérieur (+ 29%) à celui des élèves joueurs.

Ceci appelle deux commentaires :

Il semble que **le mode de questionnement**, caractéristique du logiciel pour la recherche du mat et pour la découverte de la réponse, ait une **transférabilité manifeste et importante**. Les sujets du groupe Logiciel ont pour la moitié d'entre eux accepté l'idée de déplacer le petit disque sur la tige de droite pour ensuite revenir en arrière, et ceci ne leur a pas paru contre-intuitif. Plus que la différence entre joueurs du groupe Logiciel méthode transfert et des non-joueurs de l'expé 3, c'est la différence de score entre joueurs qui est à interpréter. Comment expliquer que les CM2 ayant deux années de pratique échiquéenne, par ailleurs plus performants au score global, parviennent moins bien à lever ce conflit entre but/sous-but ? Au plan des connaissances spécifiques aux échecs, l'écart est considérable entre des sujets ayant

quatre mois d'apprentissage et deux années. Ce n'est donc pas sur ce terrain du savoir spécifique échiquéen que se situe l'explication. En revanche les sujets du groupe Logiciel après deux mois et demi de travail sur le logiciel **n'ont appris essentiellement qu'une chose : se poser des questions pour analyser l'espace-problème et rechercher la bonne réponse**. L'organisation des séquences jusqu'à la séquence 10, moment auquel intervient l'exercice Tours de Hanoï à trois disques, privilégie la défense du Roi et, pour cela, les quatre questions à se poser avant toute décision de jouer un coup : quelles cases sont libres autour du Roi, le Roi peut-il se déplacer sur l'une de ces cases, le Roi peut-il fuir s'il est mis en échec, le Roi peut-il faire intercepter ou prendre la pièce lui donnant échec par l'une des pièces de son camp. On peut avancer que la différence entre les deux groupes de joueurs tient à cette acquisition d'un mode de questionnement.

Cette interprétation emporte une **conséquence majeure**, en ce qu'elle apporte la preuve que **l'intervention au plan métacognitif** s'appuyant sur un corpus spécifique est **efficace dès le début de l'apprentissage d'un savoir**, c'est-à-dire dès les premiers apports de notions et concepts. On peut poursuivre dans cette ligne de raisonnement et affirmer que devant l'inconnue d'un nouveau domaine de savoir, la stratégie didactique qui consiste à apporter un mode de questionnement plus encore que d'apports de seuls éléments de contenu est probablement plus fructueuse et rassurante pour le sujet apprenant. Il faut commencer par ce qui apparaît à *priori* le plus complexe mais constitue en fait une situation-problème riche d'interrogations.

L'analyse de ce score de levée du conflit à chacun des trois essais donne une indication sur la persistance du conflit chez le sujet et sur la capacité, après analyse de son résultat à un premier essai non satisfaisant, à inhiber cet appariement perceptif au but qui conduit à l'erreur. Cette analyse des trois essais permet également de prendre en compte le fait du hasard (il y a statistiquement une chance sur deux de choisir ce coup) qui a pu voir un sujet faire le choix du bon 1er coup au premier essai sans que ceci soit l'effet, fût-ce inconsciemment, d'une levée du conflit. De ce point de vue, le fait que certains sujets à leur deuxième essai changent leur 1er coup correct au profit d'un coup incorrect peut signifier que la levée du conflit était plus le fait du hasard qu'un choix délibéré. A cet égard, la persistance de l'erreur sur le 1er coup au 3ème essai est sans doute l'indicateur le plus significatif de l'incapacité à inhiber cet appariement au but incompatible avec le sous-but nécessaire à la résolution, et c'est sans doute à ce niveau que la comparaison est la plus significative.

Tableau 35 : Hanoï, comparaison des scores levée du conflit aux trois essais entre sujets expé 3 et sujets Méthode-transfert.

Joueurs logiciel	Non-joueurs expé 3	Joueurs expé 3
essai 1 0,53	0,37	0,33
essai 2 0,54	0,16	0,44
essai 3 0,59	0,21	0,44

Le tableau 36 présente les scores des trois groupes. On relèvera que le score du groupe Logiciel reste voisin de 0,5. Chez les sujets non-joueurs de l'expé 3 une partie des bons 1ers coups était due au hasard puisque au 2ème essai le score diminue sensiblement, certains sujets ayant changé leur 1er coup. A leur 3ème essai, ces sujets non-joueurs ne retrouvent pas leur score du 1er essai ; il y a tâtonnement dans la recherche d'une méthode de résolution et chez nombre de sujets persistance dans l'impossibilité de lever le conflit but/sous-but. Chez les joueurs de l'expérience 3, il y a progression entre le premier essai et les suivants, les scores restant inférieurs toutefois à ceux des élèves du groupe Logiciel méthode transfert.

3 – Analyse par genre.

Nous avons souhaité examiner les scores respectifs des filles et garçons afin de comparer les effets de la pratique d'une méthode transfert.

a- score global

Les résultats de l'expérience 3 ont montré que les garçons bénéficiaient plus de la pratique que les filles, puisque à l'égalité de score s'agissant des non-joueurs se substituait un avantage très net des garçons sous l'effet de la pratique (cf. tableaux 38 et 39). Ce constat est confirmé chez les sujets du groupe Logiciel : l'avantage est significatif dès le premier essai et perdure ensuite (cf. tableau 37).

Tableau 36 : Score global aux trois essais des sujets du groupe Logiciel selon le Genre.

	essai 1	essai 2	essai 3
Filles	1354	1739	2305
Garçons	1566	2208	2733

Rappelons que chez les CM2 non-joueurs de l'expérience 3, les filles faisaient légèrement mieux que les garçons dans cette tâche (cf. tableau 38).

Tableau 37 : Score global aux trois essais des sujets non-joueurs de l'expérience 3 selon le Genre.

	essai 1	essai 2	essai 3
Filles	1212	1129	2338
Garçons	1169	1176	2105

Tableau 38 : Score global aux trois essais des sujets joueurs de l'expérience 3 selon le genre.

	essai 1	essai 2	essai 3
Filles	1201	1680	2764
Garçons	1802	2921	2892

Cette comparaison croisée nous conduit à tirer deux conclusions.

D'une part, l'effet de deux années de pratique est très significatif et ce préférentiellement pour les garçons. D'autre part, en très peu de temps (deux mois et demi), l'effet de la pratique sur le logiciel joue.

b – score de levée du conflit

Les scores des filles et garçons, identiques au premier essai, évoluent ensuite de façon contrastée, les filles voyant leur score baisser au deuxième essai, ce qui signifie que certaines ont changé leur 1er coup, alors que le score des garçons augmente ; ceux-ci, puisqu'ils ne changent pas leur 1er coup, semblent avoir choisi ce coup de façon plus réfléchie.

Tableau 39 : Score de levée du conflit but/sous-but aux trois essais des sujets joueurs du groupe Logiciel selon le Genre.

	essai 1	essai 2	essai 3
Filles	0,53	0,38	0,56
Garçons	0,54	0,64	0,61

23- Résultats aux exercices 'Traitement des relations spatiales'

1- Analyse des taux d'exactitude et temps de réponse

On relève que pour les conditions 1 et 3 de faible distance entre les stimuli, les performances des sujets du groupe Logiciel sont inférieures à celles des deux groupes joueurs et témoins de l'expérience n°4. Pour les conditions 2 et 4 de distance élevée entre les stimuli, les sujets du groupe Logiciel font mieux que les élèves non-joueurs de l'expérience 4 mais moins bien que les joueurs notamment pour la condition 2 (Figure 94).

L'effet de la pratique sur le traitement des relations spatiales est donc confirmé et semble être précoce puisque les sujets du groupe Logiciel n'avaient que quelques mois d'apprentissage au moment de la réalisation de l'exercice.

Tableau 40 : Traitement relations spatiales selon conditions. Taux d'exactitude, comparaison sujets Logiciel et sujets CM2 de l'expérience 4, joueurs et non-joueurs.

Pratique	CM 2 expé n°4		CM2 Logiciel
	J	NJ	
Condition 1 H 3-D 30	80,4 %	73,6 %	65,9%
Condition 2 H 3-D300	74,8 %	54,5 %	65,6%
Condition 3 H 8-D 30	64,1 %	61,6 %	59,7%
Condition 4 H 8-D300	64,1 %	59,2 %	63%

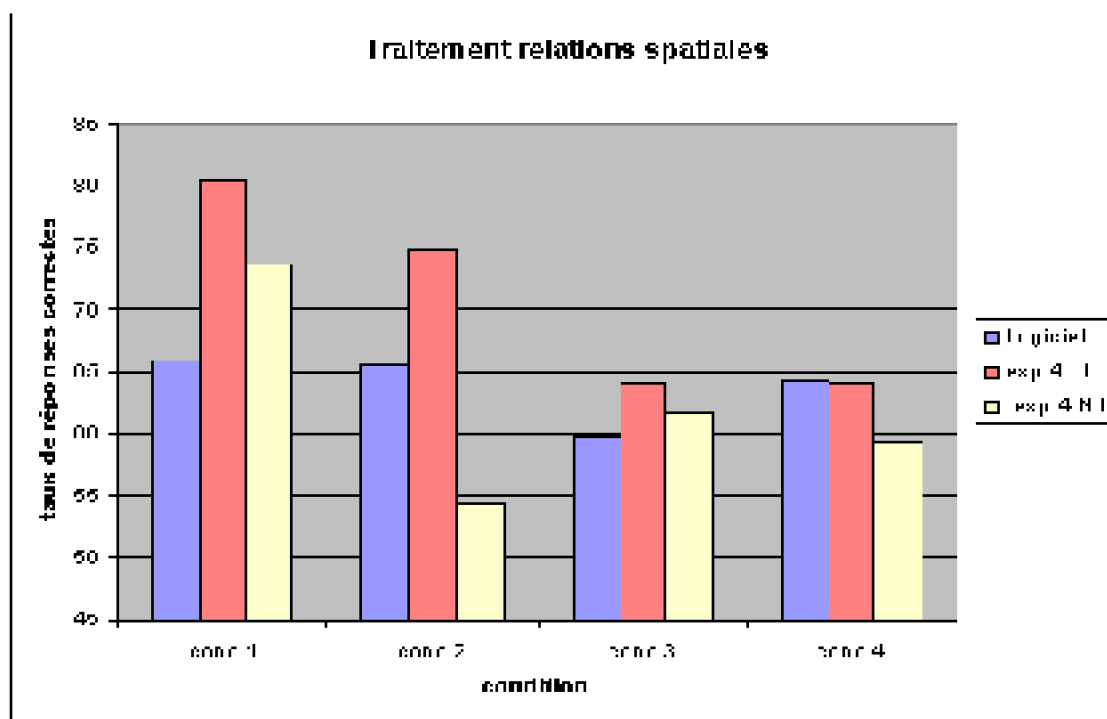


Figure 91 : Traitement relations spatiales selon conditions. Taux d'exactitude, comparaison sujets Logiciel et sujets CM2 de l'expérience 4.

La comparaison des temps de réponse confirme l'indication d'un traitement plus efficient des deux conditions les plus difficiles de distance (cond 2 et cond 4) par les sujets du groupe Logiciel. En revanche, on observe que sur les conditions les plus faciles de distance et de hauteur la performance est moindre par rapport aux sujets CM2 de l'expérience 4, qu'ils soient joueurs ou non-joueurs, ce qui peut s'interpréter à la fois comme un coût attentionnel supplémentaire, mais également comme une entrée dans l'exercice moins immédiate puisque les sujets commençaient par les conditions 1 et 3.

Tableau 41 : Traitement relations spatiales selon conditions. Temps de réponse (en ms).

	Logiciel	expé 4 J	expé 4 NJ
cond 1	1179	926	1095
cond 2	1037	1170	1150
cond 3	1100	1009	925
cond 4	1038	1025	1087

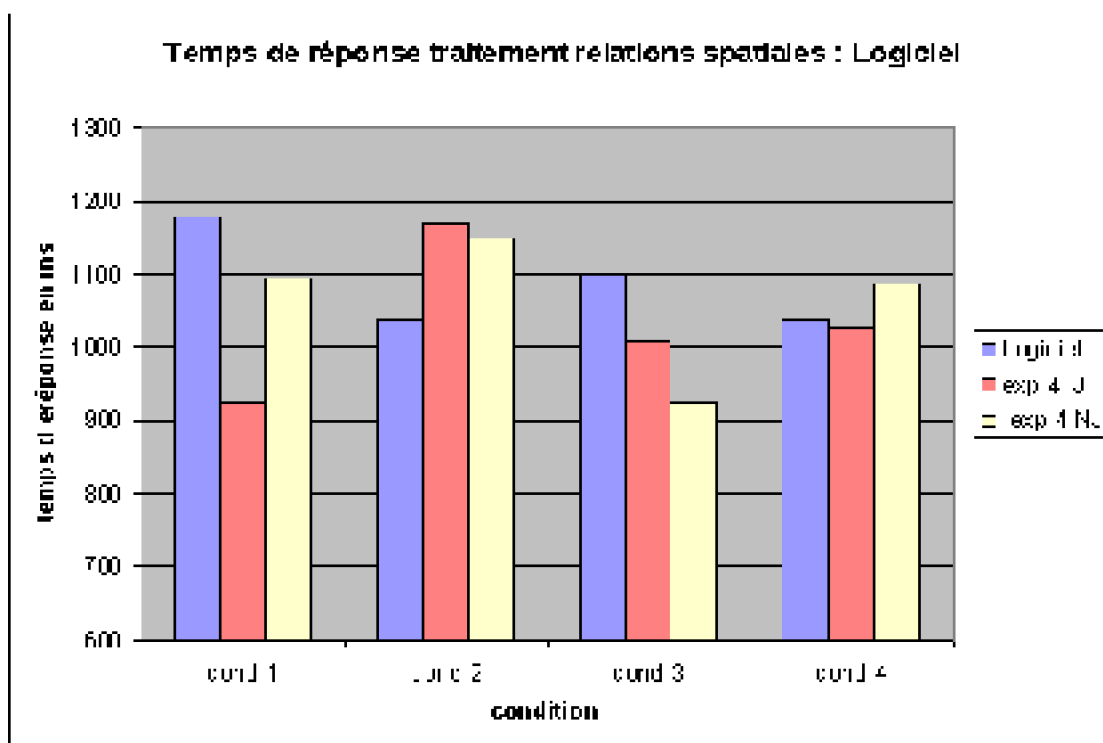


Figure 92 : Traitement relations spatiales selon conditions. Temps de réponse, comparaison sujets Logiciel et sujets CM2 de l'expérience 4.

2 – Analyse par genre

La figure 96 montre que les filles dans l'ensemble sont plus performantes que les garçons, à l'exception de la condition 4.

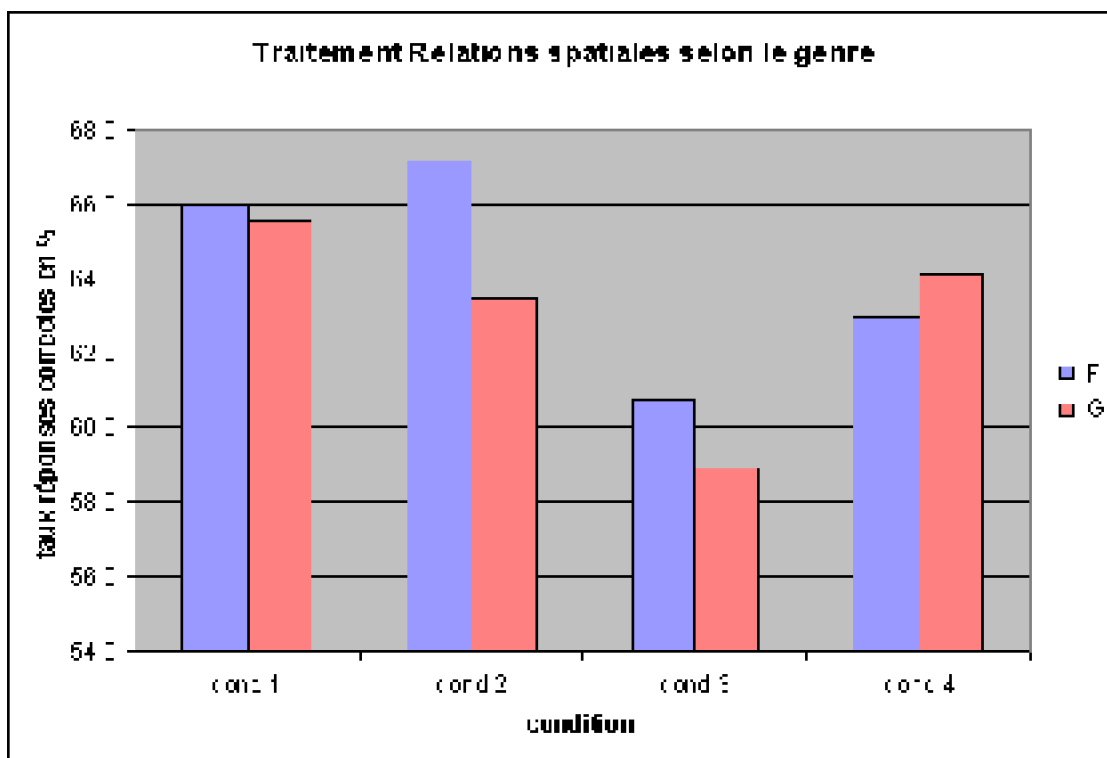


Figure 93 : Traitement relations spatiales selon conditions. Taux d'exactitude selon le Genre.

23 - Résultats aux exercices de mémorisation par reconnaissance.

1.

Le tableau 43 montre qu'entre les deux passations les sujets progressent : 63% de taux de reconnaissance à la grille 1 la plus facile, lors de l'exercice en début de méthode après la séquence 3 intervenue à la fin du mois d'octobre ; 70.4% après la séquence 29, en fin de méthode à la mi-mars. Les scores à la grille 2 à faible catégorisation des mots de la liste sont inférieurs : 57.9% et 61.6%, comme l'illustre la figure 100.

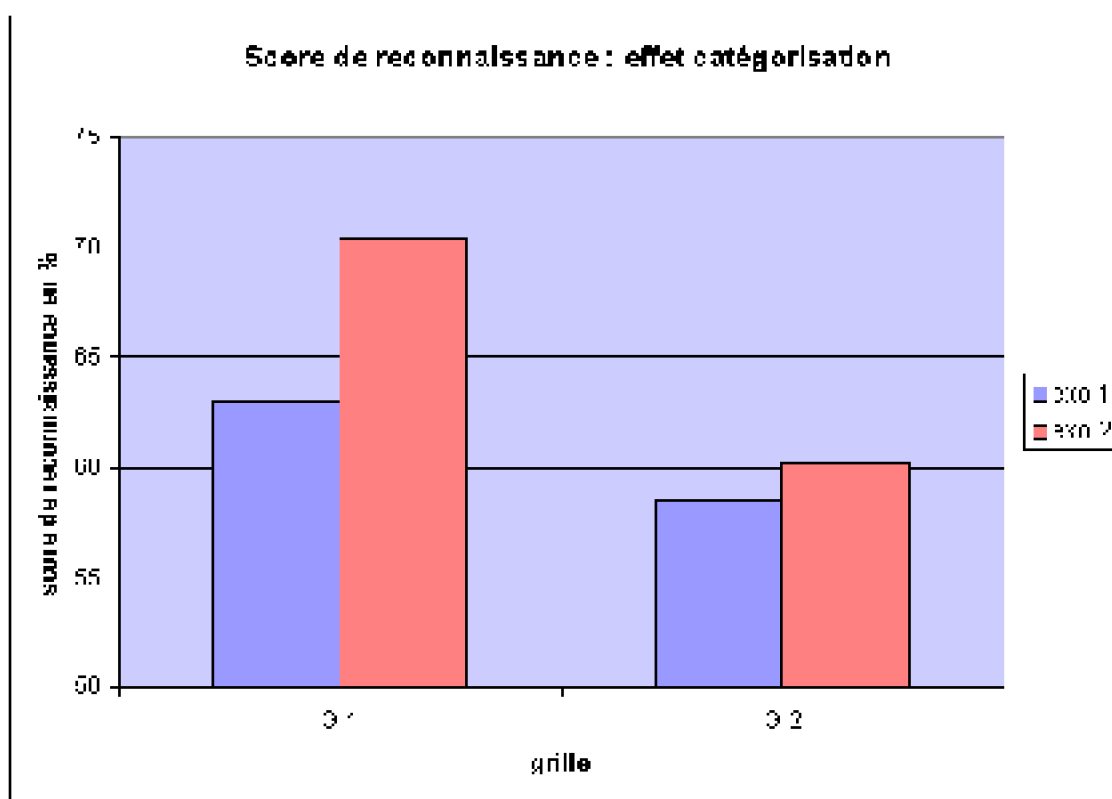


Figure 94 : Score de reconnaissance, grilles 1 et 2 aux deux exercices.

2.

Si l'on compare ces scores à ceux des élèves de l'expérience 2, nous constatons que les élèves joueurs ayant deux années de pratique obtiennent de meilleurs résultats : 72.9% à la grille 1 et 73.1% à la grille 2. En revanche, la comparaison entre les sujets de la méthode logiciel avec les élèves non-joueurs de l'expérience 2 fait apparaître un score égal à la deuxième passation mais inférieur pour le premier exercice. S'agissant de l'exercice 1 intervenu très tôt en début d'année scolaire, la différence n'est pas anormale compte tenu de la progression générale des élèves au plan scolaire entre début et fin d'année. La différence à la grille 2 pour l'exercice n°2 passé à mi-mars, c'est-à-dire un mois plus tôt seulement par rapport aux élèves de l'expérience 2, est difficilement explicable, et ce d'autant que le matériau utilisé était identique. Rappelons néanmoins que la passation de l'épreuve intervenait au cours du déroulement de la méthode, sans consigne ou recommandation particulière, ce qui rend difficilement comparables ces conditions de passation. Les sujets du groupe logiciel qui passaient l'épreuve entre deux séquences d'échecs n'étaient pas sensibilisés comme leurs camarades venus spécialement passer l'épreuve et le faisant sous le contrôle de leur instituteur et de l'expérimentateur.

Tableau 42 : Scores de reconnaissance, comparaison entre sujets Logiciel et sujets de l'expérience 2.

	CM2 Logiciel	CM2 Joueurs expé 2	CM2 non-joueurs expé 2
Grille 1	63% puis 70,4%	72,9%	70,1%
Grille 2	58,5% puis 60,2%	73,1%	68,8%

3 – Effet du genre.

Comme dans l'expérience 2, nous trouvons un effet du genre, les filles obtenant un meilleur score de reconnaissance à la grille 1, comme l'illustre la figure 101. Cet avantage s'accompagne d'une plus grande rapidité de réponse des filles : 62s vs 65s à l'exercice 1, et 63s vs 69s à l'exercice 2.

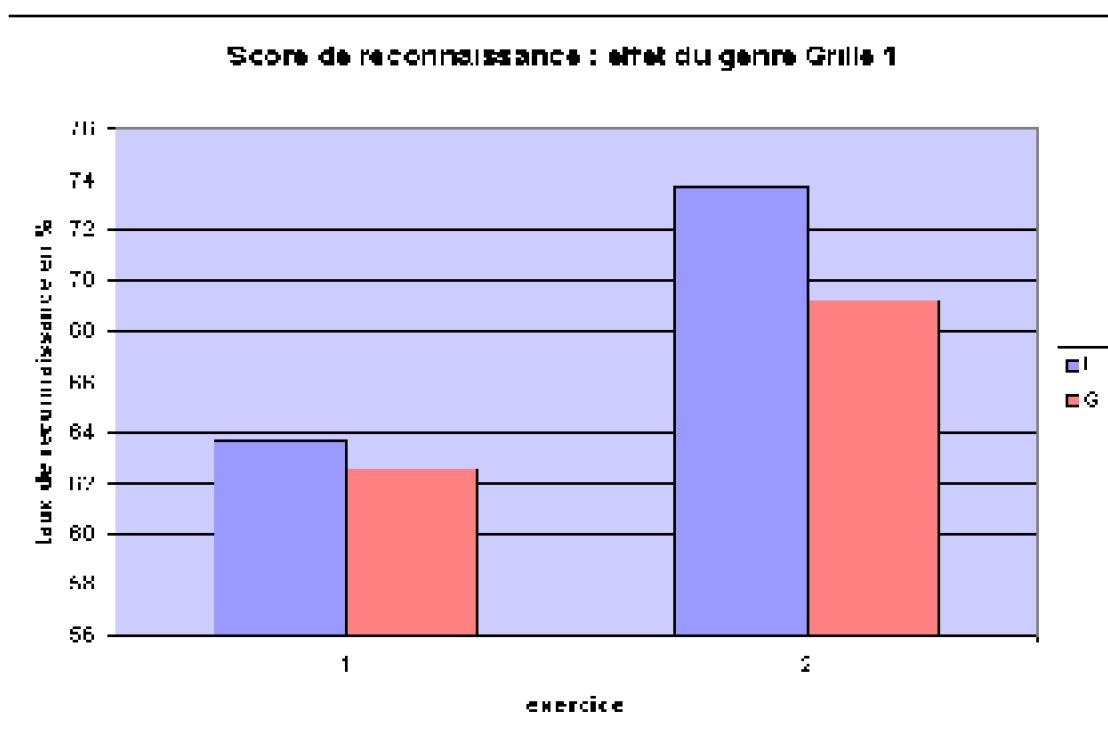


Figure 95 : Score de reconnaissance, grille 1 aux deux exercices. Effet du Genre.

L'effet du Genre disparaît à la grille 2, ce qui atteste de l'intervention de la catégorisation, tâche dans laquelle les filles semblent avoir plus de facilité en vue de la mémorisation, s'agissant de catégorisation dans le domaine du langage.

4 – Comparaison pour la variable dépendante Temps de reconnaissance

La comparaison avec les sujets de l'expérience 2 pour la variable dépendante Temps de reconnaissance fait apparaître un résultat très net en faveur des sujets du groupe Logiciel. Nous n'avons rapproché que l'exercice 2 réalisé en mars, sur une liste de mots identique à celle présentée aux sujets de l'expérience 2 rappelons-le.

On retrouve le même effet grille constaté en score de reconnaissance pour la variable temps de réponse.

Les mots de la grille 1 sont plus rapidement reconnus sur les planches de reconnaissance que les mots de la grille 2.

Les temps de réponse sont très sensiblement inférieurs chez les sujets du groupe Logiciel par rapport aux sujets joueurs ou non-joueurs de l'expérience 2 : 18 secondes de moins (-22%) pour la grille 1 entre sujets du groupe Logiciel et sujets joueurs de l'expé 2 ; 27 secondes de moins

(-29.6%) pour la grille 1 entre sujets du groupe Logiciel et sujets non-joueurs de l'expérience 2.

Les proportions restent semblables pour la grille 2, mais, pour celle-ci, le taux de reconnaissance des sujets Logiciel est moins élevé.

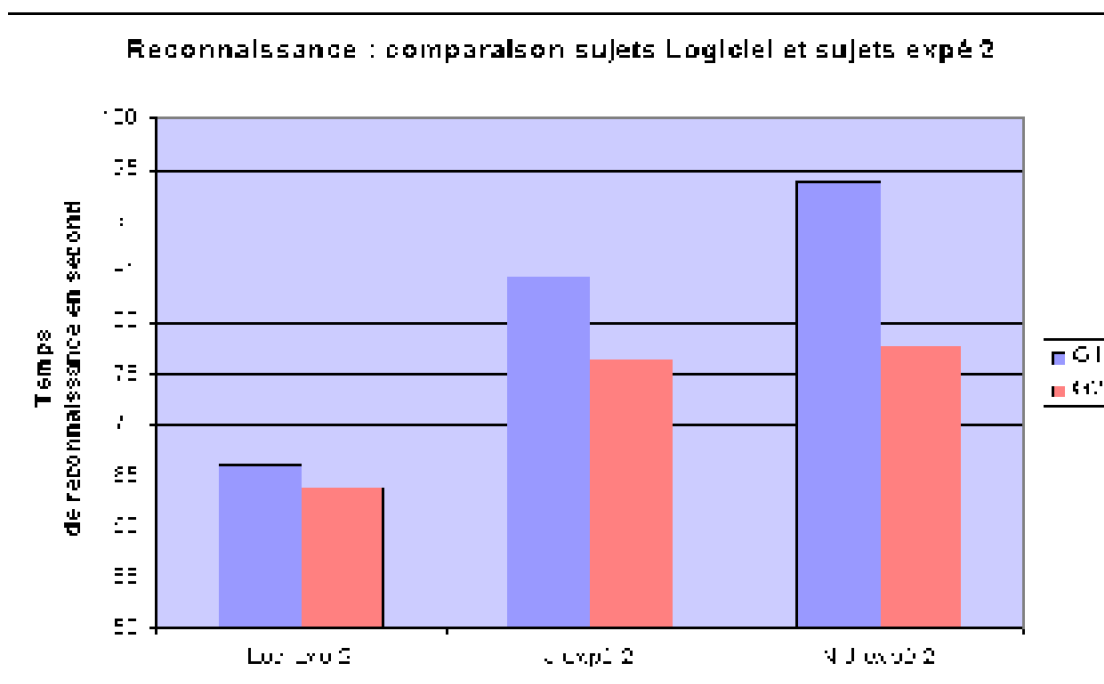


Figure 96 : Temps de reconnaissance. Comparaison entre sujets groupes Logiciel et expérience 2.

Il semble que les sujets du groupe Logiciel, qui pourtant obtiennent un score de reconnaissance semblable à celui des non-joueurs à la grille 1, répondent beaucoup plus rapidement. Si leur taux de reconnaissance était supérieur, la performance pourrait être liée à une plus grande efficacité dans la stratégie de catégorisation à l'origine d'une mémorisation plus élevée. Ceci n'est pas le cas, ce qui signifie que la cause se situe ailleurs.

Une première explication à un écart aussi significatif peut tenir à la capacité de traitement visuel des planches : les sujets balaieraient plus rapidement l'écran et identifieraient plus vite les mots appris. Un deuxième facteur pourrait être le moindre souci d'exhaustivité ou de persévération dans la recherche : après avoir reconnu des mots, les sujets passeraient à la planche suivante ne s'attardant pas dans le cas où un, voire deux des 5 mots d'une planche manqueraient. L'arbitrage entre probabilité de trouver le mot manquant et le temps consacré se ferait dans cette hypothèse en faveur de la rapidité de

la réponse. Ce dernier comportement est vraisemblable si on se souvient que cet exercice de reconnaissance est situé à l'intérieur du logiciel d'apprentissage d'échecs, et que les sujets ont une forte motivation à avancer pour franchir leurs étapes, et gagner leurs clés.

De cet ensemble de résultats nous devons relever ceux obtenus à l'exercice transfert des tours de Hanoï. Les joueurs du groupe Logiciel méthode transfert obtiennent en effet une performance au Score global et surtout au Score de levée du conflit but/sous-but qui atteste de l'efficacité d'une didactique qui intègre dès le début d'un apprentissage l'objectif du transfert. On peut penser en effet que c'est parce que nous avons bâti la méthode sur la résolution de problèmes, en l'occurrence les mats, et parce que la didactique retenue était celle du mode de questionnement de l'espace-problème, que de tels résultats sont atteints, comparativement aux sujets joueurs de l'expérience 2. Dans les autres expériences, la comparaison avec les sujets de premier ensemble d'expériences est plus difficile compte tenu de la difficulté sérieuse à comparer les conditions expérimentales, comme nous l'avons déjà souligné.

Il était par conséquent utile de pouvoir compléter notre protocole expérimental par la passation d'une série d'épreuves-contrôle passées dans des conditions rigoureusement égales entre les trois groupes. Ce sont ces épreuves que nous présentons dans la cinquième partie .

5ème Partie Troisième ensemble expérimental : Les expériences contrôle

Introduction

A l'issue des sept mois d'apprentissage, quatre épreuves contrôle ont été soumises aux élèves des deux classes de CM2, dans des conditions identiques aux élèves des deux classes de CM2 ayant appris les échecs selon une méthode classique avec animateur extérieur et instituteur, et aux deux classes de CM2 n'ayant pas appris à jouer aux échecs servant de groupe contrôle. Les classes servant de condition contrôle, durant le temps consacré à l'apprentissage des échecs, bénéficiaient d'une activité d'arts plastiques ou d'activités diverses en salle informatique.

Le but de ces épreuves contrôle était d'évaluer comparativement les performances des élèves sur des tâches sans rapport avec les échecs, et d'apprécier par une analyse de variance si des différences significatives étaient trouvées entre les sujets des trois conditions. Une exploitation secondaire des résultats était prévue par rapprochement de ces données avec celles issues des séquences de calcul de mats et des expériences intégrées à la méthode en vue de rechercher d'éventuelles corrélations nous éclairant sur les habiletés cognitives les plus transférées.

1 Les protocoles

Quatre protocoles ont été définis, visant chacun à titre principal une fonction cognitive.

Ils sont ci-dessous sommairement définis, le contexte cognitif et la problématique théorique étant présentés de façon plus approfondie dans le chapitre particulier de chacune des expériences.

Le premier protocole était dédié à la fonction **Langage**.

La tâche consistait à reconstituer 20 mots de deux syllabes, des noms d'animaux très courants, en recherchant sur l'écran les syllabes qui avaient été découpées et dispersées aléatoirement. Les sujets disposaient de cinq minutes pour réaliser la tâche. L'épreuve recrutait donc à titre principal la **capacité d'accès au registre lexical**. La lecture d'une syllabe activait un mot et conduisait le sujet à rechercher la seconde syllabe pour constituer le mot, l'amorçage pouvant opérer soit à partir de la première syllabe, cas le plus fréquent, soit à la lecture de la seconde. Pour réaliser la recherche de façon optimum, les sujets devaient plus ou moins explicitement mobiliser une méthode de balayage visuel de l'écran dans les deux étapes de lecture des premières syllabes et dans la recherche des secondes, avec éventuellement une double méthode d'activation menée en parallèle soit par la première soit par la seconde syllabe. **A titre secondaire** était donc recrutée une **capacité d'attention sélective**, permettant d'écarter les interférences produites par la lecture de syllabes n'entrant pas dans la recherche de complètement sémantique. On peut considérer qu'une composante **mémoire de travail** visuelle et verbale intervenait également de façon plus ou moins importante selon la méthode de balayage visuel choisie par le sujet dans le cas où le balayage était opéré ligne par ligne, avec maintien en mémoire tampon des syllabes, la lecture étant poursuivie jusqu'à ce qu'une syllabe active l'une de celles précédemment lue en vue de la formation d'un mot.

Notre hypothèse ne postulait pas de différence entre les sujets des trois conditions dans la capacité à accéder au registre lexical simple de la catégorie noms d'animaux les plus courants. Elle posait en revanche un possible effet de l'attention, et de la stratégie de traitement du champ visuel des quarante syllabes, avec le recours possible, selon les sujets, à une stratégie de planification de l'examen des premières syllabes, voire des secondes, et à une sollicitation de la mémoire de travail.

Le deuxième protocole expérimental visait à apprécier le mode de **compréhension d'un texte** d'une dizaine de phrases.

Après avoir découvert les phrases, les sujets devaient classer dans l'ordre de leur apparition dans le texte les verbes qui leur étaient présentés dans le désordre. Les sujets disposaient de deux essais. A l'issue du premier essai, les verbes correctement placés étaient affichés (avec le nombre de points obtenus), ce qui permettait au sujet d'en tenir compte à la seconde présentation du texte et à son second essai.

L'épreuve recrutait donc la capacité à retenir le sens d'un texte à partir des mots clés de celui-ci, fonction remplie de façon privilégiée par les verbes dans le choix des textes que nous avons fait. La **compréhension de la macro-structure** rendait le travail de

classement des verbes plus aisé, son absence diminuant les chances de retrouver l'ordre d'enchaînement logique des verbes entre eux. On pouvait donc dans cette épreuve évaluer la capacité des sujets à reconstituer implicitement l'histoire grâce à la compréhension qu'ils en avaient, c'est-à-dire à bâtir un modèle de situation, et à classer les verbes en conséquence.

Notre hypothèse postulait l'existence possible d'une différence entre les sujets des trois conditions. La méthode transfert comportait en effet des exercices de rappel destinés à développer la stratégie de chunking, c'est-à-dire de regroupement par sous-ensembles des pièces, seul moyen de dépasser la limite naturelle de la capacité de la MCT. Cette stratégie du chunking peut, d'un certain point de vue, s'apparenter à la stratégie de construction d'un modèle de situation. Le choix de ce type de tâche-contrôle était destiné à vérifier si ce rapprochement était fondé ou non. Il s'agissait, en d'autres termes, de savoir si l'habileté à construire des sous-ensembles facilite la construction-intégration dans un ensemble plus vaste des sous-ensembles ainsi formés lorsque ceux-ci portent sur des blocs de nature sémantique et non seulement visuo-spatiale. L'efficacité du chunking mesurée dans notre expérience numéro 1 chez les sujets ayant deux ans de pratique et plus justifiait que soit investiguée l'ampleur et la nature de celui-ci, et le caractère plus ou moins précoce de sa mise en place. Certes notre hypothèse était optimiste, dans la mesure où seule une pratique longue et régulière du jeu d'échecs conduit à développer dans le domaine échiquéen une capacité à identifier, au vu d'une position, les traits marquants et les plus significatifs de celle-ci, et à bâtir un réseau de relations entre ceux-ci. On se rappelle l'importance des écarts de performance constatés dans l'expérience sur le chunking entre sujets CM2 et sujets Collégiens (deux années et quatre années de pratique échiquéenne). En terme développemental, on pouvait donc s'interroger sur le moment où apparaît une telle consolidation de l'habileté, en recherchant si cela pouvait être le cas chez des sujets n'ayant que sept mois de pratique.

Le troisième protocole avait pour objectif d'apprécier les différences pouvant exister dans la **capacité de concentration et d'attention, et en conséquence de la mémoire de travail visuo-spatiale.**

Pour cela nous avons retenu une tâche purement attentionnelle, consistant à rappeler des cercles apparus à l'écran dans un certain ordre. Les sujets commençaient avec une série de deux cercles, puis de trois...et ainsi de suite jusqu'à ce que le rappel soit erroné deux fois de suite au même niveau. L'épreuve se terminait alors. Les cercles n'apparaissaient jamais à l'écran au même emplacement mais étaient dispersés selon un modèle aléatoire ; de même, les cercles qui s'allumaient dans un certain ordre et qu'il fallait ensuite rappeler étaient tirés au hasard par un algorithme lui-aussi aléatoire. La tâche recrutait une composante attentionnelle forte, mais également une dimension stratégie de mémorisation visuelle. En effet, lorsque le nombre de cercles dépassait la capacité de la MCT (les sept items définis par la littérature depuis Miller), le sujet devait recourir à la constitution de schèmes, dessins ou figures s'il voulait être capable de se souvenir de l'ordre d'apparition en plus de la localisation.

Notre hypothèse postulait un effet de la pratique d'une part, et de la méthode-transfert d'autre part, du fait des exercices de rappel insérés dans le logiciel d'apprentissage.

La quatrième épreuve contrôle portait sur la fonction **d'imagerie mentale**, avec une tâche couramment utilisée dans ce type d'expérience de rotation mentale de la main.

Il s'agissait pour les sujets de déclarer aussi vite que possible si une main apparaissant à l'écran était une main gauche ou une main droite. Les mains étaient présentées sous des orientations différentes, à plat ou en axial, et sous deux conditions : l'une normale, l'autre en miroir. La tâche recrutait une **opération de rotation mentale** replaçant la main en une position initiale plus simple à interpréter pour décider de la réponse.

Notre hypothèse retenait un effet de la pratique pour les deux catégories de sujets joueurs, sans avantage comparatif entre les joueurs en faveur du groupe méthode.

2 Caractéristiques générales des designs des protocoles

Chaque exercice a fait l'objet d'une écriture d'un logiciel sous Director 7 et d'un graphisme en quadrichromie. Il avait fait l'objet d'un test auprès d'un échantillon d'élèves de CM2 d'une école non retenue dans l'expérimentation. L'exercice s'ouvrait sur une page d'identification du sujet, avec saisie par celui-ci de son nom, de son genre, de sa date de naissance et du numéro de son groupe permettant de distinguer les trois catégories d'élèves : groupe 1 - élèves non-joueurs-, groupe 2 -élèves joueurs méthode classique-, groupe 3 -élèves joueurs méthode transfert-.

Afin de contrôler le contre-balancement entre les deux parties d'une épreuve, l'appartenance à un sous-groupe était renseignée par l'indication "version A" ou "version B". De même un code 1 ou 2 renseignait le fait que l'épreuve intervenait après ou avant la seconde épreuve passée au cours de la même séance par les sujets. Le contre-balancement était obtenu par répartition des sujets de chaque groupe en deux moitiés.

L'exercice était doté d'un titre se voulant attractif pour l'élève, et globalement évocateur de la tâche. Il était accompagné d'une explication rapide de la tâche et suivi d'un exemple démontrant le but de la tâche à accomplir et les règles à respecter. Les sujets étaient invités à reproduire l'exemple donné par l'ordinateur afin de vérifier si but de la tâche et règles à respecter avaient bien été assimilés. Dans le cas où le sujet ne reproduisait pas sans faute l'exemple, il était invité à recommencer, par deux fois si besoin était. Après la reproduction de l'exemple, la consigne était affichée de nouveau, puis le sujet était invité à cliquer sur un bouton pour commencer. Durant la tâche, dès que le sujet avait décidé ou opéré son choix et enregistré celui-ci sous la forme proposée, un retour lui était donné sous la forme d'un affichage relatif à l'exactitude de sa réponse. Lorsque l'exercice comportait deux phases, un léger temps de repos était proposé entre les deux, le sujet décidant lui-même de la durée de celui-ci. A la fin du protocole, ses résultats globaux en termes d'exactitude et de temps de réponse moyen lui étaient présentés afin d'éviter le sentiment d'inutilité ou de frustration.

La durée moyenne des exercices a été mesurée :

Accès au registre lexical : sept minutes

Imagerie mentale : huit minutes

Empan attentionnel visuo-spatial : six minutes

Compréhension de texte : neuf minutes

3 Conditions générales de passation

Les sujets passaient deux épreuves au cours d'une même séance, la moitié des sujets passant dans un ordre, l'autre dans l'ordre inverse, ce contre-balancement ayant pour but de neutraliser l'éventuel effet d'ordre de passation sur les résultats. Les épreuves se déroulaient dans la salle informatique de l'école que les élèves utilisaient tout au long de l'année avec leur institutrice. Quatorze ordinateurs dans une école, et douze dans l'autre étaient utilisés, ce qui autorisait le passage en une heure quinze de tous les sujets d'une même classe. Cela garantissait qu'aucun échange entre eux ne puisse venir fausser les conditions de passation.

Les classes passaient à la même heure, le matin après la récréation de 10 heures un jour, et l'après-midi dès la reprise à 14 heures un autre jour. Ainsi un double contre-balancement était-il également opéré selon les heures de passation afin de neutraliser l'effet du moment dans la journée et de l'état des élèves selon les heures. Dans les deux cas, les élèves passaient après un moment de repos, les récréations de 10h et de 13h30.

Au cours de la première séance, les exercices intitulés Mots coupés (Langage) et Tours de main (Imagerie mentale) ont été proposés ; au cours de la seconde, les exercices intitulés Comment retenir des histoires (Compréhension de texte), et Retrouve ton chemin (Attention).

Les instituteurs assistaient à la passation, sans intervenir au cours de celle-ci. Les élèves étaient disposés à des postes de travail suffisamment distants les uns des autres pour qu'il ne leur soit pas possible sans déhanchement sensible de regarder ce que faisait le camarade d'à côté. Avant de lancer les épreuves, l'expérimentateur contrôlait la distance à laquelle les sujets se plaçaient par rapport à l'écran et la position du corps. Des casques étaient utilisés afin d'éviter toute gêne sonore inopinée en cours d'exercice.

Avant chacune des épreuves, l'expérimentateur faisait une présentation orale de celles-ci et précisait qu'il s'agissait d'une recherche et non d'un contrôle lié à leur scolarité.

Il répétait par deux fois le but de l'exercice et les modalités d'apparition des stimuli, et l'existence, lorsque c'était le cas, de deux essais.

Chapitre 14 Expérience 5 : Accès au registre lexical

Nous avons décrit plus haut en quoi consistait la tâche de reconstitution de mots : appairer deux syllabes mélangées au milieu de quarante syllabes constituant vingt mots. S'agissant de mots très familiers, aucun effet culturel peut venir biaiser l'épreuve. Sont donc en cause essentiellement les capacités d'activation en mémoire sémantique des mots par la seule lecture d'une première syllabe.

Nous pouvons rassembler en un schéma les composantes cognitives recrutées par cette tâche. Cette tâche ainsi analysée peut s'apparenter à celle de la lecture non experte.

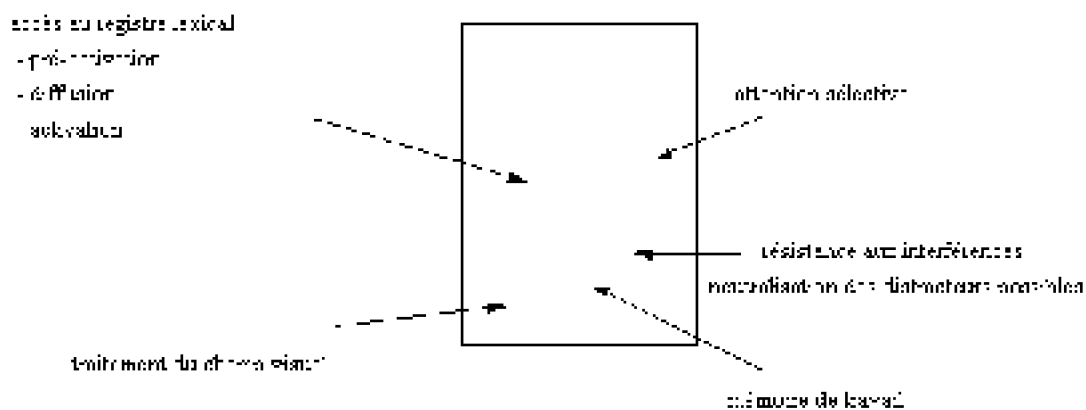


Figure 97 : Composantes cognitives recrutées par la tâche Accès au registre lexical.

Avant de présenter le protocole et les résultats, nous allons poser la problématique théorique de cette tâche et les objectifs poursuivis au plan expérimental.

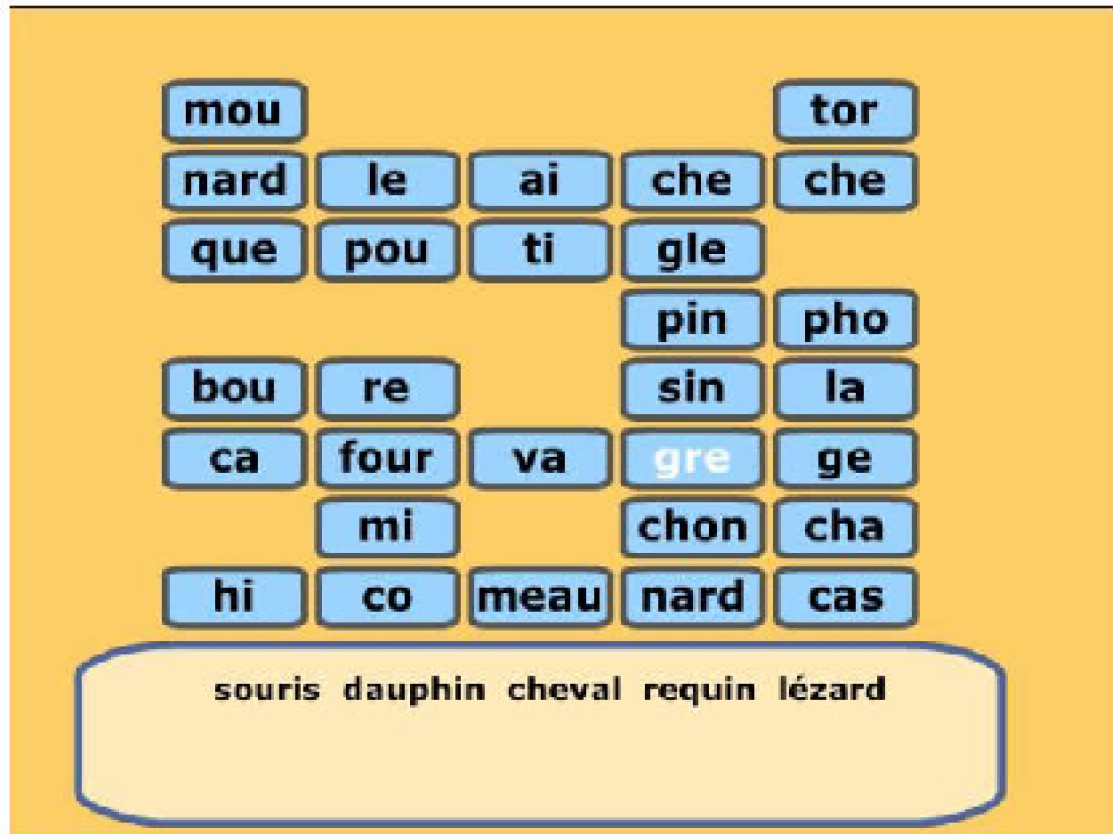


Figure 98 : Ecran de la tâche Accès au registre lexical.

1 – Problématique théorique et objectifs

« *Le lexique mental est la partie de la mémoire où convergent différents types d'informations que nous avons à propos des mots* » Holender (1998). Le mot a deux caractéristiques principales : linguistique et déclarative. D'un point de vue linguistique, le mot se restreint à des spécifications sémantique, syntaxique et phonologique, par opposition avec tout ce qui est lié au contexte personnel et culturel de l'emploi du mot. Dire d'un mot que c'est une connaissance déclarative, signifie qu'il s'agit d'une entité qui doit être mémorisée en tant que telle, quels que soient les morphèmes et sous-unités qui le composent.

Selon le modèle de la double voie de Morton (1982), le mot est activé par **adressage** de l'une des entrées possibles, perceptive phonologique ou spatiale dans le registre mental lexical, et en parallèle (ce que ne dit pas Morton mais qui a été établi

expérimentalement) par **assemblage** des sous-unités linguistiques. Cette **activation par double voie** s'opère dès qu'un **seuil de reconnaissance** est franchi qui retient comme probable le **candidat à l'identification** dans le registre. Plus les mots sont fréquents dans la langue utilisée, plus le seuil d'activation est bas et le mot rapidement repéré, identifié et activé dans le lexique mental. Dès lors que des similitudes peuvent exister entre les sous-unités, plusieurs candidats sont pré-activés : il y a irradiation de l'activation (Collins & Loftus, 1975). Le traitement est plus long puisque des sous-unités plus fines doivent être traitées pour **différencier les candidats à l'accès au registre lexical**. Dans ce traitement supplémentaire plusieurs voies (visuelle, orthographique ou phonologique) seront explorées en parallèle afin de sélectionner le mot dans le lexique. Ce modèle est reconnu comme valide et rend compte des données de la neuropsychologie cognitive.

La recherche du mot dans le lexique a ensuite été analysée dans sa dynamique et le modèle de Forster dit « search model » (1976, 1989) a transcrit de façon plus pertinente le fonctionnement de l'activation des fichiers composant le registre lexical. Il est question d'un fichier central et de fichiers périphériques visuels ou auditifs. Les **fichiers périphériques** sont les premiers activés, qui recrutent ou « pointent » plusieurs cases ou fichiers ou tiroirs selon leurs fréquences de classement. Le traitement plus avancé conduit à une sélection parmi ceux-ci, par comparaison entre ce qu'il y a dans le tiroir pré-sélectionné et la représentation complète du mot dans le **fichier central**. Cette recherche séquentielle selon l'auteur serait indépendante du contexte phrasique, lequel n'interviendrait que dans la phase post-lexicale ; point discuté par la théorie, certains auteurs faisant intervenir beaucoup plus tôt le contexte sémantique et culturel.

Un troisième modèle doit être mentionné qui rend compte de la dimension interactive de l'activation dans le processus d'accès au registre lexical. Le modèle d'activation interactive de McClelland et Rumelhart (1981, 1982) est de ce point de vue parfaitement connexionniste. Les sous-unités sont traitées en parallèle par un processus d'activation et d'inhibition, en cascade et en réseaux. En cascade, et non séquentiel, en ce qu'un traitement d'une sous-unité peut commencer alors même que celui d'une autre sous-unité n'est pas terminé. Interactif, en ce qu'un traitement peut influencer un autre, dans la mesure où l'asynchronie des vitesses de traitement est totale. Enfin dans le même temps où il y a pré-activation en vue d'un adressage dans le registre lexical, des relations d'inhibition latérales permettent de polariser le traitement en écartant ou neutralisant les distracteurs possibles ou les mots à forte fréquence dont le traitement est très automatique et peut nuire à la véracité de l'adressage.

Cette distinction entre traitement automatique et traitement contrôlé nous conduit à évoquer l'importance du rôle de l'attention dans l'accès au registre lexical, et ainsi à justifier les objectifs du protocole expérimental choisi pour cette épreuve-contrôle.

Dès que la lecture est courante, la reconnaissance des mots est automatique (Siéoff & Posner, 1988) et l'attention peu sollicitée, du moins pour les mots fréquents. L'attention sélective intervient dans la reconnaissance visuo-spatiale du mot, la fenêtre attentionnelle se portant soit sur la droite du mot pour traiter le suivant ou pour éclairer le précédent, soit sur tel élément d'un mot afin de vérifier si la pré-activation correspond bien à ce qui a été lu et s'inscrit dans le sens de la phrase (La Berge & Samuels, 1974). L'attention est donc mobilisée chaque fois que le traitement d'identification n'aura pas abouti de façon

automatique ; il en sera ainsi lorsqu'un mot lu est inconnu, ou lorsqu'un pseudo-mot est lu.

Lorsque apparaît une partie de mot, par exemple une des syllabes, l'attention est focalisée sur celle-ci, ce qui autorise le lancement d'une recherche d'activation interactive des divers candidats au complètement par une autre syllabe afin d'arriver à la reconnaissance d'un mot. Un processus systématique d'appariement est enclenché jusqu'à ce qu'un résultat soit obtenu, vérifiable dans le registre lexical. Dans le cas où sont présentés de multiples syllabes qu'il convient de rapprocher pour reconstituer des mots, l'attention est partagée entre plusieurs syllabes lues et un traitement opéré en parallèle sur plusieurs syllabes. La fenêtre attentionnelle risque d'être très vite saturée et le processus d'adressage au lexique dégradé. Certains sujets lors de notre expérience ne parvenaient pas à diriger leur attention sur une recherche, les syllabes interférant sans qu'ils parviennent à inhiber celles-ci pour se focaliser sur une ou deux recherches. La surcharge attentionnelle brouillait la recherche au point de déclencher chez eux une réaction de panique et/ou de sauvegarde par la création de non-mots. En cela le faible nombre d'erreurs, c'est-à-dire de faux mots, doit être considéré comme un indice de la capacité de sélectivité de l'attention grâce à une bonne inhibition des interférences.

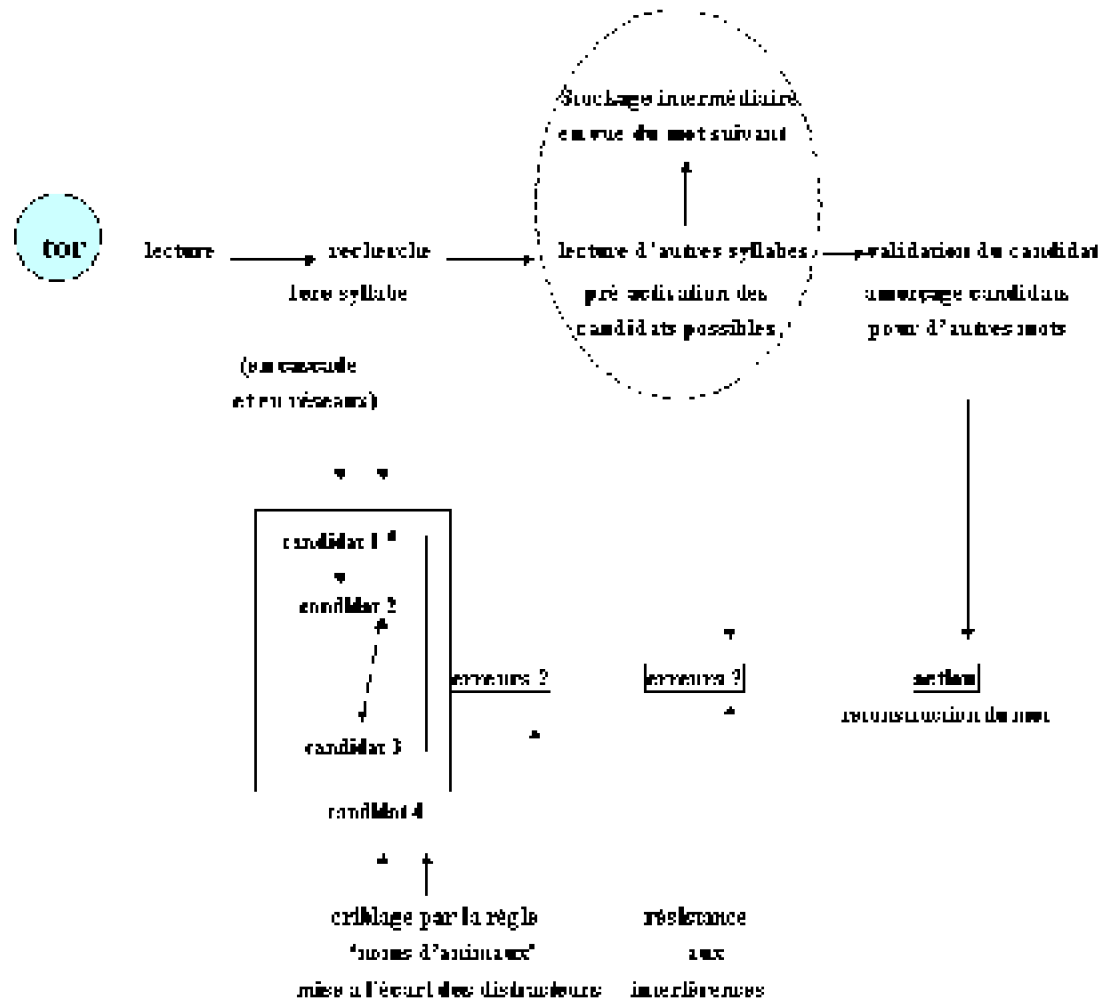


Figure 99 : Séquence d'activation et d'inhibition, en cascade et en réseaux.

La tâche consistant à reconstituer vingt mots à partir de quarante syllabes présentées ensemble sur un même écran est au plan attentionnel très coûteuse. En effet une telle forme de présentation globale des syllabes à la lecture provoque des phénomènes d'amorçage qui, additionnés, surchargent la mémoire de travail. Si « tor » est lu puis « la » puis « bi » puis « che » puis « ti », le 'cuing' est très puissant puisque chacune des syllabes lue est à l'origine d'un traitement qui pré-active des mots possibles en périphérie du fichier lexical. La difficulté pour le sujet consiste à tenter de bloquer la lecture en entrée et la pré-activation pour passer à une phase automatique de recherche de la syllabe attendue s'appariant pour former le mot qui a été pré-sélectionné. Mais au fil du balayage visuel à la recherche de la syllabe manquante pour constituer le mot pressenti, les autres syllabes lues deviennent autant de distracteurs perturbant l'attention sélective. La mémoire de travail durant sa recherche ne pourra être réfrénée dans sa capacité à apparier de nouvelles syllabes pour constituer d'autres mots que celui qui a été pré-activé. Une mémoire de travail très performante pourra certes chercher à mémoriser certains

indices spatiaux dans le but de revenir une fois le mot recherché reconstitué sur un mot pré-activé au cours du balayage. Mais le plus vraisemblable est que la surcharge conduira à une multiplication des interférences et à une perte totale de la capacité à se tenir à une seule recherche, d'où une chute sensible de la performance.

Deux objectifs étaient donc poursuivis dans cette épreuve-contrôle : vérifier la vitesse d'accès au registre lexical, et mesurer la performance de l'attention partagée dans l'arbitrage entre amorçage et inhibition. L'hypothèse expérimentale que nous retenions était que la pratique échiquienne devait apporter une meilleure résistance aux interférences grâce à une plus grande mobilisation de l'attention sélective.

2 - Méthode

Sujets :

117 élèves de CM2, répartis en 32 pour le groupe contrôle non-joueurs, 50 pour le groupe joueurs méthode classique, 47 pour le groupe joueurs méthode transfert ; 59 filles, 70 garçons. Tous les sujets ont une vue normale ou corrigée.

Stimuli

Les quarante syllabes de vingt noms très familiers d'animaux comportant deux syllabes. Celles-ci sont présentées aléatoirement sur l'écran. Les syllabes sont inscrites dans des rectangles ayant tous la même taille, sont écrites en minuscules et en police 16 afin d'être le plus lisibles possible, les accents sont respectés. Les mots à redoublement de lettres à la frontière entre deux syllabes ont été écartés.

Procédure

Sur le premier écran est affiché le titre Mots Coupés, avec une phrase expliquant le but de l'exercice, reconstituer les mots dont les syllabes ont été séparées, et le temps disponible, cinq minutes. Puis un exemple est présenté, avec les syllabes de trois mots de deux syllabes chacun se grisant l'une après l'autre pour reconstituer les mots bi-son, tor-tue, la-pin. Le deuxième écran mentionne le fait qu'il y aura vingt mots à reconstituer en cinq minutes, puis l'exemple donné précédemment est proposé : « voyons si tu as compris ce qu'il faut faire : retrouve les trois mots. » Sur un troisième écran il est rappelé que les syllabes de 20 mots de deux syllabes vont apparaître dans le désordre sur l'écran et mention est de nouveau faite du temps, 5 minutes, dont l'élève dispose pour réaliser la tâche, avec en-dessous un bouton "prêt" pour lancer l'exercice. Les mots reconstitués s'affichent en bas de l'écran dans le même temps où les syllabes cochées disparaissent de l'écran. Lorsqu'une syllabe erronée est cochée elle s'affiche en rouge ainsi que la suivante. Lorsqu'une syllabe cochée est exacte, elle se colore en bleu. Aucune indication sur le temps écoulé n'est affichée afin de ne pas augmenter la tension du sujet. Au terme des cinq minutes, on passe à l'écran suivant sur lequel sont présentés les résultats du sujet : nombre de mots exacts reconstitués, nombre d'erreurs, éventuellement le temps en cas de succès avant la limite de cinq minutes. En bas de l'écran sont affichés les mots

qu'il restait à reconstituer.

Traitement des données

Les données capturées pour chaque sujet sont le nombre de mots reconstitués, le nombre d'erreurs, le temps pour les sujets terminant la tâche avant l'écoulement des cinq minutes. Lors du traitement, un score net a été calculé par soustraction au nombre de mots reconstitués du nombre d'erreurs.

Les analyses de variance ont porté sur les variables inter-sujets Groupe, Genre, Ordre de passation entre les deux épreuves de la séance, et sur les variables dépendantes Nombre de Mots, Nombre d'Erreurs, Temps, Score Net.

Hypothèses

Pas d'effet registre lexical.

Un effet de la pratique des échecs dans la mobilisation de l'attention sélective et dans la mémoire de travail.

Pas de différenciation entre les deux groupes joueurs, compte tenu de la faible durée de pratique.

3 – Résultats

31 - Effet de la variable groupe

- Nombre de Mots reconstitués

Le nombre de mots reconstitués par chaque groupe est présenté dans le tableau 44.

Tableau 43 : Nombre de mots reconstitués selon les groupes.

	Count	Mean	Std. Dev	Std. Error
1	32	12,125	4,316	763
2	50	12,540	4,459	631
3	49	13,857	5,000	714

Means Table Effect: groupe Dependent: nb mots

On ne trouve toutefois pas d'effet significatif de la variable groupe pour ce score de mots reconstitués.

- Nombre d'erreurs

Un effet significatif du groupe apparaît pour le nombre d'erreurs, $F(2, 117) = 4.205$; $p = .0172$, les sujets du groupe 3 Méthode transfert commettant significativement moins

d'erreurs que les sujets du groupe 2 Méthode classique, et que les sujets du groupe 1 contrôle (fig 106).

Tableau 44 : Nombre d'erreurs par groupe.

	Count	Mean.	Std Dev.	Std. Error
1	32	4,969	4,307	761
2	50	2,580	3,850	544
3	47	2,362	2,770	404

Means Table Effect: groupe Dependent: nb erreurs

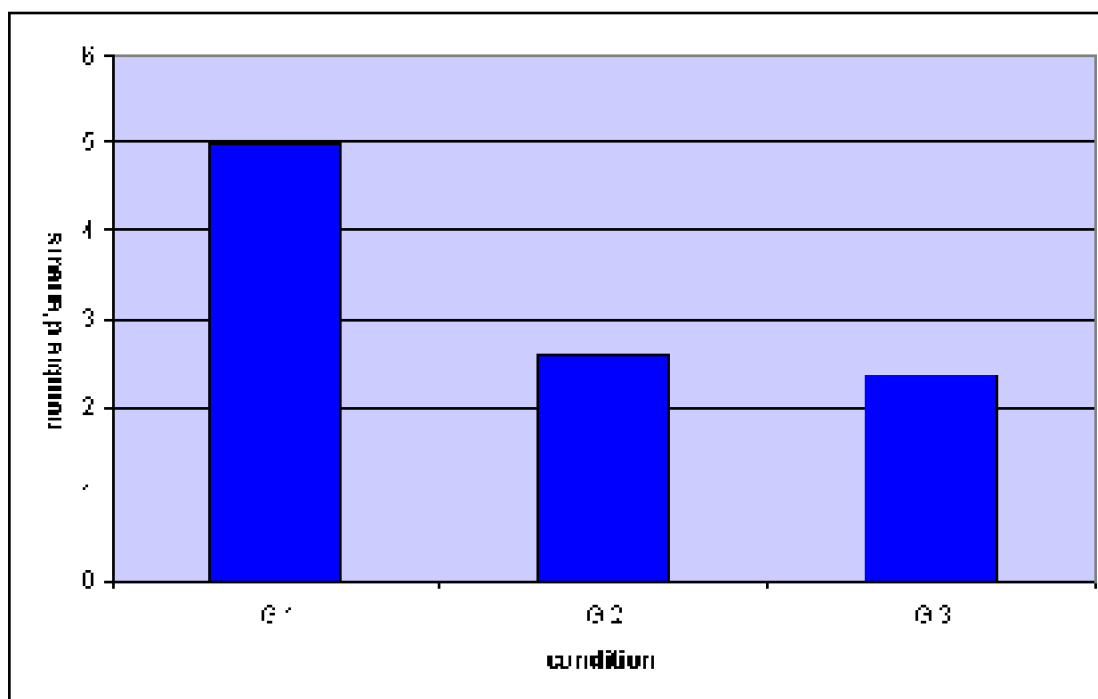


Figure 100 : Nombre d'Erreurs par groupe.

- Score net (nombre de mots reconstitués moins nombre d'erreurs)

Pour le score net, l'effet groupe est significatif, $F(2, 119) = 4.258$; $p = .0164$, avec la même

hiérarchie de performances entre les trois groupes.

Tableau 45 : Score net par groupe.

	Count	Mean	Std. Dev	Std. Error
1	32	7,875	5,824	1,030
2	50	10,280	5,792	819
3	49	11,429	5,972	853

Means Table Effect: groupe Dependent: score net

L'avantage est très élevé en faveur des joueurs, et parmi ceux-ci des joueurs méthode transfert :

- G3/G1 = + 45.1%
- G2/G1 = + 30.6%
- G3/G2 = + 15.8%

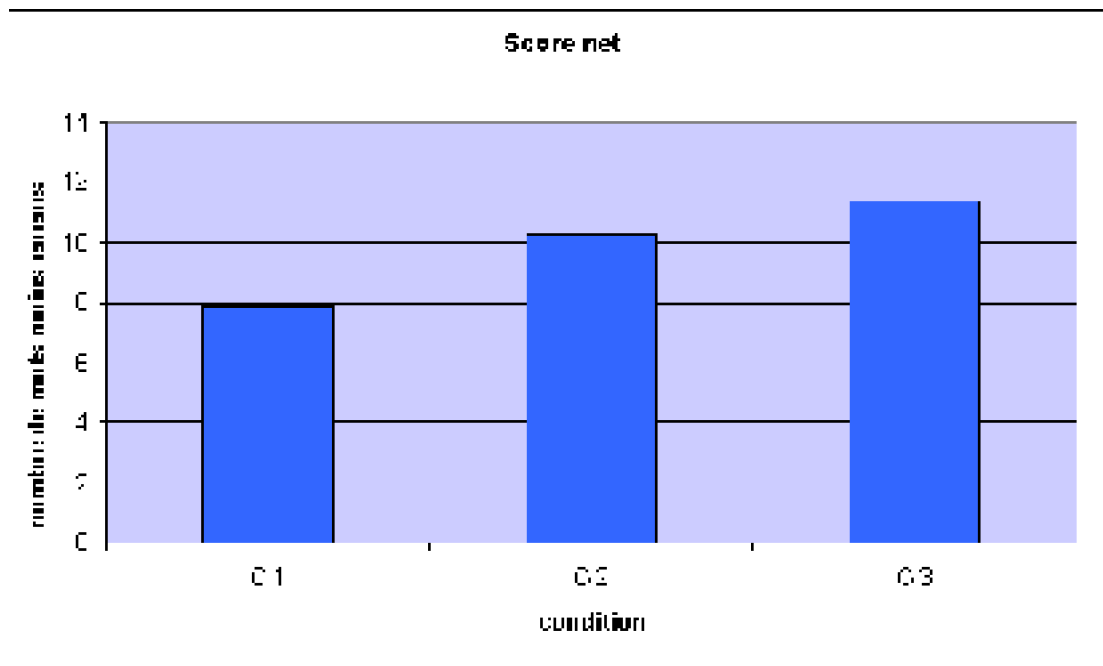


Figure 101 : Score net de reconstitution de mots.

- Temps de réponse

Tableau 46 : Temps de réponse par groupe.

	Count	Mean	Std. Dev.	Std. Error
1	32	289,562	34,686	6,132
2	50	292,200	21,323	3,015
3	47	281,511	33,821	4,933

Means Table Effect: groupe Dependent: temps réponse

Aucun effet groupe significatif n'est observé pour le temps de réponse.

32 - Effet de la variable Genre

Le nombre de mots

reconstitués est plus élevé pour les filles (13.8) que pour les garçons (12.4), soit + 10.9%.

L'effet n'est toutefois pas significatif : $F > 1$. Il en est de même pour le nombre d'erreurs, et pour le score net.

Tableau 47 : Score net selon le genre.

	Count	Mean	Std. Dev.	Std. Error
F	59	11,203	5,965	777
M	72	9,236	5,892	694

Means Table Effect: sexe Dependent: score net

Temps de réponse

Un effet significatif est mesuré pour le facteur Genre, $F(2, 119) = 6.560$; $p = .0117$, les filles sont plus rapides que les garçons (13 secondes de moins).

Tableau 48 : Temps de réponse moyen selon le Genre.

	Count	Mean	Std. Dev.	Std. Error
F	59	280,610	39,032	5,082
M	72	293,764	17,379	2,048

Means Table Effect: sexe Dependent: temps réponse

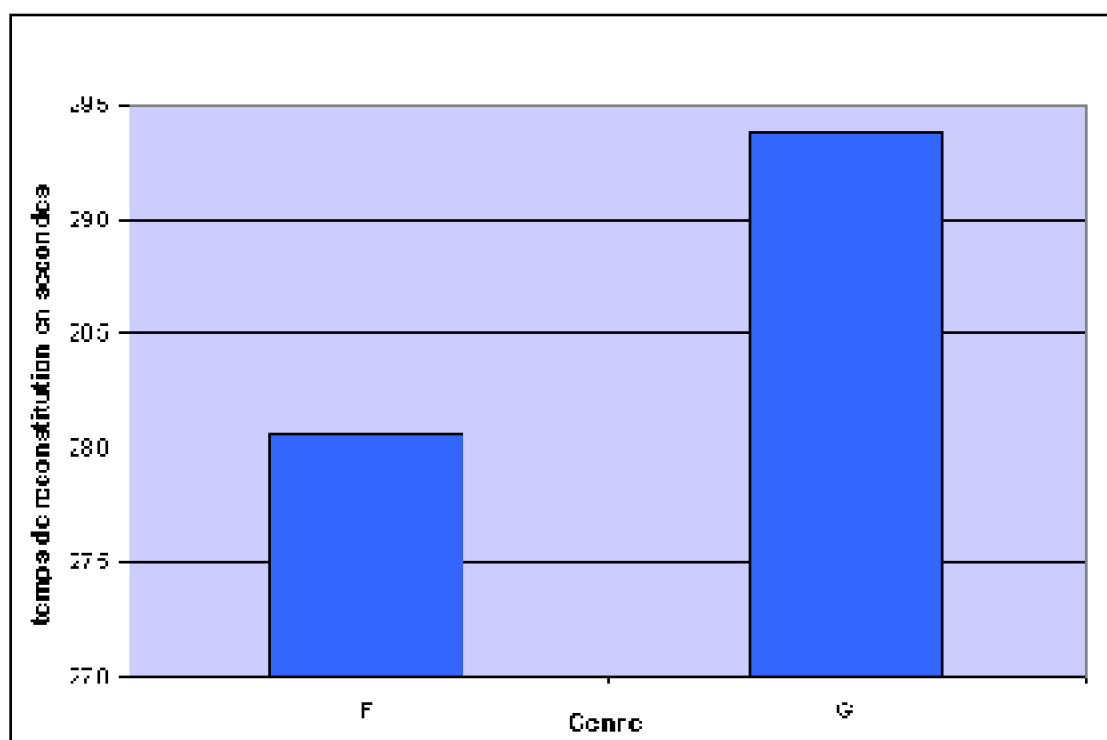


Figure 102 : Temps de réponse selon le Genre.

Aucun effet du facteur ordre de passation de l'épreuve n'est constaté pour l'ensemble des mesures nombre de mots, erreurs, score net.

33 - Interaction des variables Groupe et Genre.

Aucune interaction significative n'est observée pour le nombre de mots reconstitués .

En revanche un effet de l'interaction Groupe*Genre est observé pour le nombre d'erreurs, $F(2, 119) = 4.405$; $p = .0143$, sans que cela rende significative la différence pour le score net entre les trois groupes. Les garçons du groupe 1 commettent beaucoup plus d'erreurs que leurs camarades filles, ce qui s'inverse pour les groupes joueurs.

14- Discussion

1. Aucune différence sociologique n'existant dans le recrutement des élèves selon les classes, nous avons posé l'hypothèse d'une absence de différenciation dans l'accès au registre lexical. De plus, la très grande familiarité des noms d'animaux choisis écartait le risque d'un effet de l'étendue du registre lexical. A l'intérieur de chacune des deux écoles, instituteurs et directeurs nous ont déclaré ne pas avoir constaté d'écart entre les performances scolaires des classes des trois conditions. Ils ont également attesté et justifié que la variété des cultures d'origine des familles était égale entre les classes des trois conditions contrôle, joueurs méthode classique, joueurs méthode transfert. Enfin, ils ont témoigné d'une plus grande facilité des filles s'agissant de la production de langage et de l'écrit.

2. Si l'étendue du registre lexical n'est pas réputée différente entre les trois classes, la différence de performance entre les sujets doit en conséquence être recherchée ailleurs.

3. Le premier élément d'analyse des résultats porte sur le nombre d'erreurs. Entre les trois groupes la différence dans le nombre d'erreurs est significative, et c'est la variable nombre d'erreurs qui rend significatifs les écarts pour les scores nets, alors que pour les scores bruts ils ne le sont pas. Pourquoi les sujets joueurs par rapport aux sujets contrôle, et, parmi les joueurs, les joueurs du groupe 3 par rapport à ceux du groupe 2, commettent-ils moins d'erreurs ? Plusieurs explications sont possibles. Tous les élèves ayant pratiqué de façon égale en temps la salle informatique avec leur maître, une fréquence d'erreurs tenant au maniement de la souris doit être écartée. Rappelons qu'il y a erreur lorsque sont cliquées deux syllabes constituant un non-mot, c'est-à-dire que l'enfant qui a cliqué sur une syllabe espérant constituer un mot en trouvant la deuxième syllabe de celui-ci ne la trouve pas et clique sur une suivante sans lien avec la première. Ce cas peut survenir lorsque l'enfant pense à un mot qui n'appartient pas à la catégorie des animaux, par oubli de la consigne, ou à un mot composé de plus de deux syllabes. Un autre cas peut se produire, lorsque le sujet aperçoit une syllabe qui s'apparie à une autre, et clique sur la seconde avant d'avoir cliqué sur la première (tue-tor au lieu de tor-tue). Ces deux cas peuvent correspondre à une surcharge de la

mémoire de travail du fait du grand nombre de syllabes balayées du regard, laquelle entraîne l'oubli de la règle d'ordre du clic ou de la règle d'appartenance à la catégorie unique des animaux, ou du nombre de syllabes. Cette première explication privilégie donc l'hypothèse d'une meilleure efficacité de la mémoire de travail chez les joueurs grâce à une attention sélective mieux mobilisée et préservée des interférences. Parmi les conseils donnés aux joueurs pour la conduite d'une partie d'échecs, quelle que soit la méthode, il y a la recommandation d'examiner chaque pièce de l'adversaire l'une après l'autre afin de vérifier où celle-ci peut se déplacer et ainsi découvrir une menace éventuelle sur ses propres pièces. Le travail de combinaison de deux voir trois pièces pour mater le Roi adverse entraîne également à l'examen simultané de plusieurs items. Il peut en découler une meilleure aptitude à concentrer son attention sur les seules pièces concernées, les autres, pourtant présentes sur l'échiquier, étant ignorées.

4.

5.

On peut avancer également l'hypothèse d'une moindre impulsivité chez les joueurs dans l'action de cliquer sur le cartouche d'une syllabe, due à un souci de contrôle supplémentaire du choix envisagé. Cette obligation du contrôle de l'acte avant son accomplissement étant une recommandation sur laquelle il est beaucoup insisté dans la pratique des échecs, et qui constitue un élément clé de méthode.

6.

Enfin, on peut trouver dans le traitement visuo-spatial de la grille de quarante syllabes une explication de la meilleure performance des joueurs. Il ne semble pas que ce soit principalement la vitesse de ce traitement qui soit discriminante, puisque l'effet de la variable temps de réponse n'est pas significatif, mais plutôt la qualité de celui-ci. Cela conduit à privilégier, d'un point de vue cognitif, une différence à la fois dans la technique de balayage visuel de l'écran et, en conséquence, dans la composante mémoire de travail. Un meilleur balayage visuo-spatial peut intervenir si le sujet applique un minimum de planification de la lecture des syllabes, plutôt que de parcourir au hasard la grille ou de balayer l'écran à la recherche d'une syllabe après la lecture de l'une d'entre elles. Une telle planification augmente la résistance aux interférences, allège la mémoire de travail visuo-spatiale, et rend en conséquence plus efficiente la mémoire de travail verbale sollicitée par la récupération du mot dans le registre lexical. Cette hypothèse est cohérente avec ce que nous savons du modèle de la mémoire de travail (Baddeley, 1994) et du rôle particulier de la composante 'exécutif central' de celle-ci.

7.

Cette interprétation des résultats est validée par le fait que le nombre d'erreurs chez les joueurs garçons est sensiblement égal à celui des filles alors qu'il est voisin du double chez les sujets contrôle. La pratique effacerait la différence habituellement constatée entre filles et garçons au profit des premières chez les sujets de cet âge dans la capacité de concentration et d'attention. Ceci nous paraît s'expliquer par une mobilisation accrue de « l'exécutif central » de la mémoire de travail qui gère la double tâche verbale et visuelle. Cette interprétation est cohérente avec l'analyse de l'effet de la pratique présentée pour l'expérience 2 ; rappelons que dans celle-ci, alors que chez

les sujets non-joueurs on trouvait une différence très significative entre filles et garçons, celle-ci en revanche disparaissait chez les joueurs.

8.

L'effet fortement significatif du genre pour la variable temps de réponse nous a conduit à vérifier préalablement si un biais expérimental ne tenait pas à la proportion différente entre filles et garçons selon les groupes. Les chiffres sont en fait à peu près identiques, avec un rapport filles/garçons de 44% pour les groupes 1 et 2 et de 48% pour le groupe 3.

9.

Il faut donc en déduire s'agissant de cette variable temps de réponse que les filles sont plus rapides, sans que cela s'accompagne d'une meilleure efficacité, alors même qu'il s'agit d'une tâche Langage. Cette constatation est insolite. Nous savons en effet par la littérature et par l'expérimentation, y compris en neuro-anatomie fonctionnelle, que pour des tâches mobilisant la fonction Langage, les filles sont habituellement plus performantes que les garçons ; ce que nous avons nous-mêmes constaté dans notre expérience sur la reconnaissance de mots 2. Dans cette épreuve-contrôle, certes, le nombre de mots reconstitués par les filles est dans les trois groupes plus élevé que celui des garçons, mais l'effet genre n'est toutefois pas significatif. Ceci conforte l'analyse privilégiant l'existence de la composante attentionnelle dans cette épreuve contrôle.

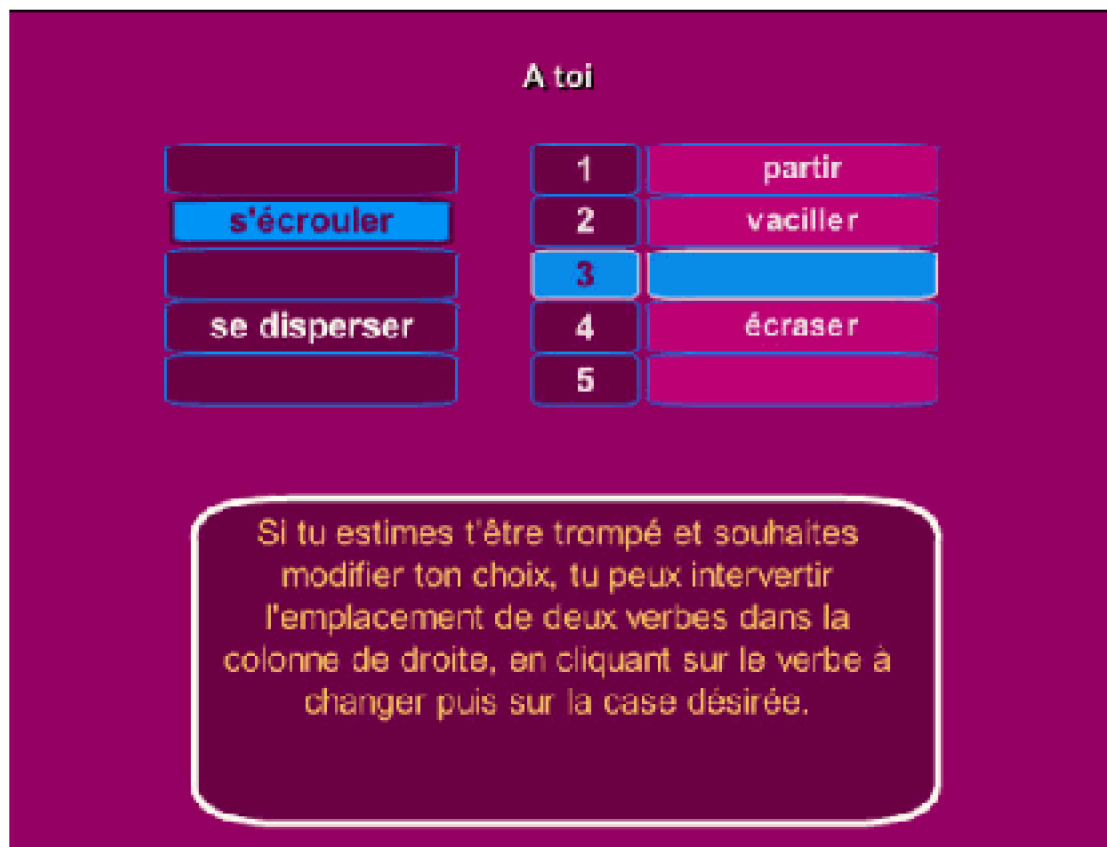


Figure 103 : Ecran présentant le principe de la tâche de l'épreuve Compréhension de texte.

Chapitre 15 Expérience 6 : Compréhension de texte

La compréhension de texte est assimilée par de nombreux auteurs à la résolution de problèmes. Comprendre un texte c'est rechercher un sens et bâtir une suite de cohérences rendant valide le modèle construit d'interprétation du texte. Par une phase d'analyse et de construction de la structure du texte on fait parler le texte comme l'on fait parler l'espace-problème. Nous nous proposons d'étayer cette comparaison dans la première partie de ce chapitre.

Pourquoi avoir retenu une épreuve contrôle dans ce domaine ?

Nous avons fait ce choix dans le but de vérifier si des rapports pouvaient être établis entre d'une part la capacité à rechercher des mots grâce à l'analyse de la situation et la construction d'une structure des relations des pièces composant celle-ci et, d'autre part, la capacité à comprendre un texte. Les pièces du jeu à trouver sont-elles en quelque sorte les mots du texte à comprendre.

En d'autres termes nous avons posé l'hypothèse que les habiletés cognitives recrutées par une tâche de résolution de problèmes pouvaient avoir un champ commun avec celles mises en oeuvre dans la compréhension du texte écrit.

1 – Problématique théorique et objectifs

Les cognitivistes distinguent trois niveaux d'analyse d'un texte lu ou entendu.

• A un premier niveau, il s'agit simplement de la forme des mots et de la syntaxe, fréquemment dénommé niveau des micro-structures : l'adjectif qui est approprié avec le substantif, le sujet et son verbe.

• Le deuxième concerne le sens de la phrase. Il porte sur le sens des éléments contenus dans le texte au plan local - le mot et ses attributs -, ou global - on parle de macro-structure - de l'ensemble de la phrase.

• Le dernier, enfin, s'attache à l'interprétation pragmatique du sens de la phrase par rapport à l'entendant ou au lecteur et à la situation ou contexte de celle-ci, à l'intérieur d'un corpus plus large. La compréhension dépend de l'élaboration faite d'un modèle de la situation décrite par le texte dans son ensemble, lorsque les propositions ne sont pas proches entre elles et que le lien

doit être trouvé en recourant à des éléments présents ailleurs dans le texte, voire absents du texte littéral mais pouvant être déduits du modèle global de compréhension. Cette construction par le lecteur a pour but de dégager un sens global («*search after meaning*», Graesser, 1994). Elle est particulière à chacun, c'est-à-dire dépend largement de ce que sait le lecteur et de son état d'esprit au moment de la lecture.

Ce point introduit la distinction entre sens littéral et sens intentionnel. Lorsque je m'entends questionné : «*pourrais-tu ouvrir la fenêtre ?* », je comprends la question comme une demande d'action et non comme une interrogation générale sur ma capacité à ouvrir ou non une fenêtre. C'est qu'en effet, la plupart du temps, le sens est contextualisé et non littéral. Et la palette d'expression est grande, où des sens variés sont véhiculés qui dépendent des intentions plus ou moins claires ou cachées du locuteur à l'égard de son vis-à-vis, selon par exemple qu'il maniera l'humour, l'ironie, ou encore l'agressivité latente.

Il y a compréhension quand on peut établir une interaction entre les éléments linguistiques lus dans le texte, les connaissances du lecteur et les conditions dans

lesquelles est réalisée la tâche, interaction qui caractérise la construction du modèle de la situation particulière.

Pour faciliter la compréhension, le lecteur comble les manques ou trous dans la cohérence entre les différents éléments et phrases, à partir de ses connaissances en MLT (la compréhension est donc liée à la capacité de la MLT, Just & Carpenter, 1992; Ericsson & Kintsch, 1994), ou en produisant des inférences, c'est-à-dire des passerelles entre parties du texte afin de dégager un sens général. Si je lis la phrase « la maison a brûlé, le chat est mort. », je n'ai aucune difficulté à inférer que le chat était dans la maison lorsque la maison a pris feu et qu'il n'a pu en sortir. L'inférence est donc le coeur de la compréhension (Schank, 1976). Pour trouver du sens à un texte, le lecteur produit en permanence des liens ou passerelles tout au cours de l'avancement dans le texte.

Le sens devient alors l'interprétation d'un contexte, c'est-à-dire d'une configuration de liens entre unités sémantiques du texte et configurations voisines activées en MLT par celles-ci, ce qui fait dire à Rossi (1999) : « **Il n'y a pas de sens, il n'y a que des contextes ; les configurations importent plus que les primitives.** »

La compréhension est donc un processus à deux voies parallèles et concomitantes de construction-intégration (Kintsch, 1988, 1995).

1.

La construction, ou phase cognitiviste du modèle, correspond à l'activation des représentations contenues dans les éléments propositionnels de chaque phrase, activation assez large qui accepte toutes celles qui arrivent sans contrôle *à priori*, représentations pertinentes, mais aussi redondantes, contradictoires lesquelles sont traitées et triées. C'est la base de texte. Intervient ensuite une étape où l'on compare et sélectionne ces représentations avec ce qui existe dans nos connaissances en MLT. Cette étape d'élaboration permet d'opérer un premier traitement en vue de lier entre elles les propositions. A ce stade apparaissent les manques ou problèmes de cohérence locale. Une phase de productions d'inférences permet de réduire ces difficultés de cohérence locale ou de macro-structures, c'est-à-dire de liens entre les différentes phrases.

2.

La phase d'intégration dans un modèle global de description et de compréhension de la situation peut alors intervenir. Elle consiste en une valorisation des éléments apporteurs de sens, en l'éviction des représentations activées non pertinentes ou moins pertinentes, et en l'étiquetage de ce qui est contradictoire en vue d'un traitement ultérieur (Tapiero et Otero, 1999). Cette phase consiste en quelque sorte à un calcul matriciel de connexité, selon un processus très connexionniste (Rumelhart, 1986), qui voit renforcées les activations initiales ayant le plus de potentiels de cohérences matricielles, et écartées ou épinglées celles posant problème de cohérences ou de contradictions. Ce calcul opère en l'état de l'existant, mais également par anticipation, c'est-à-dire par la prédiction d'un sens probable compte tenu de l'état du modèle élaboré de la situation. Cette dimension prédictive fait que l'on s'attend à lire ceci ou cela ou que l'on interprète le nouvel élément d'information conformément à l'organisation bâtie des informations recueillies et traitées jusqu'alors.

L'intégration consiste donc au renforcement des informations pertinentes parce que cohérentes avec le sens global qui se dégage au niveau de la macro-structure, liant les phrases et le modèle de la situation. Ce processus d'intégration est asynchrone, multidimensionnel et permanent c'est-à-dire en action tout au cours de la lecture avec recherche permanente de relaxation du réseau connexionniste des valeurs activées.

Ce processus, nous l'avons mentionné, est en relation directe avec le niveau de connaissances initiales du lecteur. L'acquisition de connaissances dans la lecture d'un texte est très directement influencée par les connaissances préalables. Par l'analyse des temps de lecture et des performances en mémorisation, il a été mis en évidence que ceux-ci varient en fonction du niveau de connaissances initiales, non seulement dans le traitement à l'entrée (temps de lecture) mais également dans l'apprentissage et le transfert (Tapiero, 1991).

Un lien peut en effet être établi entre l'aptitude au transfert et la capacité à comprendre la structure d'un texte. En d'autres termes plus le sujet sera capable de bâtir un modèle de situation à partir d'un texte ou d'une histoire, plus il y a de chances qu'il puisse utiliser à nouveau cette méthode de structuration de la situation pour l'appliquer par analogie à de nouvelles histoires associées à de nouveaux contextes (Carbonell, 1982). "***The situation model is a subjective abstract, a flexible schema allowing for a collection of similar situations***" (Van Dijk & Kintsch, 1983).

Le fait que, dans notre expérience, les élèves soient tous issus du même niveau socio-éducatif minimise le facteur de connaissances préalables et valorise de façon privilégiée dans cette épreuve de compréhension de texte la composante élaboration d'un modèle de situation du texte lu. L'hypothèse retenue dans notre paradigme est que plus le sujet aura bâti un modèle de situation pertinent, mieux il sera capable de récupérer le sens du texte et, en conséquence, de réaliser la tâche consistant à ré-agencer dans le bon ordre les verbes de ce texte. Est-ce que sept mois de pratique auront aidé les sujets joueurs à développer une capacité de traitement de la macro-structure pour intégrer ceux-ci et élaborer un modèle de la situation ? Telle était la question que nous posions en recourant à cette épreuve-contrôle.

Si une différence devait être observée, cela démontrerait, d'une part que l'apprentissage du questionnement de l'espace-problème a un rapport avec le modèle d'élaboration du sens au cours de la lecture d'un texte, et d'autre part que l'habileté apprise dans ce questionnement est en partie transférable d'un domaine à l'autre, du domaine de la résolution de problèmes à celui de la compréhension d'un texte en lecture non experte.

Pour cette expérience, nous avons retenu un protocole semblable à celui défini par Zwann (1995) qui s'organise autour d'un indicage des événements d'une histoire par les verbes (*verb clustering - analysis*). Il s'agit de présenter une histoire et de sélectionner au sein de celle-ci les verbes qui sont les plus pertinents pour décrire l'enchaînement des actions. Pour le choix des histoires et des verbes à l'intérieur de celles-ci, Zwann (1995) insiste sur le fait que dans le contexte de la situation il ne doit y avoir aucune ambiguïté sur le sens du verbe, et que seul celui-ci puisse être associé à l'événement partie de l'action.

2 – Méthode

Cette épreuve-contrôle était administrée au cours de la même séance que l'épreuve Attention, ce qui a conduit, pour le contre-balancement, à proposer à la moitié des sujets l'ordre de passation Compréhension + Attention, et à l'autre moitié l'ordre Attention + Compréhension.

Sujets :

108 élèves de CM2, répartis en 33 pour le groupe contrôle non-joueurs, 46 pour le groupe joueurs méthode classique, 43 pour le groupe joueurs méthode transfert. 55 filles, 67 garçons. Tous les sujets ont une vue normale ou corrigée.

Stimuli

Deux histoires comportant autour de 55 mots (+ ou – 5), racontant une action afin de faciliter la compréhension et la mémorisation de celles-ci, extraites de deux ouvrages courants, « L'île Mystérieuse » et « Les Trois Mousquetaires ». Six verbes de l'histoire, sur la dizaine que celle-ci comporte, ont été choisis comme les plus fortement descriptifs de l'enchaînement de l'action, et prédictifs d'une suite logique pour l'histoire. Ces six verbes sont présentés à l'issue de la lecture du texte dans le désordre, avec pour tâche de les classer dans l'ordre de leur apparition dans l'histoire.

Design et Procédure

· écran de présentation du titre « Comment retenir des Histoires » et de la tâche,

· exemple réalisé par l'ordinateur sur une histoire composée de trois phrases, avec présentation de l'histoire, affichage d'une liste de cinq verbes, et classement de ceux-ci dans leur ordre d'apparition dans l'histoire,

· reproduction de l'exemple par le sujet,

· si le sujet fait une erreur dans la reproduction de l'exemple, deux nouveaux essais sont proposés reprenant le même schéma,

· écran « prêt pour la première histoire ? » « bouton prêt »,

· présentation phrase par phrase de la première histoire, selon une temporisation de 8 secondes par ligne ; les phrases lues ne restent pas à l'écran,

tableau composé, à gauche, de la liste des verbes dans le désordre, à droite, d'un cartouche identique à cinq emplacements, les sujets devant cliquer sur le verbe et le placer dans le cartouche de droite dans le bon ordre ; les sujets peuvent rectifier leur choix ; puis ils doivent le valider globalement. Aucune limitation du temps,

affichage des résultats du premier essai sous la forme d'un nombre de points (5 points en cas de bon placement, 1 point en cas de placement décalé d'une place), et d'une coloration différenciée des verbes selon que ceux-ci étaient bien placés ou décalés ; les verbes mal placés sous ces deux critères n'étant pas affichés,

second essai, avec cette fois présentation de l'histoire en entier, l'ensemble du texte restant présent à l'écran durant une minute,

affichage des résultats du second essai,

bouton annonçant « prêt pour la seconde histoire » sur lequel l'élève doit cliquer pour lancer sans qu'il soit contraint de le faire dans un temps limité,

même procédure que pour la première histoire

tableau de résultats global en nombre de points

Traitement des données

Les données capturées étaient : la position exacte ou inexacte du verbe dans le classement établi par le sujet, cela à chacun des deux essais, et pour les deux histoires proposées ; la progression entre les essais 1 et les essais 2 afin d'évaluer l'effet apprentissage.

Le score moyen aux premiers essais des deux histoires et à l'ensemble des essais était calculé.

Une ANOVA était réalisée sur les facteurs Groupe, Genre, pour la moyenne des premiers essais, afin d'effacer le facteur apprentissage.

Hypothèses

Le logiciel d'apprentissage proposé aux sujets du groupe 3 étant centré sur la recherche de mots, c'est-à-dire la recherche des éléments clés d'une position, nous avons postulé un possible effet de la pratique pour le groupe transfert, malgré la faible durée de l'apprentissage (sept mois). En effet, nous avons émis l'hypothèse que le questionnement d'un espace-problème s'apparente à la compréhension de la structure d'un texte, suivant en cela la théorie qui classe la compréhension de texte aussi bien en fonction Langage qu'en fonction Résolution de problèmes.

3 Résultats

31 – Effet de la variable Groupe

Il n'y a pas d'effet du groupe, $F < 1$, pour les scores à l'ensemble des essais, pas plus que pour la moyenne des deux premiers essais, $F < 1$.

Tableau 49 : Score moyen aux essais des deux histoires selon les groupes.

	Count	Mean	Std. Dev.	Std. Error
1	66	18,515	6,227	767
2	92	17,511	5,983	624
3	86	19,233	5,481	591
Means Table Effect: groupe Dependent: total				

Si l'on analyse les seuls premiers essais des deux histoires, afin d'effacer le facteur apprentissage dans la tâche, on mesure les scores suivants : G1=15,7 ; G2=18,5 ; G3=17,5.

32 - Effet de la variable Genre

Si les filles affichent un score plus élevé que celui des garçons (+7.9%), cet avantage n'est pas significatif : $F < 1$, pas plus sur l'ensemble des essais que pour la moyenne des deux essais ou la progression entre les essais.

Tableau 50 : Score moyen aux essais des deux histoires selon le genre.

	Count	Mean.	Std Dev.	Std. Error
F	110	19,164	5,285	504
M	134	17,754	6,312	545
Means Table Effect: sexe Dependent: total				

Les filles progressent autant que les garçons entre les essais (+ 4.6 et + 4.7 points)

33 – Facteur Ordre de passation

Aucun effet de l'ordre de passation des épreuves n'est constaté : score moyen 18.2 contre 18.5. De même aucune différence significative n'est mesurée selon que les sujets avaient commencé par une histoire plutôt que par l'autre tant pour les scores aux premiers essais (score 18.36 contre 18.32) que s'agissant de la moyenne de ceux-ci et de la progression entre les essais.

34 – Effet d'apprentissage

Un effet naturel de l'apprentissage est constaté, la progression entre les deux essais (+29%) étant très significative pour l'ensemble des sujets, quel que soit le genre, et ce pour les deux histoires, $F(2, 108) = 83.805 ; p = .0001$.

Tableau 51 : Score moyen aux essais 1 et 2.

	Count	Mean	Std.Dev.	Std.Error
essai1	122	16,041	5,127	464
essai2	122	20,738	5,705	516
Means Table Effect:essais Dependent:total				

Aucun effet Groupe n'est mesuré pour la variable intra-sujet d'apprentissage. La progression moyenne entre les deux essais est sensiblement la même : + 4.7 points.

35 – Interactions

Interaction des variables Groupe*Genre

L'interaction entre les facteurs Groupe et Genre n'est pas significative. Notons seulement que pour les groupes 1 et 2, les filles affichent un score supérieur à celui des garçons (G1 + 9% ; G2 + 17.8%), alors que pour le groupe 3 le score est inversé, les garçons étant plus performants que les filles (+ 3.1%).

Tableau 52 : Interaction Groupe*Genre au score moyen tous essais.

	Count	Mean	Std.Dev.	Std.Error
1,F	15	19,333	4,353	1,124
1,M	18	17,778	5,956	1,404
2,F	19	19,263	4,012	920
2,M	27	16,333	5,204	1,001
3,F	21	18,857	3,439	751
3,M	22	19,364	4,315	920
Means Table Effect:groupe*sexe Dependent:moyenne2essais				

14- Discussion

1. Nous avons posé avec prudence notre hypothèse expérimentale relative à un possible effet de la pratique pour le groupe méthode transfert. Les résultats n'établissent pas de façon significative cet effet.

2. L'habileté à construire un modèle pour mieux retenir la macro-structure d'un texte n'est pas encore présente de façon significative après seulement sept mois de pratique des

échecs, celle-ci fût-elle enseignée par une méthode intégrant l'objectif du transfert. On trouve certes des résultats tous concordants qui attestent d'une certaine tendance, mais sans que l'analyse de variance soit significative. A cet âge, et à ce niveau de développement cognitif, la compréhension semble donc être en voie de consolidation. Certains sujets dans les trois groupes ont en effet obtenus des scores élevés dès le premier essai.

3.

Sommes-nous en présence d'un effet qui se construit, et aurions-nous obtenu un effet significatif avec des sujets ayant plus de sept mois de pratique ? Seule une nouvelle expérimentation permettrait de trancher.

4.

Cette capacité de construction-intégration selon le modèle de Kintsch correspond à une opération qui est, à titre principal, d'ordre métacognitif. Le sujet doit, de façon consciente, établir des liens entre les éléments clés qu'il aura dégagés du texte, afin de bâtir un modèle de la situation. Il s'agit typiquement d'opérations mentales complexes qui sont effectuées, nous l'avons dit, tout au long de la tâche de découverte du texte. Durant la lecture, le sujet construit l'histoire autour des repères structurants. La mémoire de travail est mobilisée dans un travail métacognitif en ce qu'il s'accomplit concomitamment à la lecture en cours.

5.

On doit cependant relever un résultat intéressant, celui qui établit **l'inversion des scores obtenus par filles et garçons entre les groupes 3 et 1** (cf. le tableau 47). L'avantage en faveur des filles, + 8.4% pour le groupe 1, et + 18.4% pour le groupe 2, s'inverse au profit des garçons chez les sujets du groupe 3 (+ 3.1%). Ce résultat est dû essentiellement à l'augmentation sensible du score des garçons. **Les garçons auraient donc plus que leurs camarades féminines bénéficié de la pratique.** Pour mettre en perspective ce résultat, il n'est pas inutile de rappeler les données de l'expérience 3 sur la reconnaissance des mots, qui allaient dans le même sens. Nous avons observé une interaction significative des variables Genre et Pratique, avec une progression très forte chez les joueurs, comparativement aux sujets non-joueurs. La pratique avait donc profité, de façon sensible, aux garçons, alors que chez les filles, joueuses ou non, le niveau restait à peu près égal. Ceci était vrai pour les sujets ayant deux ans et plus de pratique échiquienne, mais également chez les sujets élèves de CM1 n'ayant que sept mois de pratique :

		Filles	Garçons
Taux de reconnaissance	Joueurs	77.1%	76.5%
	Non-joueurs	71.1%	60.7%

La pratique permettrait aux garçons de combler l'écart existant entre les deux sexes.

Conclusion

Nous avons constaté dans la tâche des Tours de Hanoï un transfert solide des habiletés de planification et de découpage en but/sous-but et dans l'inhibition des interférences (cf. quatrième partie). Pour autant nous ne savions pas si cet effet de la pratique valait pour tout type de résolution de problèmes. En retenant l'hypothèse de nombreux auteurs assimilant la fonction compréhension de textes à la résolution de problèmes nous avons dans cette épreuve-contrôle fixé un champ du transfert très large. Trop large ?

Rappelons l'interprétation développée plus haut de ces résultats : sept mois de pratique sont vraisemblablement insuffisants pour obtenir un effet significatif du transfert des habiletés.

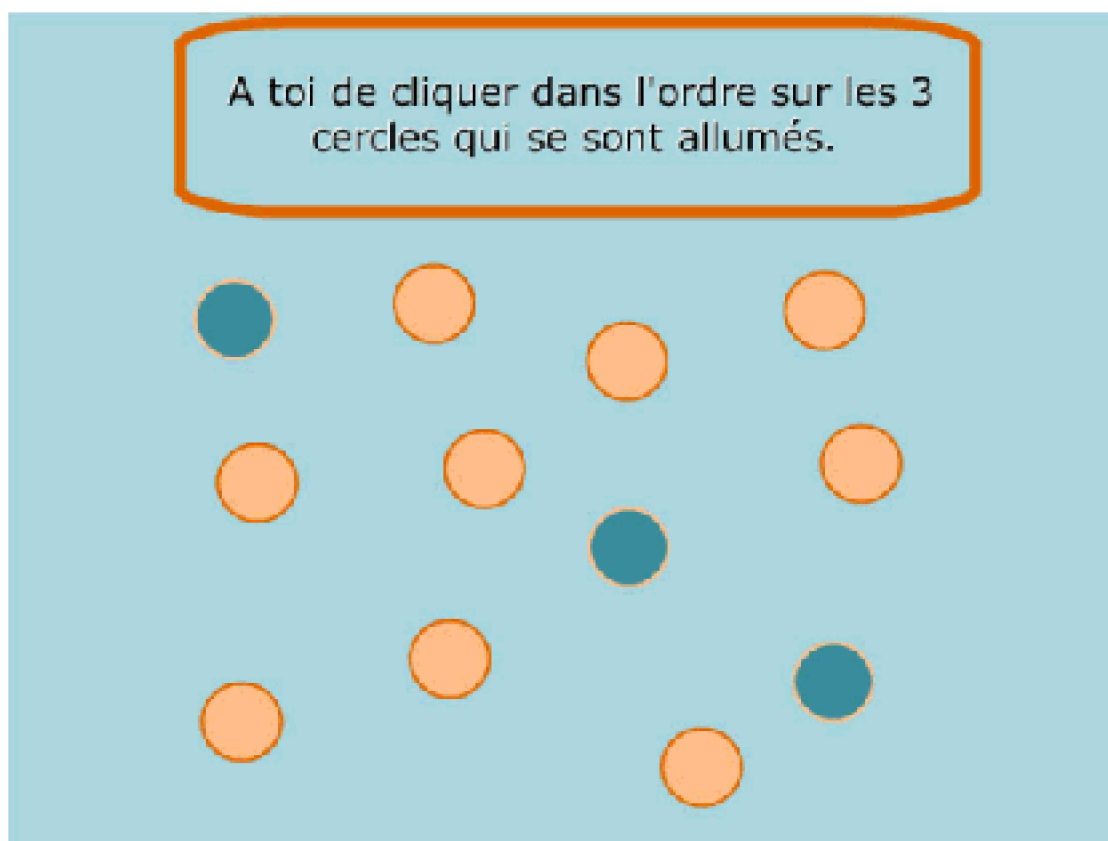


Figure 104 : Ecran présentant la tâche d'empan attentionnel visuo-spatial.

Chapitre 16 Expérience 7 : Empan attentionnel

visuo-spatial

Ce troisième protocole avait pour objectif d'apprécier les différences pouvant exister dans la capacité de concentration et d'attention et, en conséquence, de la mémoire de travail visuo-spatiale. Le joueur doit en parallèle conduire diverses tâches : traiter les éléments composant une position sous les multiples aspects de la valeur respective des pièces et du mouvement potentiel de celles-ci, récupérer en mémoire des patterns utiles pour dresser l'arborescence des variantes possibles, et calculer les conséquences des diverses possibilités. Dans chacune de ces phases une composante attentionnelle est mobilisée. L'attention est à la fois sélective lorsqu'il y a recherche d'une information sur l'échiquier, et partagée lorsque doivent être combinés des traitements parallèles sur plusieurs parties de l'espace des 64 cases.

La pratique échiquéenne fortement coûteuse en ressources attentionnelles nous a conduit à postuler un développement des processus cognitifs attentionnels et un transfert de ceux-ci. Nous étions encouragés à aller dans ce sens par les résultats obtenus à l'expérience 1 sur le chunking et l'expérience 4 sur le traitement des relations spatiales.

1 – Problématique théorique et objectifs

La première tâche du système cognitif est d'exercer un filtrage du contenu des informations reçues, tout ce qui se produit dans l'environnement d'un sujet ne pouvant être traité. L'attention est la composante cognitive qui remplit préférentiellement et en première instance cette fonction. C'est elle qui choisit et traite les stimuli au plan visuel et spatial, ou au plan auditif. Dans la plupart des cas l'attention est sélective et intentionnelle, c'est-à-dire intervient en fonction des objectifs du sujet dans l'instant donné et dans la tâche donnée. Il en sera tout autrement si le sujet se trouve soumis à un flux trop important et trop rapide d'informations, rendant quasi impossible la sélectivité de l'attention et la fixation sur l'un quelconque de ces percepts et en conséquence l'accès à une quelconque information.

C'est dans le domaine spatial et temporel que l'attention se déploie le plus ; de façon plus particulière, elle est recrutée également pour la reconnaissance d'objets.

Dans le domaine spatial, deux modèles principaux de l'attention ont été proposés : le **modèle du projecteur**, qui consiste en la polarisation sur un point précis dans le champ visuel, et le **modèle de l'objectif** ou **du zoom**, qui traduit la capacité à changer à la demande la taille de la fenêtre attentionnelle en fonction de ce que l'on cherche et de la tâche à effectuer.

Selon la théorie du projecteur (Posner, 1980), une focale fixe est déplacée, engagée, désengagée d'un point à un autre. Selon la théorie du zoom (Eriksen, 1987) il y a une dynamique, un **ajustement dynamique** (Duncan & Humphreys, 1989) qui, constamment, élargit le champ ou le rétrécit en fonction à la fois et du traitement et du but.

La qualité de l'attention influence directement les opérations cognitives recrutées dans une tâche, et ses insuffisances ont un effet immédiat sur la performance des tâches réalisées lors de ces opérations cognitives. Ainsi, mémoire, raisonnement, compréhension sont-elles largement dépendantes des ressources attentionnelles mobilisées et de l'efficacité de celles-ci.

La capacité de l'enfant à concentrer son attention lors d'une tâche est par conséquent une donnée essentielle pour la performance de ses capacités cognitives. **L'encodage perceptif** qui intervient au tout début d'un processus cognitif dit de haut niveau, c'est-à-dire correspondant à une tâche complexe, est donc essentiel. De sa qualité va dépendre l'activation en mémoire des représentations perceptives et sémantiques, lesquelles vont elles-mêmes aider à la décision de traitement selon le contexte et le but. Ceci renvoie à l'analyse computationnelle des opérations de traitement développée par les sciences cognitives.

Si, dans le même temps où je perçois des cercles qui se colorent, j'étiquette ceux-ci selon leur emplacement, et si je suis capable de mettre en place un système d'organisation dans l'espace de leurs rapports, alors j'augmente la probabilité de récupérer en mémoire immédiate ce schéma organisationnel dans une tâche de rappel. Je peux, par exemple, étiqueter "triangle" les trois premiers cercles colorés, et "carré" les quatre suivants. Lors de la récupération, ces deux étiquettes pourront me permettre de retrouver l'emplacement exact pour le cas où j'hésiterais entre deux cercles proches. La constitution de tels motifs ou chunks, lorsqu'elle s'avère possible, allège d'autant la mémoire immédiate dont la capacité optimale pourra être ainsi augmentée. Les ressources attentionnelles mobilisées, seules, permettront ce travail d'identification et de repérage dans l'espace des cercles et l'établissement d'un réseau les organisant. Si les ressources ne sont pas suffisantes, il est probable que le processus d'encodage ne sera pas assez enrichi et n'aura pas permis, notamment, l'activation du sous-système de traitement de la mise en réseau ou de constitution de chunks. Dans ce cas, la performance de la mémoire immédiate sera directement pénalisée.

Notre expérience 1 des épreuves contrôle nous a permis d'établir l'importance du facteur attentionnel dans une tâche de complètement de mots et d'accès au registre lexical. Dans la tâche de l'expérience présente, le rappel et la mesure d'empan visuo-spatial qui en résulte sont directement dépendants de ce processus.

2 – Méthode

Sujets :

126 élèves de CM2, (56 filles et 70 garçons), 34 dans le groupe contrôle, 47 dans le groupe joueurs méthode classique, 45 pour le groupe joueurs méthode transfert. Tous les sujets ont une vue normale ou corrigée.

Stimuli

Une vingtaine de cercles, dont seul le contour est dessiné, sans couleur à l'intérieur, sont

présents sur l'écran, répartis de façon aléatoire pour occuper l'ensemble de celui-ci. Entre chaque présentation le dispositif est à nouveau tiré et réparti aléatoirement.

Procédure

écran de présentation du titre de l'écran de présentation du titre de l'exercice :
« Retrouve ton chemin ».

écran expliquant le but de l'exercice et donnant la consigne

écrans donnant un exemple réalisé par l'ordinateur

le sujet est invité à reproduire l'exemple

écran demandant au sujet s'il souhaite revoir l'exemple ou commencer

écran annonçant que l'exercice va commencer avec rappel de la consigne et précision que l'on ne peut pas revenir sur son choix.

Les sujets commencent l'exercice en se voyant proposer deux cercles qui se colorent successivement puis, sur un nouvel écran reproduisant le même dispositif de cercles neutres, les sujets doivent retrouver les cercles en cliquant sur chacun, en respectant l'ordre de leur marquage dans la phase présentation des stimuli. Si les sujets cliquent sur tous les cercles présentés mais dans le désordre, la réponse est comptée incorrecte. Qu'ils aient répondu correctement ou non, ils se voient présenter deux nouveaux cercles. Si, pour la seconde fois, ils ne rappellent pas correctement les deux cercles, alors l'exercice est terminé.

Le retour d'information sur le caractère correct ou erroné de leur rappel est donné par l'affichage de la mention correct ou incorrect dès qu'ils ont saisi leur réponse. Le cercle se colore en bleu lorsque le sujet a cliqué dessus.

Un nouvel écran propose une nouvelle série comportant trois cercles. Si une réponse sur deux est correcte le sujet continue et passe à la série suivante avec quatre cercles. L'exercice dure jusqu'à ce que le sujet produise une double erreur.

Le sujet dispose d'un temps limité pour le rappel (le nombre de cercles à rappeler multiplié par 3 secondes, plus 3 secondes) au-delà duquel l'écran disparaît pour laisser place à un écran avec affichage de la mention correct ou incorrect. Le sujet doit cliquer sur un cartouche pour commencer un nouveau rappel.

Traitement des données

Le nombre de rappels corrects est seul comptabilisé, tous les autres étant qualifiés

'erreur'. Le score global de l'enfant est égal au nombre de rappels corrects. Son empan correspond donc à ce score divisé par deux puisque à chaque niveau deux rappels lui étaient proposés. Aucune mesure du temps n'est saisie. La variable dépendante est le Nombre de Cercles correctement rappelés ; les variables inter-sujets sont la Pratique, le Genre, l'Ordre de passation de l'épreuve.

Hypothèses

Nous avons émis l'hypothèse que les joueurs auraient une meilleure capacité à concentrer leur attention et obtiendraient un score plus élevé. Entre les joueurs, nous postulons également un avantage en faveur des joueurs du groupe transfert du fait de leur entraînement au cours de la méthode au rappel de positions et donc au chunking.

3 - Résultats

31 – Effet de la variable Groupe

Le tableau 54 présente les scores des trois groupes. La tendance est continue mais l'effet n'est toutefois pas significatif : $F < 1$.

Tableau 53 : Nombre moyen de cercles rappelés par groupe.

	Count	Mean	Std.Dev.	Std.Error
1	34	5,912	3,251	558
2	47	6,574	2,124	310
3	45	7,022	1,712	255

MeansTable Effect:groupe Dependent:nbrappels

32 – Effet de la variable genre

Aucun effet significatif de la variable inter-sujet genre n'est mesurée, $F < 1$. Le score des filles est de 6.75, celui des garons de 6.4.

33 – Effet de la variable ordre de passation

Nous mesurons un effet significatif de la variable ordre de passation de l'épreuve Attention. Les sujets qui ont passé cette épreuve après l'épreuve de Compréhension (sous-groupe 1) ont un résultat supérieur à ceux qui ont commencé par l'épreuve Attention (sous-groupe 2) :

$$+ 14.4\%, F(2, 117) = 4.094 ; p = .0453.$$

Tableau 54 : Nombre moyen de cercles rappelés selon l'ordre de passation.

	Count	Mean	Std.Dev.	Std.Error
1	60	7,017	2,296	296
2	66	6,136	2,398	295

MeansTable Effect:ordre Dependent:nbrappels
sous-groupe 1 : épreuve Compréhension puis épreuve Attention sous-groupe 2 : épreuve Attention puis épreuve Compréhension

34 - Interactions

Une très robuste interaction est trouvée entre les variables groupe et genre : $F(2, 117) = 5.165$; $p = .0071$.

Si, pour le groupe contrôle, les filles sont nettement plus performantes dans cette épreuve attentionnelle (+ 50 %), les résultats sont équilibrés pour les sujets du groupe 2, et on observe une très intéressante **inversion pour le groupe 3**, les garçons prenant le pas assez nettement sur les filles, + 12.8 %.

Tableau 55 : Nombre de cercles rappelés selon les variables Groupe*Genre.

	Count	Mean	Std.Dev.	Std.Error
1,F	15	7,267	2,314	597
1,M	19	4,842	3,532	810
2,F	20	6,550	2,235	500
2,M	27	6,593	2,080	400
3,F	21	6,571	1,434	313
3,M	24	7,417	1,863	380

MeansTable Effect:groupe*sexe Dependent:nbrappels

Comme L'illustre la figure 111, entre G3 et G1, les résultats sont très dissemblables : chez les garçons l'écart est considérable (+ 53.2%), alors que chez les filles il est en faveur du groupe 1 (+ 10.6%), du fait d'une exceptionnelle performance de quatre sujets contrôle dont l'empan dépassait les 10 (!!). Entre Groupe 3 et Groupe 2, le résultat est parfaitement équilibré chez les filles, et plus élevé pour les sujets garçons : $G3/G2 = + 12.5\%$.

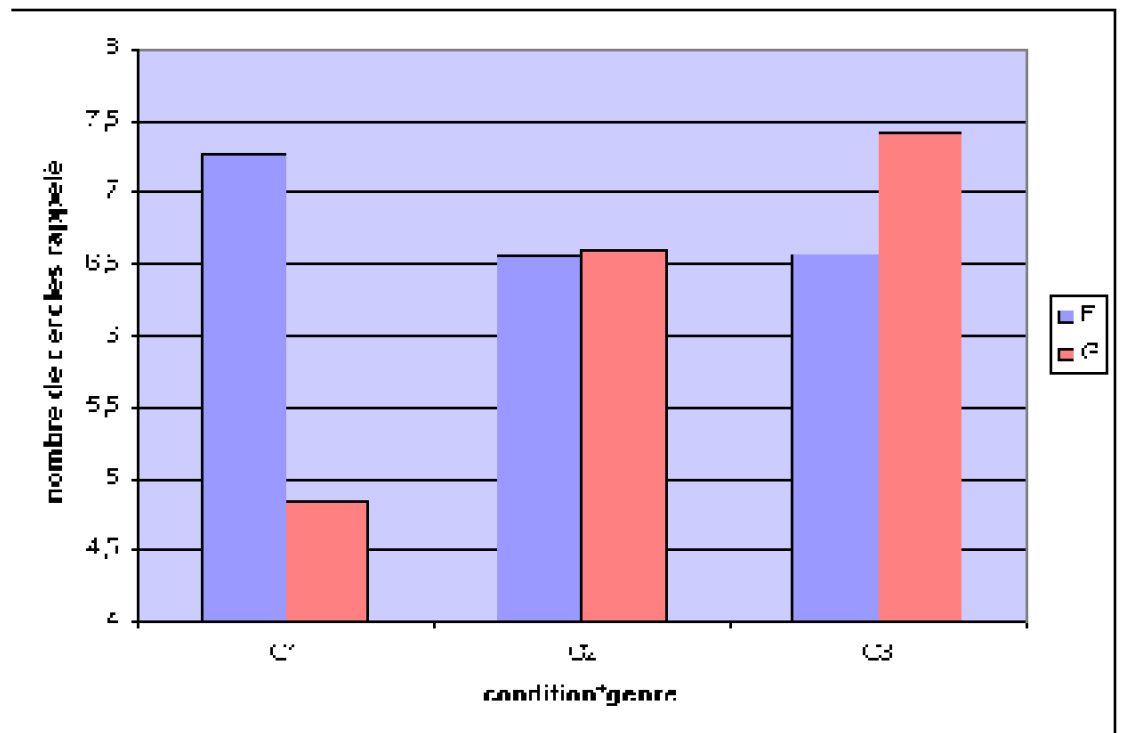


Figure 105 : Nombre de cercles rappelés selon les variables Groupe*Genre.

14- Discussion

1. S'il existe une tendance vers un avantage des joueurs par rapport aux sujets du groupe contrôle (+18.8% G3/G1 et +11.1% G2/G1), l'analyse de variance ne dégage pas un effet significatif. Notre hypothèse expérimentale n'est par conséquent pas validée. Nous retrouvons la problématique évoquée dans l'expérience 2 sur la Compréhension : il ne semble pas que la courte durée de l'apprentissage des échecs ait été suffisante pour apporter un avantage significatif par rapport au groupe contrôle. La formation a commencé à produire ses effets mais le seuil de significativité n'est pas franchi. L'écart de performance entre sujets joueurs des groupes 2 méthode classique et 3 méthode transfert, est de + 7%, non négligeable par conséquent, et peut s'expliquer par l'intégration dans le logiciel des exercices de rappel. Ceux-ci ont pu développer la pratique du chunking pour une meilleure mémorisation, la même remarque pouvant être formulée à propos du temps de l'apprentissage.

2. On doit rapprocher ces résultats de ceux obtenus dans la première expérience sur le chunking auprès d'élèves de CM2. Ceux-ci, rappelons-le, avaient tous deux années de pratique d'échecs. L'avantage significatif dans la performance de chunking était de + 15.4% par rapport au groupe contrôle de non-joueurs. Les chiffres sont par conséquent voisins. Mais les composantes visuo-spatiales de l'expérience 1 sur le chunking étaient plus renseignées que dans le protocole de cette expérience-contrôle de par le système

de coordonnées orthogonales facilitateur et la différenciation des objets, ronds et carrés et des couleurs ; l'encodage était donc plus enrichi avec un possible effet de similarité facilitateur pour le transfert.

3.

L'effet de la variable ordre de passation donne une indication utile sur la manière dont les sujets ont été capables de mobiliser leur attention. Ceux qui ont commencé par l'épreuve attention ont une performance significativement inférieure par rapport à ceux qui n'ont abordé cette tâche qu'en second. Cet effet vaut pour l'ensemble des sujets des trois groupes puisque l'ANOVA de l'interaction Groupe*Ordre de passation n'est aucunement significative, $F < 1$. Nous pouvons sans doute interpréter cet effet robuste de l'ordre de passation par le fait que les sujets qui avaient déjà réalisé leur première tâche étaient plus concentrés pour la seconde épreuve. L'observation vaut aussi bien pour les garçons que pour les filles.

4.

L'analyse des résultats selon le genre doit être faite à deux niveaux. Le score global par groupe n'est pas significatif malgré une tendance à l'avantage des filles. Si l'on examine l'interaction Genre et Pratique, alors nous observons une différence fortement significative ($p = .007$). Chez les sujets du **groupe 1 contrôle, la performance des filles est nettement supérieure** à celle des garçons (+50%). Les filles démontrent une capacité attentionnelle dépassant largement celle de leurs camarades masculins. Chez les sujets du **groupe 2, joueurs méthode classique, la performance entre filles et garçons est équilibrée**, 6.55 contre 6.59. La pratique a profité à l'ensemble des sujets, puisque le score moyen de groupe est plus élevé que celui du groupe 1 (6.57 contre 5.91) mais ceci est surtout dû exclusivement à l'amélioration du score des garçons. Le score des garçons entre groupe 1 et 2 augmente sensiblement, +36%. Le score des filles du groupe 2 est inférieur à celui du groupe 1 (-10%), mais il convient de rappeler que chez les sujets filles du groupe 1 il s'est trouvé quatre élèves dont la performance tangentait ou dépassait + 2 écarts-type. L'apprentissage échiquéen, de façon évidente, améliore la capacité de mobilisation de l'attention chez les garçons, alors que celle-ci semble globalement à cet âge, 10 ans et 9 mois, bien plus forte chez les filles. La tendance observée chez les sujets du groupe 2 est accentuée pour le groupe 3. Dans ce **groupe 3 méthode transfert, les scores moyens des garçons deviennent supérieurs à ceux des filles**, + 12.8%. Certes le score des filles reste inférieur à celui des filles du groupe 1 compte tenu de 'l'anomalie' mentionnée plus haut. Mais **pour les garçons la différence entre G3 et G1 est de + 53%**. La tendance qui se dégagait pour le groupe 2 est amplifiée : l'apprentissage échiquéen profite de façon significative aux garçons. **La mobilisation de l'attention est suffisante pour que l'aptitude au chunking se développe**, sans qu'il nous soit possible d'attribuer à l'attention ou au processus du chunking un poids relatif dans l'amélioration de la performance.

5.

Pour éclairer cette question du poids respectif des deux mécanismes attention et chunking intervenant dans la tâche, nous avons procédé à une **analyse de composante principale** en rapprochant les deux tâches des expériences 1 et 3, qui recrutent toutes deux une composante attentionnelle. Si la variable attentionnelle est

principale dans chaque expérience et non pas la variable accès au registre lexical (expé 1) ou chunking (expé 3), nous devrions trouver un coefficient de corrélation fort entre les deux expériences. En revanche un faible coefficient indiquerait que la composante attentionnelle n'est pas principale par rapport à la seconde composante cognitive de chaque tâche : l'accès au registre lexical pour l'expérience 1 et le chunking pour l'expérience 3.

Les corrélations entre les résultats aux deux expériences 1 et 3 ont été calculées pour l'ensemble des sujets de chaque groupe en tenant compte de l'ordre de passation dont nous avons constaté qu'il était une variable très significative pour les filles et pour les garçons.

Tableau 56 : Coefficients de corrélation entre expériences 1 (chunking) et 3 (span visuo-spatial).

Tous sujets	G 1	G 2	G 3
Sous-groupes 1:	0.49	- 0.03	0.17
Sous-groupes 2:	0.17	0.13	0.12
Sous-groupes 1 ordre Compréhension puis Attention Sous-groupes 2 ordre Attention puis Compréhension			

Sur l'ensemble des sujets, le profil des corrélations est homogène dans le protocole Attention-Compréhension, pour les deux groupes joueurs, ce qui indique que **la composante cognitive principale dans les deux tâches expérimentales n'est pas attentionnelle**, l'accès au registre lexical ou le chunking étant essentiels.

En revanche, le coefficient élevé (0.49) pour le groupe contrôle atteste que pour les sujets de ce groupe la réalisation de la tâche est plus coûteuse en ressources attentionnelles. Les sujets joueurs sont plus facilement concentrés sur la tâche et leurs ressources cognitives sont plus largement disponibles pour la composante spécifique à la tâche. Les chiffres des trois sous-groupes 2 corroborent cette interprétation. La corrélation est faible pour les trois conditions, ce qui s'explique par le fait qu'en début d'épreuve les sujets rencontrent les mêmes difficultés à se concentrer et à engager leur attention.



Figure 106 : Ecran présentant la tâche de l'épreuve de rotation mentale, mode Miroir.

Chapitre 17 Expérience 8 : Imagerie, rotation mentale

L'exploration en profondeur d'une position en vue de rechercher le coup à jouer et le calcul des variantes repose pour une bonne part sur l'imagerie mentale, comme nous l'avons montré dans notre première partie. Questionner l'espace-problème oblige à simuler les mouvements possibles et à voir, au-delà des pièces présentes sur l'échiquier, la configuration résultant d'un enchaînement de coups imaginés et réalisés.

Nous étions fondés par conséquent à postuler un fort effet de la pratique sur une tâche purement d'imagerie mentale et c'est le but de cette quatrième épreuve-contrôle.

La méthode d'apprentissage étant centrée exclusivement sur la recherche de mats, il nous paraissait intéressant également de rechercher si un éventuel écart de performance était constaté entre les deux groupes de joueurs.

1 – Problématique théorique et objectifs

L'activité d'imagerie visuelle, c'est-à-dire la création d'images mentales en l'absence de percept, est utilisée couramment dans la vie quotidienne. Il peut s'agir d'imaginer un objet

en un lieu afin de le mémoriser et de prévenir le risque d'oubli. Il peut également s'agir de se représenter mentalement un geste que l'on doit accomplir, une situation ou un lieu afin d'en faire évoluer les paramètres, par exemple, imaginer ce que ce serait le dispositif d'un salon si l'on changeait la place respective des différents meubles et objets, en tournant dans divers sens ceux-ci dans le but d'en trouver l'angle de présentation qui nous paraît le plus agréable ou judicieux.

Les liens entre imagerie et mémoire ont fait l'objet de fructueuses études attestant de l'importance pour la mémorisation de l'adjonction à l'encodage verbal d'une image plus ou moins construite ou située. L'évidence neuropsychologique a été apportée au cours des années récentes à la théorie du double codage symbolique verbal et imagé posé par Paivio (1971, 1979) mettant en valeur l'importance du rôle de l'image.

Rappelons que le paradigme principal des premières études sur la nature des représentations visuelles mentales retenait la comparaison entre deux objets. Shepard et Metzler (1971) proposent des paires variant par leur orientation dans l'espace, la décision de savoir s'il s'agit d'objets identiques nécessitant d'opérer une rotation mentale de l'un jusqu'à ce que celui-ci ait la même orientation, rendant alors la comparaison plus aisée. La présentation selon des angles allant de 0 à 180 degrés entre les deux stimuli a permis de mesurer une augmentation linéaire du temps nécessaire à opérer la rotation mentale sans perdre la structure au cours de cette rotation. Des résultats concordants - bien que moins linéaires pour les degrés d'angle de rotation les moins élevés (Hock & Tromley, 1978) - sont trouvés lorsque la comparaison est faite entre des formes plus familières que des objets abstraits, telles que des lettres de l'alphabet (Cooper & Shepard, 1973). Ces deux derniers auteurs retiennent un paradigme de rotation mentale avec pour stimuli des mains (1975) dont ils étudient les conditions de transformation de l'image vue pour créer une image plus conforme au modèle connu afin d'opérer une identification main gauche main droite.

Les sujets sportifs de haut niveau ont été beaucoup étudié (basketteurs, skieurs ou hockeyeurs), la part d'imagerie dans la répétition à l'entraînement du geste à accomplir s'avérant très efficiente (Eloi & Denis, 1987).

La théorie principale des images mentales visuelles a été posée par Kosslyn, assumant que les images mentales recrutent les mêmes sous-systèmes de traitement que la perception visuelle, (1978, 1991). L'étude des patients cérébro-lésés a confirmé le recouvrement des mécanismes de la perception visuelle et de l'imagerie (Farah, 1988, Levine, Warach, et Farah, 1985) tout comme les études sur l'héminégligence de patients de Bisiach et Luzzatti (1978) ne rappelant que les éléments de la partie droite de la place du Duomo de Milan.

Le développement de l'utilisation des techniques d'imagerie médicale en neuropsychologie cognitive a permis d'apporter les preuves des liens existant entre imagerie mentale et perception visuelle (Farah, 1986) et du recouvrement des structures anatomo-fonctionnelles de la perception visuelle et de l'imagerie mentale (Kosslyn, 1994). Les études les plus récentes ont témoigné de ce recouvrement très large des activités de perception visuelle et d'imagerie visuelle, recrutant les mêmes zones occipitales, pariétales et temporales (Mellet, Tzourio, Denis & Mazoyer, 1995) laissant ouverte la

question de l'existence ou non d'une image en V1 lors de l'activité d'imagerie mentale.

Si l'imagerie visuelle repose sur une telle communauté de mécanismes neuro-fonctionnels, nous posons l'hypothèse qu'un lien doit pouvoir être établi entre l'habileté cognitive de traitement visuo-spatial développée par la pratique du jeu d'échecs, telle que nous l'avons mise en évidence dans nos expériences 1 et 3, et l'efficience dans une tâche d'imagerie mentale.

Quel paradigme expérimental pouvions-nous retenir pour l'investigation de notre hypothèse ? L'épreuve de rotation mentale de mains est un paradigme auquel il est fréquemment recouru pour l'étude de l'imagerie visuelle et de ses déficits (Parsons, 1994). Cette activité de rotation mentale est présente très tôt dans le développement de l'enfant, ce qui nous confortait dans l'idée de retenir ce paradigme s'agissant d'élèves de CM2. Ainsi a-t-on établi que dès l'âge de six ans les enfants font aussi bien que des adultes dans une tâche de rotation mentale (Estes, 1998). L'évidence neuro-anatomique des mécanismes impliqués dans une opération de rotation mentale a été rapportée, entre autres par Kosslyn et collaborateurs (1998), avec une différence importante entre les régions cérébrales selon que la rotation concerne des objets ou les mains. Dans le cas de la rotation de la main, en effet, on observe une activation des régions impliquées dans la préparation du mouvement, ce qui n'est pas le cas avec des figures géométriques. Mentionnons également les études sur des enfants atteints de troubles du langage, qui ont mis en évidence les liens existant entre l'imagerie visuelle et la fonction langage : les sujets atteints de troubles du langage connaissent un déficit représentationnel diffus (Johnston, Weismer 1983), ce déficit de la fonction langage rejaillissant sur l'imagerie visuelle.

Une tâche de rotation mentale présentait également l'avantage de pouvoir prendre en compte la différence entre sexe telle qu'elle ressort de la littérature. Karadi (1999, 2001) a montré que cette différence, très manifeste chez l'adulte, n'existait pas chez des enfants de 9 ans, ce qui postulerait un changement lié au développement cognitif. Notre étude portant sur des sujets de 10 ans et 9 mois d'âge moyen, il n'était pas inintéressant, à titre secondaire certes par rapport à notre objectif expérimental, de regarder si cette différenciation était présente ou non dès cet âge.

2 – Méthode

Sujets :

119, répartis comme suit

·
Groupe Contrôle Non Joueurs = 28, (14 filles, 14 garçons)

·
Groupe Joueurs Classique = 44, (21 filles, 23 garçons)

·
Groupe Joueurs Méthode = 47, (23 filles, 24 garçons)

13 sujets (4 du groupe 1, 6 du groupe 2, 3 du groupe 3) n'ont pas été retenus dans le dépouillement, dont l'anormale rapidité des temps de réponse, (inférieurs à 1000 ms et inférieurs à - 2 écarts-type par rapport au temps de réponse moyen du groupe), témoignait d'un choix de réponse au pur hasard sans souci d'effectuer sérieusement la tâche.

Stimuli :

La moitié des stimuli représentait des photos en couleur de mains gauches, l'autre des photos en couleur de mains droites, construites en image 3D afin de neutraliser d'éventuels biais liés à des mains réelles. Les stimuli étaient répartis en deux catégories comportant des mains en présentation normale et des mains en condition miroir. Les mains en condition miroir pouvaient être clairement identifiées comme telles par la présence d'un cadre, et par la surface colorée en bleuté du miroir. Les mains étaient présentées pour chaque condition miroir ou normal en axial ou à plat, selon huit angles différents (0° 45° 90° 135° 180° 220° 270° 315°). Les présentations en axial étaient pour moitié orientées la pointe des doigts vers le haut pour l'autre la pointe des doigts vers le bas.

Procédure :

Le contre-balancement était obtenu par la répartition des sujets en deux sous-groupes, version A et version B.

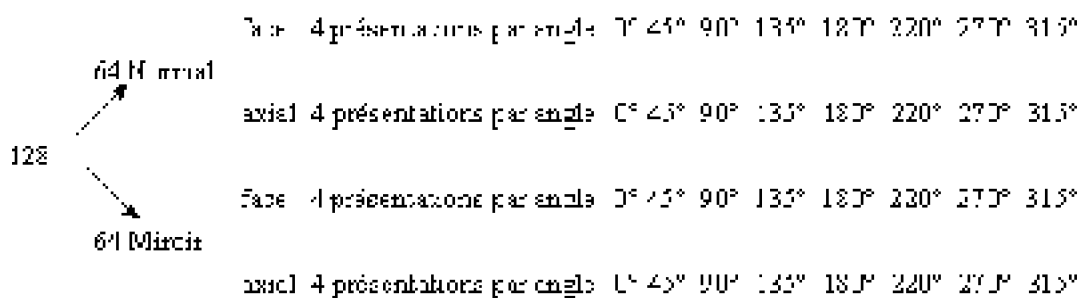
version A : N – M – pause - M – N : bloc Normal (16 stimuli à plat, 16 en axial) + bloc Miroir (16 stimuli à plat, 16 en axial) - pause - bloc Miroir (16 stimuli à plat, 16 en axial) + bloc Normal (16 stimuli à plat, 16 en axial)

version B : M – N – pause - N – M : bloc Miroir (16 stimuli à plat, 16 en axial) + bloc Normal (16 stimuli à plat, 16 en axial) - pause - bloc Normal (16 stimuli à plat, 16 en axial) + bloc Miroir (16 stimuli à plat, 16 en axial)

Les stimuli étaient tirés de façon aléatoire à l'intérieur de chacune des séries Normal et Miroir, avec clé d'exclusion du cas de trois apparitions en condition identique d'angle et de nature (face/axial).

Chaque sous-condition de présentation comportait quatre stimuli.

Le protocole de l'expérience peut être ainsi schématisé :



Après un écran d'ouverture de l'exercice présentant des mains et les qualifiant de gauche ou droite, en présentation normale et en présentation en miroir, la tâche était énoncée avec indication de la saisie du choix du sujet à l'aide des flèches sur le clavier. Puis un exemple était soumis, comportant quatre stimuli, avec énoncé de la solution et de la procédure de la saisie de la réponse à l'aide des flèches. Le sujet était invité à utiliser lui-même les flèches sur deux essais avec validation immédiate de sa réponse.

A nouveau les consignes étaient précisées, avec indication des deux séries entrecoupées d'une pause. Le sujet lançait lui-même l'exercice. Après chaque décision, la nature correcte ou incorrecte de celle-ci était affichée avant la présentation du stimulus suivant. A la fin, un tableau présentait au sujet les scores globaux d'exactitude et de temps de réponse pour les deux conditions Normal et Miroir.

Rappelons que tous les sujets passaient au cours de la séance d'épreuves contrôle, pour une moitié d'entre eux les épreuves dans l'ordre Imagerie puis Langage, pour l'autre dans l'ordre inverse.

Traitement des données

Les variables inter-sujets étaient le Groupe (G1 groupe contrôle, G2 groupe joueurs méthode classique, G3 groupe joueurs méthode transfert), le Genre, l'Ordre de passation (épreuve Langage (1) avant ou après l'épreuve Imagerie (2)), la Version de contre-balancement, A (N M M N) ou B (M N N M).

Les variables dépendantes capturées étaient pour chaque stimulus, l'Exactitude de la réponse et le Temps de la réponse selon les deux modes de présentation et selon les angles de rotation.

Pour le traitement, les données ont été regroupées par catégories - main gauche ou main droite - pour chacun des huit degrés d'angle de présentation, avec agrégation des résultats selon les deux modes de présentation des stimuli, Normal et Miroir.

Nous n'avons pas procédé à une analyse plus fine des blocs antérieurs ou postérieurs à la pause du milieu d'épreuve. Nous n'avons pas non plus analysé le détail des temps de réponse selon les angles de présentation, par souci de ne pas alourdir le traitement de données par trop riches au regard de notre hypothèse expérimentale.

Hypothèses

Nous postulons un effet possible de la pratique, bien que la littérature distingue la tâche

de rotation mentale de mains d'avec celle d'objets ou figures géométriques (Kosslyn, 1998), ce qui rend moins probable le transfert de l'habileté à imaginer des trajectoires de pièces vers une tâche aussi égocentrique et, partant, différente que celle de la rotation de mains. Nous pensons en effet que la pratique du calcul mental des mouvements virtuels des pièces sur l'échiquier durant la phase de recherche des coups à jouer de l'adversaire ou de soi-même peut développer les mécanismes d'imagerie, certes sans la 3D.

Parmi les joueurs, nous n'envisagions pas de différence entre joueurs du groupe classique et ceux du groupe Logiciel, l'exercice de transfert sur le traitement de la relation spatiale n'ayant été réalisé que deux fois.

Nous n'avions pas d'hypothèse sur l'effet du genre, la question du moment où apparaît cet effet Genre étant ouverte, comme nous l'avons argumenté plus haut.

3 - Résultats

31- Effet de la variable Groupe

31 - A - Score d'exactitude

Contrairement à notre hypothèse, il n'y a pas d'effet groupe significatif, ni pour la condition Normale, $F(2, 119) = .833 ; p = .4374$, ni pour la condition Miroir, $F(2, 119) = 2.177 ; p = .1185$, les performances étant assez proches et contradictoires.

—
Les scores d'exactitude montrent que les mains en présentation Miroir sont plus difficiles à traiter : - 15.4% de réponses correctes pour le groupe 1, - 16.4% pour le groupe 2, - 7.1% pour le groupe 3. Entre les deux modes de présentation, Normal et Miroir, la tâche de traitement des stimuli en Miroir est plus coûteuse au plan cognitif, puisque s'ajoute à la rotation mentale, l'opération d'inversion de la décision qualifiant de gauche ou de droite la main regardée. L'opération mentale supplémentaire liée au mode miroir semble toutefois moins coûter aux sujets du groupe 3, alors qu'elle est sensiblement du même ordre de grandeur pour les deux autres groupes.

Tableau 57 : Taux moyen de réponse correctes par groupe, mains condition Miroir.

	Count	Mean	Std.Dev.	Std.Error
1	28	56,357	13,828	2,613
2	44	53,659	13,772	2,076
3	47	59,596	16,328	2,382

Means Table Effect: Groupe Dependent: Score Miroir

Tableau 58 : Taux moyen de réponses correctes par groupe, mains condition Normal.

	Count	Mean	Std.Dev.	Std.Error
1	28	65,143	15,677	2,963
2	44	62,500	14,347	2,163
3	47	63,809	15,728	2,294

Means Table Effect: Groupe Dependent: Score Normal

–

Les groupes ne sont pas pénalisés de la même manière par le mode Miroir. Alors que pour les groupes 1 et 2 le différentiel entre conditions est de : – 13.5% pour G1 et de – 14.2% pour G2, il est deux fois moins important pour G3 et chute à seulement – 6.6%. On relève que dans la condition Miroir, le score d'exactitude du G3 est supérieur à celui de G1 ce qui n'était pas le cas pour la condition Normal.

2.

L'analyse du détail du score d'exactitude selon les angles et les conditions de présentation des stimuli (Normale, Miroir) ne laisse apparaître aucun effet significatif de la variable groupe pour un quelconque degré d'angle de présentation.

Tableau 59 : Score d'exactitude par groupe selon les angles de présentation (N+M).

	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°
Groupe 1	50,0	37,9	37,9	25,9	39,7	39,7	39,7	32,8
Groupe 2	51,1	41,3	32,6	30,4	31,5	28,3	32,6	42,4
Groupe 3	45,6	43,3	45,6	37,8	34,4	38,9	37,8	46,7

On relève que **les rotations mentales les plus difficiles** concernent les **degrés d'angle de 135°, 180°**, et que pour celles-ci le nombre de réponses correctes est divisé par deux. Nous avons réalisé un traitement des résultats après regroupement des degrés d'angle en trois sous-ensembles selon la difficulté de la rotation à effectuer : rotations 1 (degrés 0°, 45°, 90°), rotations 2 (degrés 135°, 180°), rotations 3 (degrés 225°, 270°, 315°).

Tableau 60 : Taux d'exactitude selon les groupes de rotation mentale.

	rotations 1	rotations 2	rotations 3
Groupe 1	41,9	32,8	37,4
Groupe 2	41,7	31,0	34,4
Groupe 3	44,8	36,1	41,1

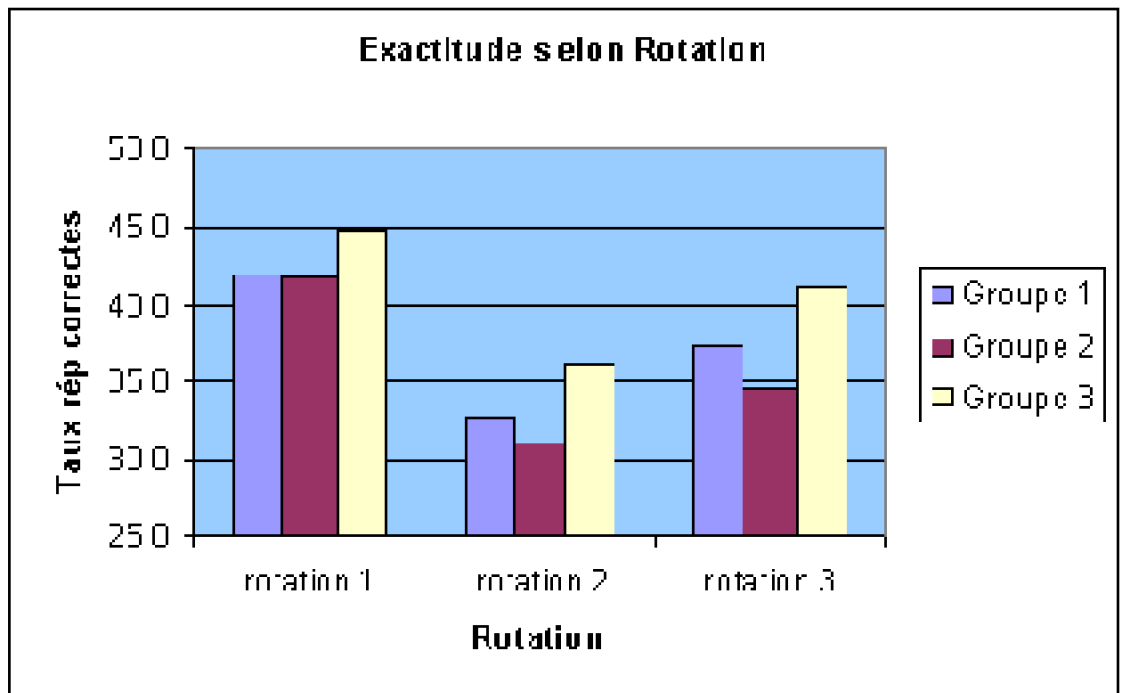


Figure 107 : Score selon sous-ensemble angles de Rotation et Groupe (N+M).

Aucun effet significatif de la variable groupe n'est constaté, malgré l'homogénéité des tendances entre les trois groupes.

3.

Nous avons analysé les résultats selon que les stimuli étaient des mains gauches ou droites afin de vérifier si un effet de la variable groupe était observé. Aucun effet particulier n'est observé.

Tableau 61 : Score exactitude selon Angles*Groupe*Mains Gauche/Droite (N+M) tous sujets.

	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°
Mains G	42,3	41,5	36,0	32,4	31,6	36,0	36,6	37,9
Mains D	56,3	41,8	40,0	29,8	38,5	37,3	38,5	43,2

Si l'on analyse ces résultats selon la variable groupe aucun effet n'est significatif s'agissant de l'exactitude. Tout au plus peut-on remarquer une linéarité plus sensible pour le traitement des mains droites par le groupe 3, les degrés d'angle les plus difficiles étant relativement mieux traités. On relève que les mains droites sont dans l'ensemble mieux traitées dans les deux conditions Normal ou Miroir.

31- B Temps de réponse

Contrairement au taux d'exactitude, le temps de réponse est très discriminé et la variable Groupe devient fortement significative dans le mode de présentation Normal, $F(2, 107) =$

6.518 ; $p = .0021$, et voisin de la significativité pour le mode Miroir, $F(2, 107) = 2.751$; $p = .0684$.

Tableau 62 : Temps moyen de réponse correctes par groupe, Mode Normal.

	Count	Mean	Std.Dev.	Std.Error
1	28	3157,071	637,633	120,501
2	44	3026,500	598,649	90,250
3	47	2785,191	608,192	88,714

Means Table Effect: groupe Dependent: TR miroir

Les sujets du groupe 3 mettent 425 ms de moins à traiter les stimuli en mode Normal (- 15%), et 372 ms de moins pour les stimuli en mode Miroir (- 12%). Les écarts sont beaucoup moins importants entre les Groupes 1 et 2 (respectivement 141 ms et 131 ms).

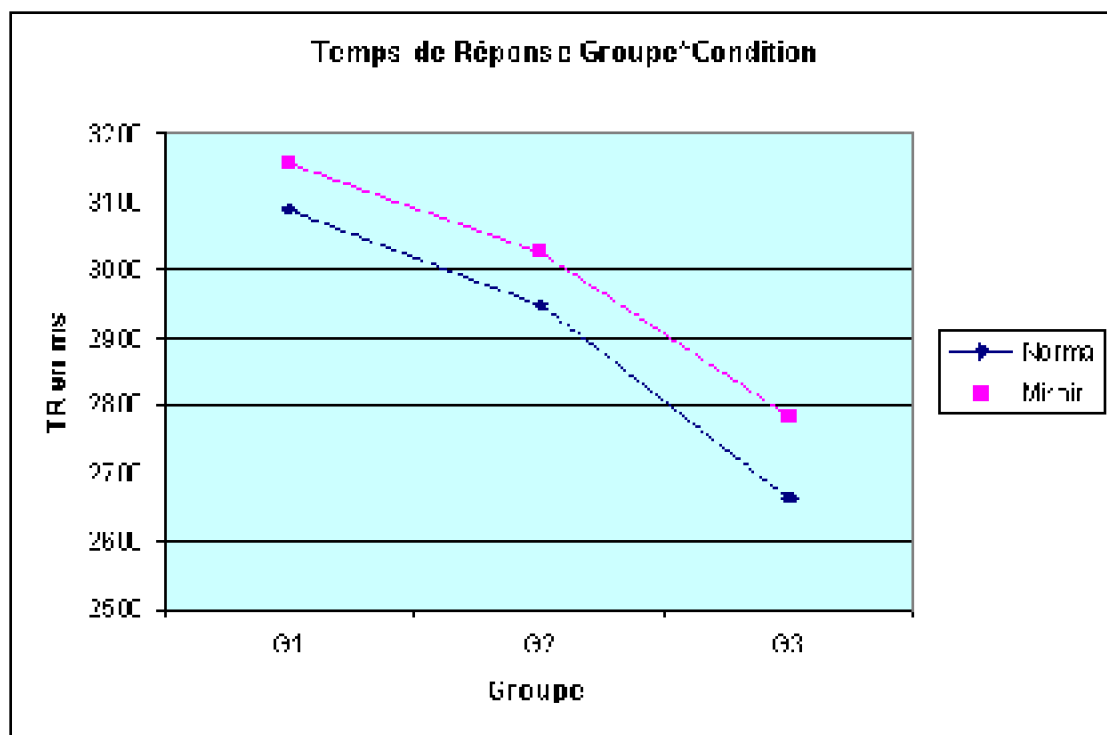


Figure 108 : Temps de réponse selon les Groupes, Mode Normal.

Considérant d'une part que les écarts dans les taux de réponses correctes étaient proches pour les trois groupes en condition Normal et à l'avantage des joueurs en condition Miroir, et les écarts non significatifs, et d'autre part compte tenu de la forte co-variance trouvée dans le temps de réponse, nous n'avons pas fait d'analyse combinée sur les seules réponses exactes entre facteurs efficacité et rapidité.

32- Effet de la variable Genre

32-1 A Score d'exactitude

LE DEVELOPPEMENT DES HABILETES COGNITIVES DE L'ENFANT PAR LA PRATIQUE DU JEU D'ECHECS :

Aucun effet de la variable genre n'est observé, quels que soient les modes de présentation (Normal, Miroir) :

Tableau 63 : Score d'exactitude, Effet du genre.

	Count	Mean	Std.Dev.	Std.Error
F	58	56,293	15,443	2,028
M	61	56,967	14,593	1,868
Means Table Effect: sexe Dependent: Score Miroir				
	Count	Mean	Std.Dev.	Std.Error
F	58	62,276	16,274	2,137
M	61	64,934	13,953	1,787
Means Table Effect: sexe Dependent: Score Normal				

Il en est de même pour l'analyse par degré d'angle de présentation. Aucun effet de la variable genre n'est mesuré.

32- 2B Temps de réponse

Si pour le mode Normal aucun effet significatif de la variable genre n'est constaté, $F < 1$, pour le mode Miroir en revanche, un effet est mesuré, $F(1,107) = 4.952$; $p = .0282$.

Les garçons sont plus rapides que les filles dans la tâche, quel que soit le mode de présentation : - 5.2% en Normal, - 9.2% en Miroir.

Tableau 64 : Temps de réponse moyen selon le genre, condition Normal.

	Count	Mean	Std.Dev.	Std.Error
F	58	2944,879	552,904	72,600
M	61	2799,475	550,299	70,459
Means Table Effect: sexe Dependent: TR normal				

Tableau 65 : Temps de réponse moyen selon le genre, condition Miroir.

	Count	Mean	Std.Dev.	Std.Error
F	58	3095,466	606,359	79,619
M	61	2834,934	621,097	79,523
Means Table Effect: sexe Dependent: TR miroir				

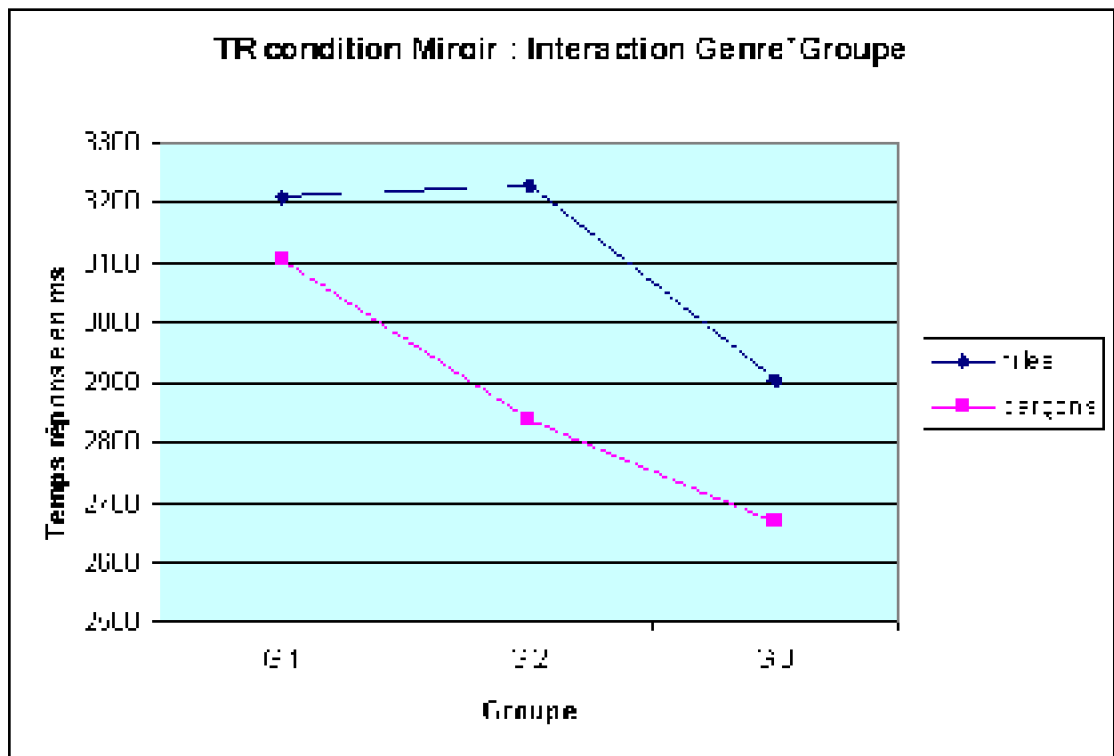


Figure 109 : Temps de réponse condition Miroir, Interaction effets Genre et Groupe.

Nous avons calculé la performance globale prenant en compte l'exactitude et le temps de réponse, pondérés pour moitié chacun. Ceci est sans doute l'appréciation la plus pertinente pour apprécier la réalisation de la tâche.

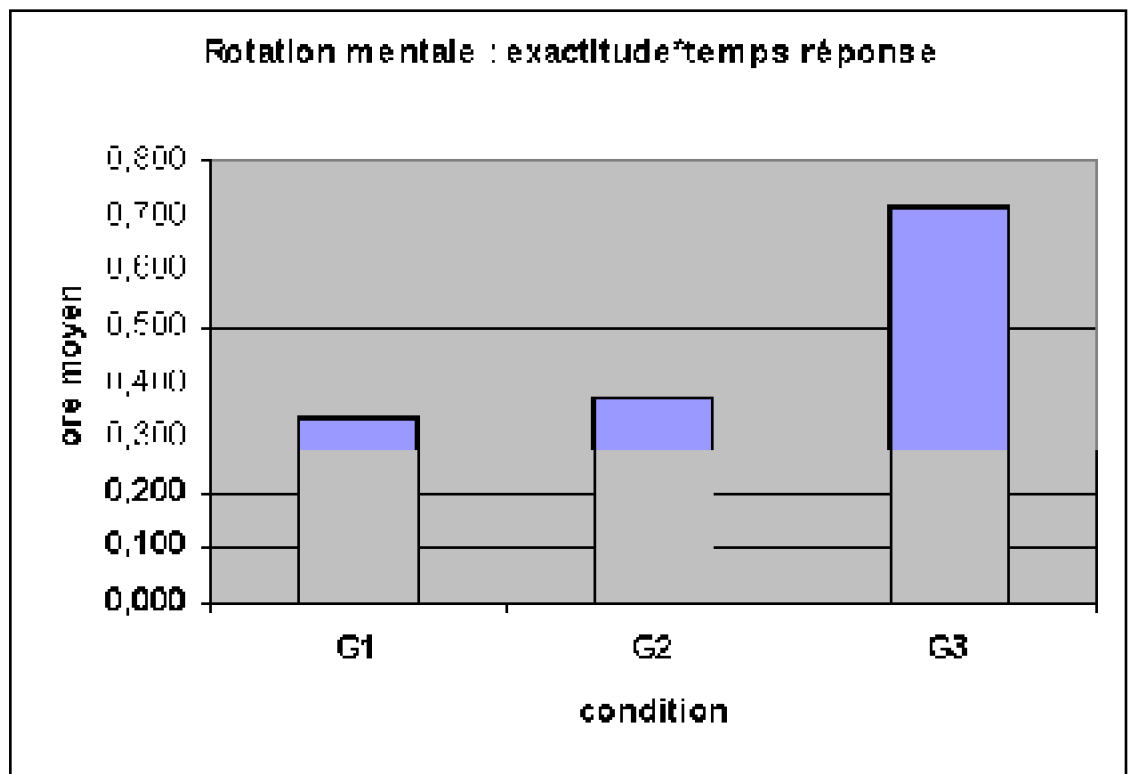


Figure 110: Score d'efficacité épreuve Rotation mentale selon condition.

Les joueurs dont nous avons vu qu'ils n'obtenaient pas un score d'exactitude très différent de celui des sujets contrôle, du fait qu'ils étaient beaucoup plus rapides, affichent une performance nettement supérieure.

33- Effet de la variable version

Rappelons le design des deux versions : version A = N M M N, version B = M N N M.

Pour le traitement des stimuli du mode Normal, aucun effet de la variable version n'est constaté, $F < 1$, le taux de réponses correctes est parfaitement égal (63.8% et 63.5%), que les sujets aient commencé par des stimuli en mode Miroir ou en mode Normal.

En revanche, pour le traitement des stimuli du mode Miroir, un effet très sensible est mesuré, $F(2, 104) = 6,850$; $p = .0102$. Les sujets de la version A obtiennent un bien meilleur taux

Tableau 66 : Taux d'exactitude selon la version.

	Count	Mean	Std.Dev.	Std.Error
A	58	60,810	16,224	2,130
B	61	52,672	12,526	1,604
Means Table Effect: version Dependent: Score Miroir				
	Count	Mean	Std.Dev.	Std.Error
A	58	63,828	15,464	2,030
B	61	63,459	14,918	1,910
Means Table Effect: version Dependent: Score Normal				

d'exactitude pour les stimuli présentés en Miroir que les sujets de la version B. Le fait d'avoir commencé la tâche par les stimuli en mode Normal a, semble-t-il, singulièrement amélioré la performance ultérieure dans le traitement des stimuli Miroir : 60.8% contre 52.7% (+ 15.7%).

Un effet d'apprentissage dans la tâche a opéré, rendant plus aisé le traitement des stimuli Miroir. Ce facteur apprentissage est corroboré si l'on regarde les temps de réponse. Il concerne l'ensemble des sujets, sans aucune différence entre groupes ($F < 1$)

Le traitement des stimuli en mode Normal dans la version B est significativement plus rapide que dans la version A : $F(2, 107) = 4.344$; $p = .0395$. Les sujets qui ont commencé par les stimuli Miroir sont ensuite plus rapides à traiter les stimuli Normal que ceux qui ont commencé par les stimuli Normal : 2773 ms contre 2972 ms (- 6.7%).

Nous n'avons pas analysé, ni pour le taux d'exactitude ni pour le temps, les différences à l'intérieur des séries, ce qui aurait été utile à l'examen des contrastes entre blocs et pour connaître l'ampleur du facteur apprentissage entre blocs, mais traitait d'un sujet secondaire par rapport à notre recherche.

34- Effet de la variable ordre de passage

Pour le mode Normal aucun effet significatif n'est observé : $F < 1$. Qu'ils aient commencé par l'épreuve Compréhension ou par celle de rotation mentale, les sujets obtiennent un score d'exactitude voisin : 64,4% et 62,7%. Ceci est également vrai pour le temps de réponse : 2899ms et 2833ms.

Pour le mode Miroir, l'observation est identique tant pour l'exactitude, $F < 1$, que pour le temps de réponse, 3023 ms et 2884 ms, $F < 1$.

35- Interactions

1. Aucune interaction significative des variables Groupe et Genre n'est observée pour l'exactitude dans les deux modes.

2. Il en est de même pour les temps de réponse.

3. Aucune interaction n'est remarquée entre les diverses autres variables.

4 - Discussion

1. Nous n'avons validé que partiellement notre hypothèse d'un effet de l'apprentissage du jeu d'échecs et du bénéfice d'une méthode transfert. En termes de taux d'exactitude des réponses, l'ANOVA ne fait apparaître aucun effet significatif de l'effet groupe. C'est pour la variable Temps de réponse qu'un effet significatif apparaît. Les sujets joueurs sont **plus rapides à traiter les stimuli quel que soit le mode**. Et les sujets du groupe méthode transfert, affichent un réel avantage dans la vitesse du traitement, - 425 ms en mode Normal et - 372 ms en mode Miroir par rapport au groupe contrôle. Le **bénéfice tiré** de l'apprentissage des échecs selon la méthode transfert concerne donc principalement la **vitesse du traitement** et non son exactitude.

2. Une analyse plus fine des résultats d'exactitude et de temps de réponse pour le mode Miroir doit être faite. Avec l'augmentation de la charge cognitive, un avantage apparaît en faveur des sujets méthode transfert, qui n'existe pas pour les autres joueurs. Ceci se vérifie de façon générale et dans l'analyse par degrés d'angle : les sujets du groupe 3 traitent mieux les angles les plus difficiles de rotation mentale. Ceci tendrait à prouver que ce serait au niveau de la mémoire de travail visuelle que l'avantage de l'apprentissage selon la méthode transfert serait le plus apparent. C'est en effet celle-ci qui est sollicitée par le maintien 'en ligne' de la règle d'inversion de la réponse dans le cas des présentations en Miroir, lors de la décision qualifiant la main de droite ou de gauche. On retrouve l'importance de cette composante mise en avant par Ericsson (1996) et par Robbins et Baddeley (1994).

3. Nous savons que dans la tâche de rotation mentale, les différences entre les sexes masculin et féminin correspondent à un stade développemental (Karaki et al. 1999), la différence de performance non significative chez des écoliers de 9 ans d'âge moyen devient très significative à l'âge adulte (20.7 d'âge moyen). Karaki et alliés concluent sur la nécessité d'expériences supplémentaires permettant d'apprécier à partir de quel âge cette différence apparaît. Chez les élèves de CM2 de notre étude, ayant un âge moyen de 10 ans et 9 mois, le taux d'exactitude et le temps de réponse ne sont pas significativement différents selon le genre pour les stimuli en mode Normal, ce qui est conforme aux conclusions de Karaki. En revanche, doit être relevé le fait que pour les stimuli en mode Miroir, les plus difficiles à traiter, nous mesurons un effet significatif du genre dans la rapidité de traitement. Dès cet âge, les garçons semblent mieux traiter les stimuli que les filles, ce qui laisse à penser que ce serait autour de cet âge que se transformerait au plan développemental l'habileté d'imagerie visuo-spatiale.

Chapitre 18 Interprétation d'ensemble des résultats

Dans ce dernier chapitre de notre cinquième partie consacrée aux épreuves-contrôle, nous présenterons une synthèse des quatre épreuves-contrôle, pour ensuite rapprocher celles-ci avec les résultats aux exercices de transfert du didacticiel.

Il nous sera alors possible, grâce à cette vue d'ensemble et aux interprétations, de tirer des conclusions générales sur l'intérêt d'une pratique des échecs au regard du cursus scolaire.

1- Consolidation des résultats aux épreuves-contrôle

Nous avons consolidé les résultats obtenus dans chacune des épreuves-contrôle afin d'obtenir une appréciation globale entre le groupe expérimental ayant suivi le didacticiel Méthode transfert et les deux groupes contrôle joueurs et non-joueurs. Pour cela, nous avons calculé les Z scores sur les résultats de chaque épreuve qui nous paraissaient les plus pertinents pour caractériser les tâches cognitives réalisées.

Pour l'épreuve Langage, nous avons retenu les données relatives au score net. En effet, celui-ci tient compte des erreurs et, par conséquent, prend en considération la variable Résistance aux interférences.

Pour l'épreuve Compréhension, nous avons retenu le score moyen des seuls premiers essais afin de neutraliser l'effet d'apprentissage.

Pour l'épreuve Attention, seul était décompté le nombre moyen de cercles rappelés.

Enfin, pour l'épreuve d'imagerie, nous avons calculé un score global prenant en compte pour moitié l'exactitude et pour moitié le temps de réponse.

Le tableau 68 et les figures 134 et 135 font apparaître la comparaison entre les trois groupes et l'incidence de la consolidation des épreuves.

Tableau 67 : Z scores moyens par groupe selon les épreuves-contrôle.

	langage	compréhensio	attention	imagerie	moy 4 épreuves
G1	-0,476	0,017	-0,145	0,332	-0,068
G2	-0,108	-0,186	-0,086	0,371	-0,002
G3	0,377	0,198	0,194	0,715	0,371

Les Z scores accentuent naturellement les écarts entre groupes, singulièrement pour l'épreuve n°1 d'accès au registre lexical. Nous retrouvons également pour l'imagerie le fort effet de la pratique.

Ces données sont certainement les plus significatives de l'effet de la pratique échiquienne mais également de la différence entre les deux méthodes d'apprentissage d'échecs, l'une centrée sur le seul contenu, l'autre sur le contenu et le transfert.

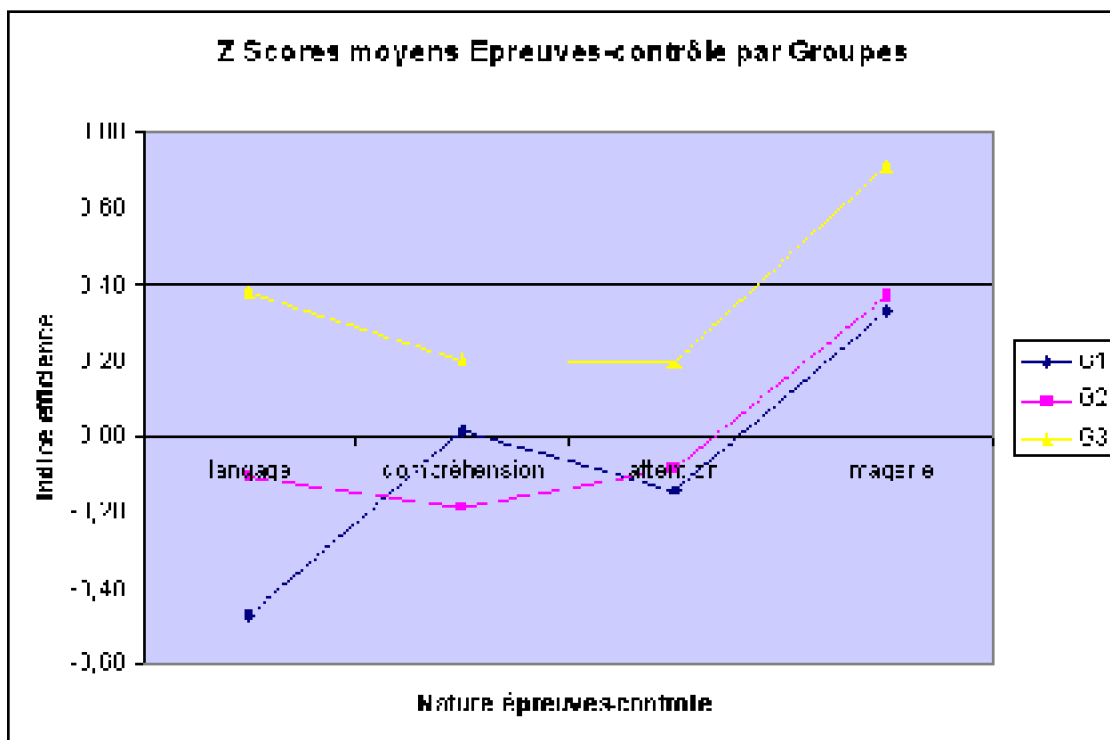


Figure 111 : Z Scores comparés des Groupes aux quatre épreuves-contrôle.

L'indice d'efficacité, calculé en cumulant les épreuves-contrôle, laisse apparaître un très sensible avantage (0.40 vs -0.07) en faveur du groupe 3 méthode transfert sur le groupe contrôle. Les joueurs méthode classique affichent une performance globale faiblement supérieure à celle du groupe contrôle.

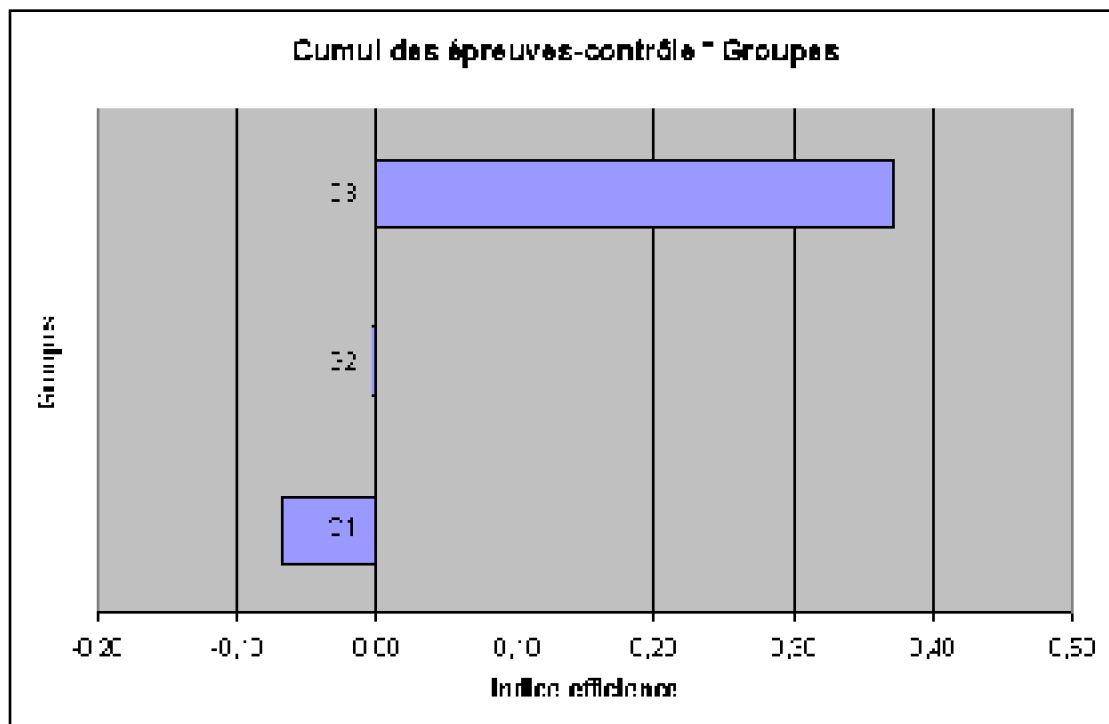


Figure 112 : Indice d'efficacité des groupes aux épreuves-contrôle.

2 Rapprochement entre les résultats aux épreuves-contrôle et les résultats aux exercices-transfert du didacticiel

21- Hypothèse expérimentale et Méthode d'analyse

Notre hypothèse d'une didactique du transfert reposant non seulement sur l'existence d'effets de l'entraînement à certaines tâches au cours de la méthode d'apprentissage, mais également sur un travail spécifique autour des concepts recrutés, à titre principal, dans les séquences échiquiennes, il nous a fallu bâtir un programme de traitement des scores obtenus aux exercices-transfert et pour chacune des séquences, afin d'opérer un rapprochement avec les résultats obtenus aux épreuves contrôle.

Nous avons d'abord calculé les Z scores à chaque séquence et à chaque exercice transfert, que nous avons pu rapprocher de ceux de chacune des épreuves contrôles. Nous avons ensuite effectué un calcul de corrélation entre ces deux séries de données.

Une deuxième étape d'interprétation était alors possible.

A chaque séquence correspond, en effet, l'apprentissage d'un concept spécifique, selon le tableau du script de la méthode que nous avons présenté dans la partie résultats du chapitre 17. De plus, certains des concepts ont fait l'objet de séances particulières de travail sur les fiches transfert, présentées précédemment.

Il était ainsi possible de chercher à déterminer dans quelle mesure le travail sur un concept tel qu'il avait été conçu dans notre protocole expérimental avait été source d'amélioration, et si tel était le cas, pour quel domaine cognitif principalement.

22- Recherche de corrélation entre les épreuves-contrôle et les exercices transfert

Nous présenterons successivement les corrélations entre les épreuves-contrôle et les quatre exercices-transfert inclus dans la méthode, à savoir :

· les exercices de mémorisation visuo-spatiale sous la forme de rappel de positions

· les exercices de résolution de problèmes, Tours de Hanoï

· les exercices de mémorisation de mots par reconnaissance

· les exercices de traitement des relations spatiales catégorielles

221- Corrélation entre les exercices de rappel de positions et les

épreuves-contrôle

Neuf exercices de rappel de Positions étaient répartis tout au long du logiciel d'apprentissage, destinés à entraîner la capacité au chunking aux fins d'améliorer les performances de rappel d'un matériau appris. La Figure 119 montre que les corrélations les plus fortes entre les performances obtenues au rappel de positions et aux épreuves-contrôle sont relatives aux épreuves **Imagerie et Attention**.

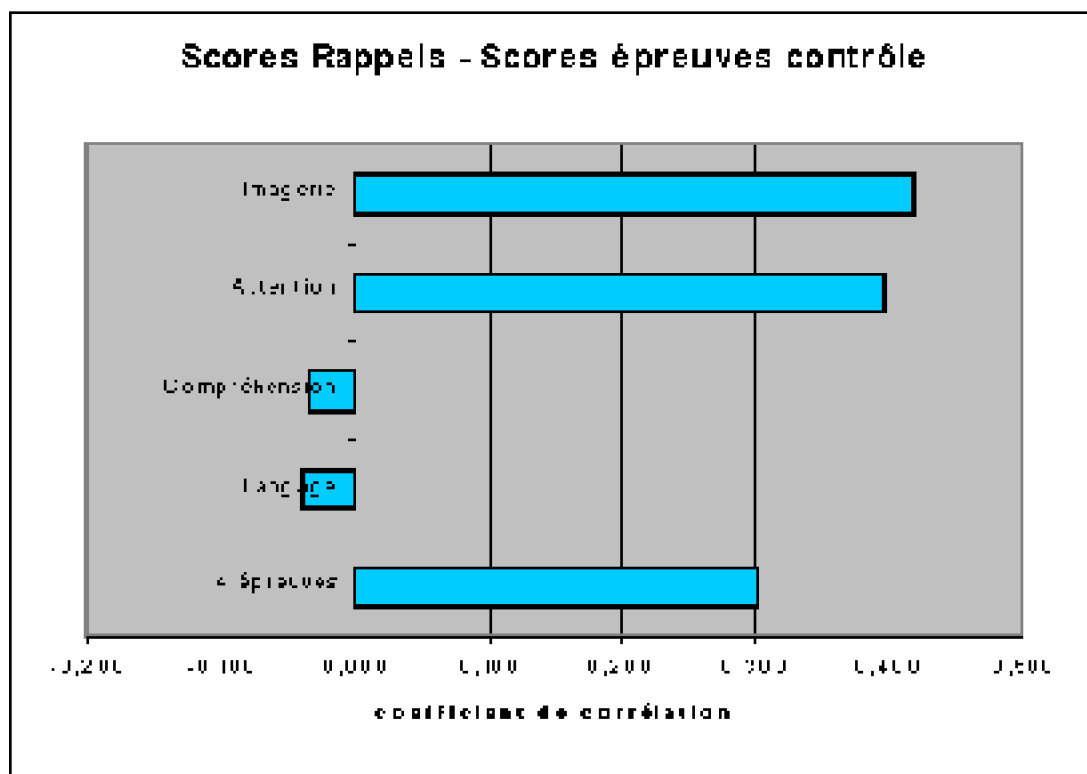


Figure 113 : Corrélation entre scores Rappels de positions et scores épreuves-contrôle.

L'exercice de rappel d'une position sur l'échiquier mobilise des éléments de formes et de couleur de la pièce (composante langage), autant que la localisation des cases où sont placées ces pièces (composante visuo-spatiale). Mais, dès que le sujet a atteint un certain niveau de pratique, il a automatisé la reconnaissance de la pièce et la fonction Langage s'estompe au profit de la composante visuo-spatiale. Il n'est donc pas étonnant qu'une corrélation positive soit trouvée entre les rappels et l'épreuve d'imagerie. Le facteur attentionnel est lui aussi important dans une telle tâche. La très faible expérience des sujets en termes échiquéens (quelques mois) explique toutefois qu'aucun lien ne soit trouvé avec les mécanismes de compréhension, à l'inverse de l'expert dont nous savons qu'il mémorise en MLT des patterns d'activation ayant un sens par leur articulation en templates et en schéma d'organisation, qui correspondent aux niveaux macro-structure et modèle de situation du modèle de compréhension de Kintsch.

Nous avons cherché à vérifier si nous constatons des différences selon le genre.

Tableau 68 : Coefficients de corrélation des Z scores, Rappels de positions et épreuves-contrôle.

	Imagerie	Attention	Compréhension	Langage	4épreuves
filles	0,611	0,479	-0,199	-0,208	0,243
garçons	0,190	0,346	0,030	0,185	0,310

On constate que la composante Attention est également corrélée chez filles et garçons. L'imagerie en revanche est beaucoup plus fortement corrélée chez les filles que chez les garçons.

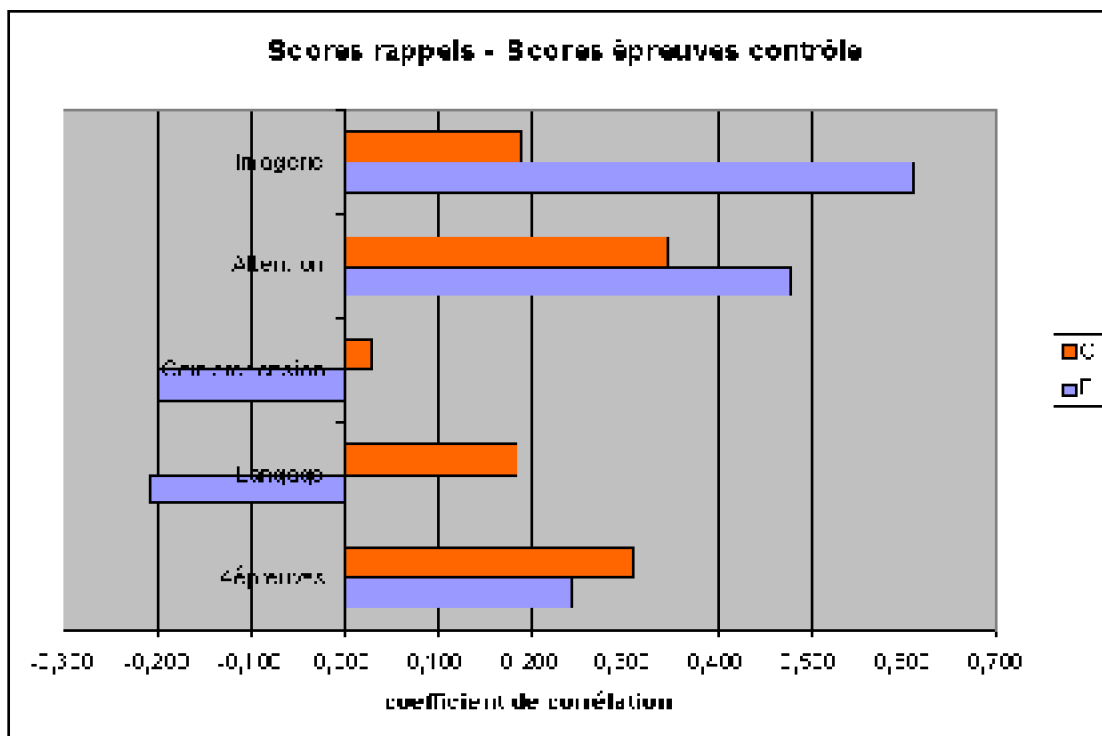


Figure 114 : Corrélation entre scores rappels de positions et scores épreuves-contrôle selon le genre.

Est-ce que ceci le fait qu'il s'agirait, pour les filles, d'un mécanisme moins habituellement recruté, d'où l'impact de cette variable cognitive dans la tâche ?

Il convient de noter également la différence pour l'épreuve Langage en partie corrélée pour les garçons alors qu'elle ne l'est pas pour les filles. Ceci pourrait s'interpréter comme signifiant que chez les garçons, certains auraient commencé à utiliser le système de coordonnées appris pour mémoriser les cases et les pièces les occupant : telle pièce en f6 telle autre en g7, etc.

En synthèse nous pouvons dire que dans une tâche de rappel à forte dimension visuo-spatiale, les filles recrutent plus que les garçons, à titre principal, la composante Imagerie.

222 - Corrélation entre les exercices Tours de Hanoi et les épreuves-contrôle

Deux exercices Tours de Hanoï ont été proposés, le premier à 3 disques, le second à 5, à l'issue des séquences 10 et 36 du didacticiel, dont les solutions optimales s'obtenaient en 7 et 10 coups. Nous avons calculé la moyenne des scores globaux (résolution, efficacité, temps) aux seuls 1ers essais des deux exercices. Comme dans notre expérience 3, nous n'avons retenu que les 1ers essais pour effacer la composante apprentissage et n'appréhender que la composante stratégie de résolution de problème et facteur d'inhibition de l'appariement perceptif au but (pour l'exercice en 7 coups). Ce sont les Z scores des scores globaux qui ont été rapprochés de ceux des épreuves-contrôle. L'analyse a été faite pour l'ensemble des sujets, puis selon le genre.

coefficient corrélation	
Hanoï / Langage	0,157
Hanoï / Compréhension	0,140
Hanoï / Attention	0,366
Hanoï / Imagerie	0,434

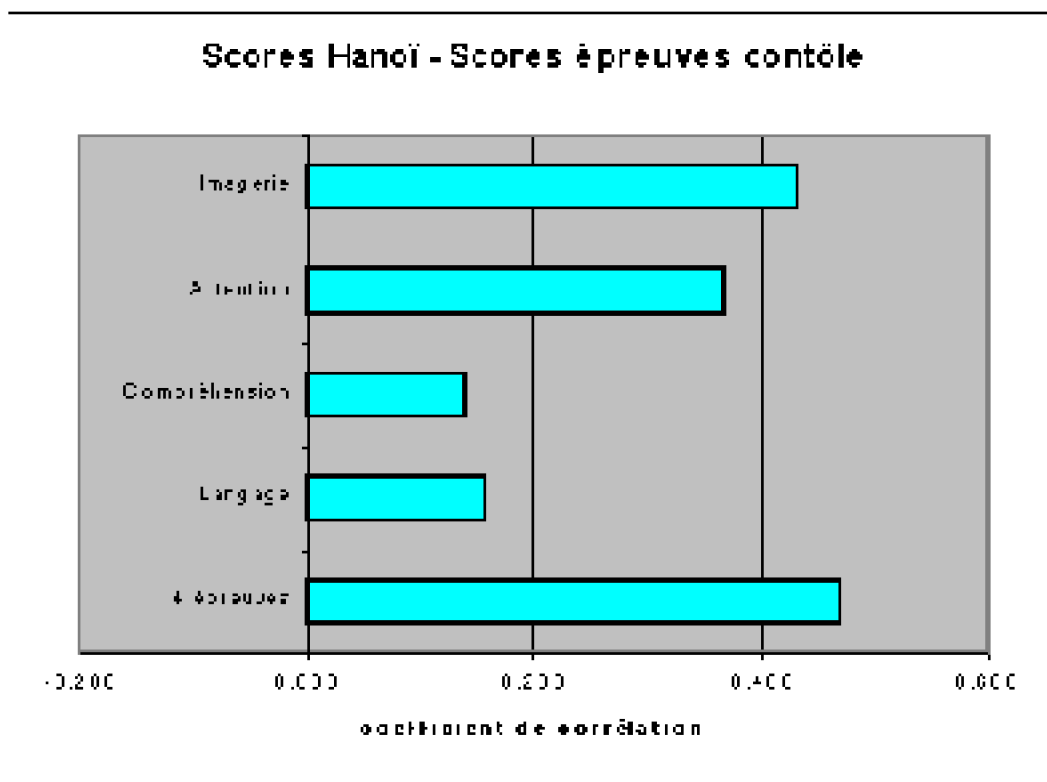


Figure 115 : Corrélation entre les Scores Hanoï et les scores épreuves contrôle.

S'agissant d'une tâche de résolution de problèmes il n'est pas étonnant de mesurer une corrélation positive avec les épreuves ayant pour composante principale l'Attention, c'est-à-dire la mémoire de travail ou l'Imagerie. Les Tours de Hanoï nécessitent, en effet, de simuler mentalement les mouvements des disques pour passer de l'état-initial à l'état-but, en mobilisant des ressources attentionnelles fortes (mémoire de travail visuelle

à court terme) aussi bien pour anticiper les conséquences du déplacement d'un disque que pour respecter les règles strictes des placements autorisés selon la taille des disques. Ce dernier point peut expliquer le fait qu'il ne soit pas constaté de corrélation nulle entre les tâches Langage et Compréhension, d'une part, et la tâche Tours de Hanoï, de l'autre.

L'analyse entre filles et garçons présentée dans la figure 139 est très significative, en ce qu'elle nous renseigne sur les différences dans le traitement de la tâche.

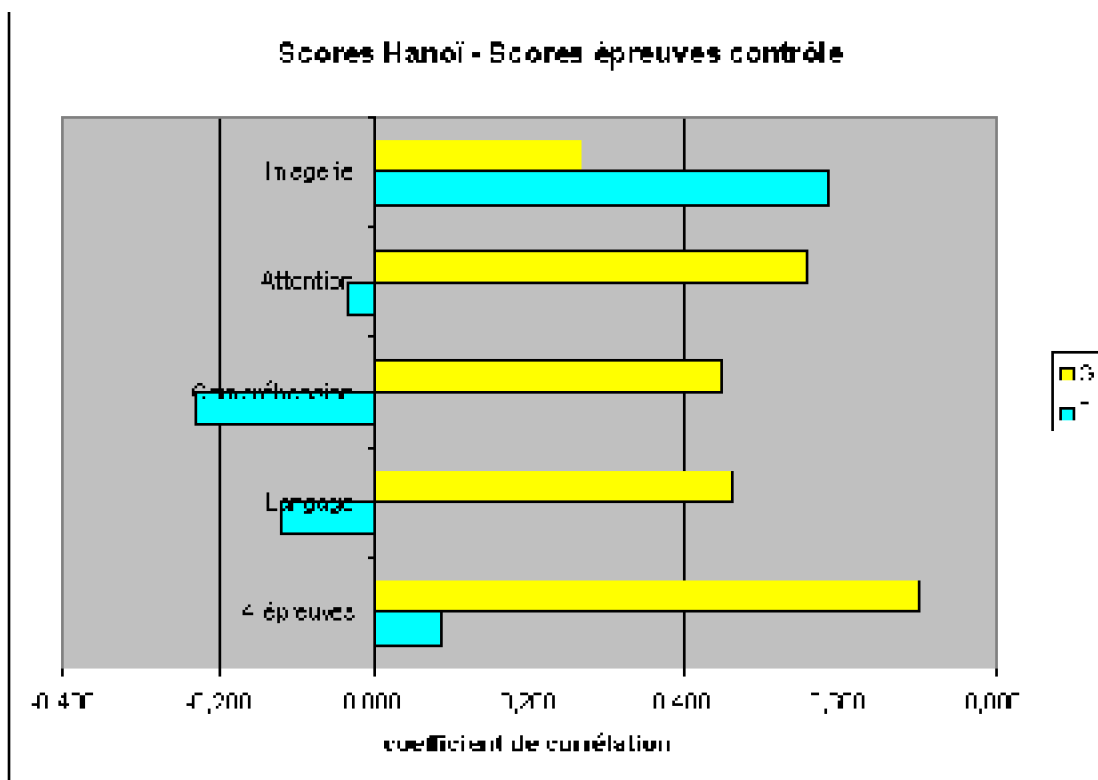


Figure 116 : Corrélation entre les Scores Hanoï et les scores épreuves contrôle selon le genre.

Le profil des corrélations est en grande partie inversé. Pour les filles la corrélation n'existe presque exclusivement qu'avec la composante Imagerie, alors que chez les garçons, elle concerne l'ensemble des composantes cognitives. Sur le total de l'ensemble des quatre épreuves-contrôles, la quasi-absence de corrélation pour les sujets filles est à noter, par comparaison avec les garçons, pour lesquels le taux de corrélation est très élevé (0,7). Il faut rappeler que dans cet exercice des Tours de Hanoï les résultats des garçons étaient significativement plus élevés que ceux des filles (+ 10,5%), mais cela ne saurait suffire pour expliquer une telle différenciation des mécanismes recrutés en composante principale.

Il n'est pas inutile à ce point de l'analyse de rappeler que chez les élèves de CM2 de l'expérience 3, qui avaient tous pratiqué depuis 2 ans les échecs en milieu scolaire, on constatait une différence de performance encore plus sensible entre filles et garçons (score stratégique global de 2516 vs 1987), alors que chez les sujets contrôle non-joueurs un tel écart n'existait pas (1586 vs 1557). La pratique profitait par conséquent de façon

significative à l'ensemble des sujets, et singulièrement aux garçons. Il y a donc cohérence dans les résultats et tendances chez les sujets de ces deux expériences, ayant le même âge moyen (10 ans et demi) et appartenant au même milieu sociologique. Puis, avec le nombre d'années, les filles bénéficient encore plus que leurs camarades masculins de la pratique, comme le montraient nos résultats de l'expérience 3 dans laquelle, chez les collégiens ayant 4 années de pratique, le score global des filles dépassait largement celui des garçons (3384 vs 2379), grâce, rappelons-le, à un pilotage métacognitif plus pertinent du contrôle de la stratégie suivie de découpage de la tâche en sous-buts.

223 - Corrélation entre les exercices-transfert de mémorisation de mots par reconnaissance et les épreuves-contrôle

Les deux exercices de reconnaissance intervenaient à la suite des 3ème et 29ème séances du logiciel. Rappelons que la différence entre les deux grilles tenait à la catégorisation plus aisée des 25 mots regroupables en cinq catégories familières pour la première grille, alors que les mots de la seconde appartenant à douze catégories différentes étaient plus difficiles à catégoriser.

On relève, premièrement, une forte corrélation entre les scores obtenus dans la tâche Reconnaissance et ceux de l'épreuve-contrôle Langage et de l'épreuve-contrôle Attention.

Tableau 69 : Corrélation entre Scores épreuves contrôle et Scores Mémorisation selon les grilles et les exercices.

épreuves-contrôle	Expériences Reconnaissance
Langage	0,656
Compréhension	0,210
Attention	0,369
Imagerie	0,225
Moy 4 épreuves	0,370

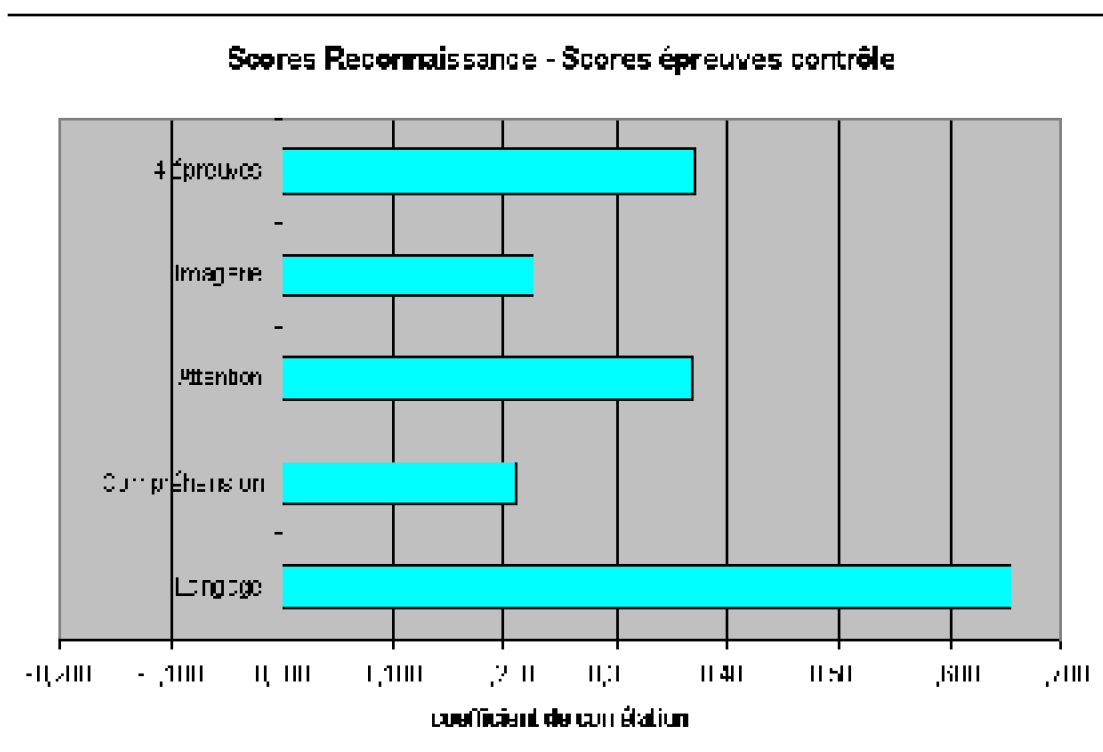


Figure 117 : Corrélation entre Scores Reconnaissance et Scores épreuves-contrôle.

La corrélation est la plus forte avec la composante Langage, ce qui est normal s'agissant d'une tâche de mémorisation de mots dispersés dans une grille en un nombre tel (25) qu'une mémorisation visuo-spatiale est exclue.

L'analyse par genre fait apparaître une grande différenciation entre filles et garçons. La corrélation avec l'ensemble des quatre épreuves est plus élevée chez les garçons, 0,509. Si l'attention est assez semblablement corrélée pour les deux catégories, en revanche les contrastes sont sensibles pour les autres épreuves-contrôle.

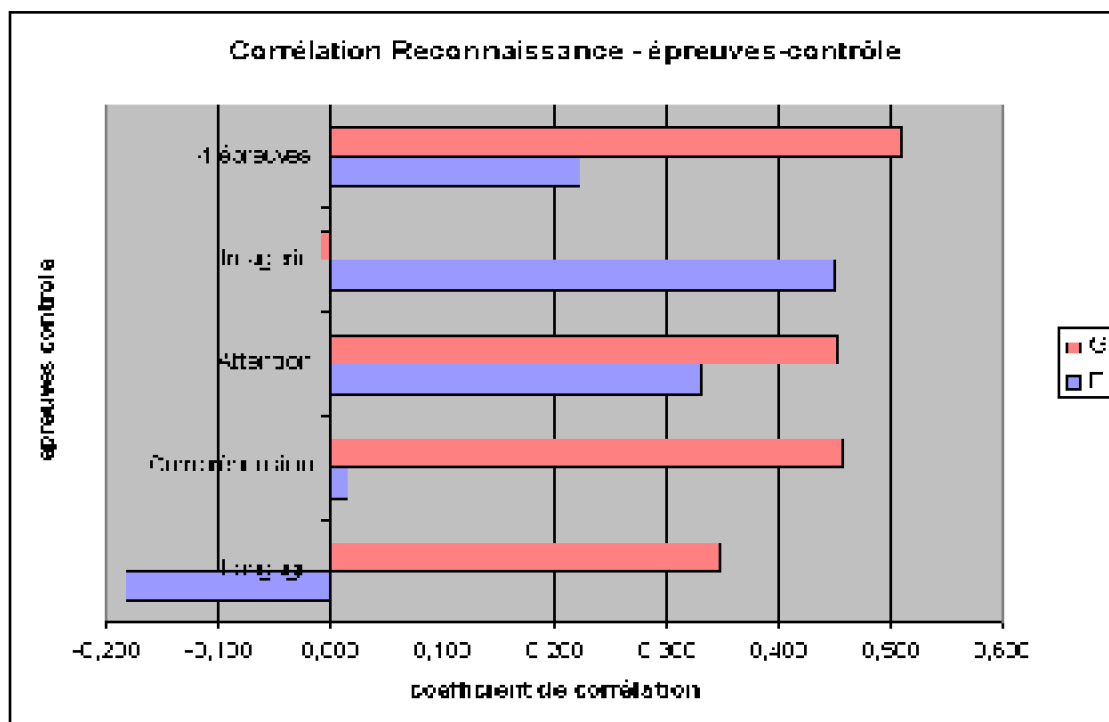


Figure 118 : Corrélation entre épreuve de reconnaissance de mots et épreuves-contrôle selon le genre.

Chez les filles l'imagerie est très corrélée alors qu'elle ne l'est nullement chez les garçons. S'agissant de l'épreuve Langage, l'ordre est totalement inverse : corrélation positive (0.347) chez les garçons, négative chez les filles (- 0.183). Un contraste aussi fort existe entre filles et garçons pour la corrélation avec l'épreuve Compréhension : positive pour les uns 0.457, et absente pour les autres.

Comment expliquer une telle opposition ?

Nous avons vu dans l'analyse de l'épreuve-contrôle Langage portant sur les mots à reconstituer que les ressources attentionnelles étaient très mobilisées du fait du maintien en mémoire de travail des premières syllabes et compte tenu de l'effet d'amorçage que les sujets avaient de la difficulté à écarter grâce à une capacité d'inhibition des distracteurs. Un travail de ce type en mémoire de travail verbale est opéré lorsque le sujet essaie d'organiser et de regrouper les mots en catégories afin de les mémoriser. Chez les garçons il semblerait que la mobilisation de cette composante verbale soit beaucoup plus coûteuse au plan cognitif que chez les filles.

224 - Corrélation entre les exercices-transfert de traitement de la relation spatiale et les épreuves-contrôle.

La forte corrélation ($p > .05$) entre l'épreuve Imagerie de rotation mentale et l'exercice de traitement de la relation spatiale est normale. Les deux tâches recrutent des zones neuro-anatomiques fonctionnelles se recouvrant. Il est également normal de retrouver une corrélation entre l'épreuve d'attention et cet exercice-transfert.

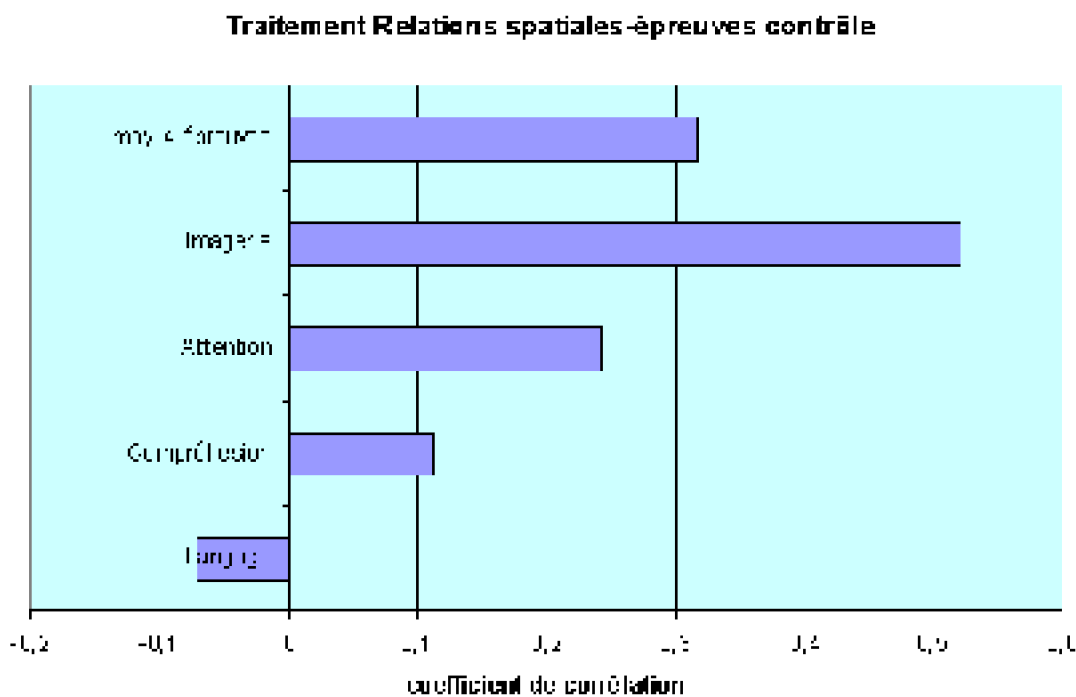


Figure 119 : Corrélation exercice-transfert Traitement de la relation spatiale et épreuves-contrôle.

La figure 126 ne laisse pas apparaître de sensibles différences entre filles et garçons. Tout au plus doit-on relever la corrélation avec l'épreuve d'Imagerie (voisine de 0.8 pour les filles), un point qui se dégage sur l'ensemble des épreuves.

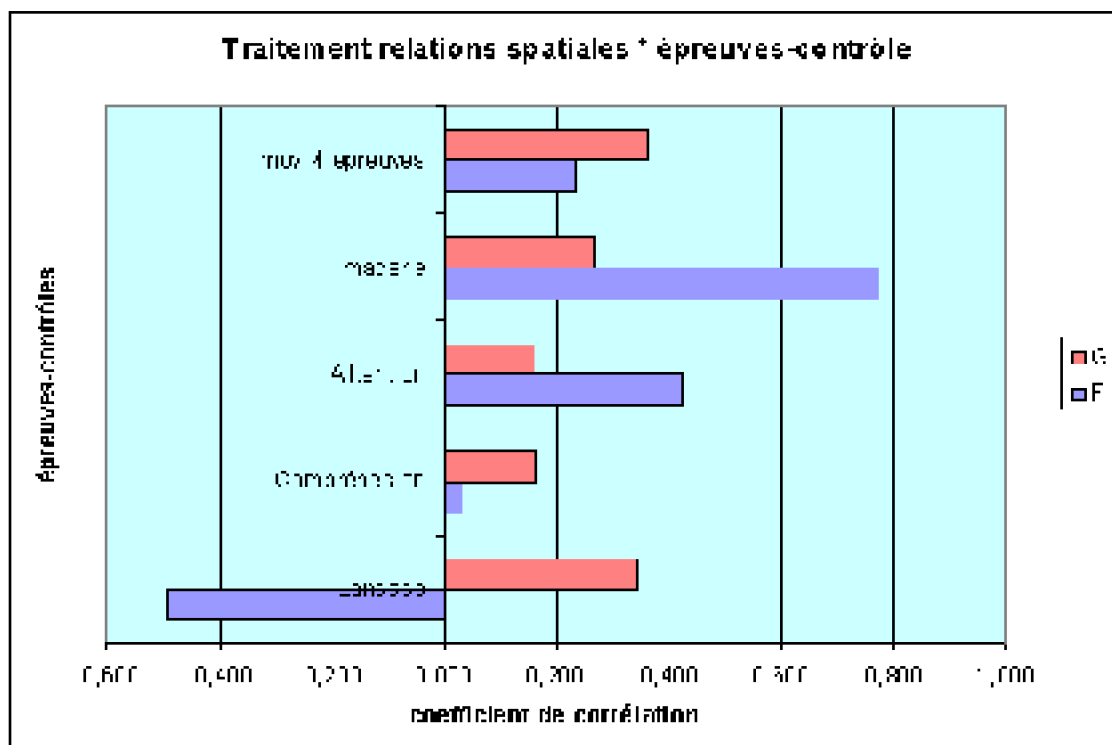


Figure 120 : Corrélation exercice-transfert Traitement de la relation spatiale et épreuves-contrôle selon le genre.

3 - Recherche de corrélation entre les scores aux séquences d'échecs et les épreuves-contrôle.

31- Analyse globale

Les Z scores moyens de l'ensemble des 36 séquences du logiciel ont été rapprochés de ceux obtenus aux épreuves-contrôle par les sujets du groupe 3 expérimental ayant suivi le logiciel d'apprentissage, afin de calculer un coefficient de corrélation.

La seule corrélation existante, à un niveau moyen au demeurant (0.257), concerne l'épreuve-contrôle d'Imagerie. Ceci peut s'interpréter comme signifiant qu'il n'y a pas de lien entre les résultats aux épreuves-contrôle et les performances aux séquences de recherche de mats.

Tableau 70 : Corrélation Z scores moyens Toutes séquences du logiciel et épreuves-contrôle.

Langage	- 0,179
Compréhension :	- 0,129
Attention	0,056
Imagerie	0,257
moy 4 épreuves-contrôle	0,006

32 - Analyse détaillée

Selon les composantes cognitives concernées, à titre principal, par chacune des épreuves contrôle, nous pouvons sérier les résultats de ce calcul de corrélation sous la forme présentée de façon synthétique dans l'annexe 10, par ordre décroissant des coefficients de corrélation.

La première remarque qui s'impose est le nombre relativement faible de corrélations élevées entre épreuves-contrôle et scores aux séquences. Seuls trois coefficients, si l'on retient la moyenne des quatre épreuves-contrôle, dépassent le coefficient de 0,3. Vingt et un des trente-six coefficients sont inférieurs à 0,1 ou négatifs, vingt-huit sont inférieurs à 0,2.

La plus forte corrélation trouvée entre les séquences et les épreuves-contrôle l'est pour l'épreuve Langage, avec 26 corrélations positives et 11 négatives, dont seulement six sont supérieures à 0,2. Pour les autres épreuves-contrôles les chiffres sont respectivement de 21 corrélations positives et 15 corrélations négatives pour l'épreuve Attention, de 20 corrélations positives et 16 corrélations négatives pour l'épreuve Compréhension, et de seulement 17 positives et 19 négatives pour l'épreuve Imagerie.

Ce chiffre relatif à la corrélation entre l'épreuve d'Imagerie et les Z scores obtenus aux séquences est à première vue surprenant. Nous avons noté plus haut que la corrélation était forte entre trois des quatre exercices transfert - rappels de positions ($> 0,4$), Tours de Hanoï ($> 0,4$), et traitement de la relation spatiale ($> 0,5$) – et les épreuves-contrôle. D'autre part nous avons mesuré l'avantage comparatif avec une ANOVA assez souvent représentative des sujets du groupe 3 expérimental.

Les joueurs de la méthode transfert tiraient un bénéfice indéniable dans les habiletés entraînées et recrutées principalement par la pratique échiquienne.

Pourquoi ne retrouve-t-on pas une forte corrélation entre le détail des scores obtenus à chaque séance de recherche de mats et cette fonction cognitive d'imagerie ?

On observera, en premier lieu, que les scores ne concernent qu'une tâche de résolution de problèmes, des mats à trouver, et rien d'autre, hormis la séance 30 consacrée aux axes de symétrie. Dans cette tâche de recherche de mat la fonction principale est le calcul de l'enchaînement et de la combinaison possible de l'action de deux pièces, rarement plus. Certes les déplacements possibles sont calculés mentalement, puisque l'on n'a pas le droit de toucher les pièces durant la réflexion. Mais cette imagerie mentale, dans le logiciel, n'a jamais concerné que des mats en un, deux ou plus rarement trois coups, et elle mettait en jeu un faible nombre de pièces noires et blanches en attaque et en défense. Le raisonnement et la combinatoire d'actions multiples étaient par conséquent primordiaux dans la tâche.

Une deuxième explication à cette faible corrélation avec la composante Imagerie peut être avancée. Quelques mois d'apprentissage n'ont pas permis de commencer à organiser la base de connaissances en *chunks* et *templates*, ce qui est le propre des joueurs confirmés ou experts. Les élèves restaient au stade où ils apprenaient des notions qu'ils devaient aussitôt appliquer par transfert, analogique plus que métacognitif

LE DEVELOPPEMENT DES HABILETES COGNITIVES DE L'ENFANT PAR LA PRATIQUE DU JEU D'ECHECS :

s'agissant des séquences échiquiennes. L'activation de patterns en mémoire à long terme était inexistante, sauf peut-être celui du Roi ayant roqué (?). Seule était donc sollicitée la mémoire de travail verbale liée au thème de la séquence dans un espace-problème très contenu, deux ou trois coups, que les sujets étaient invités à analyser en se posant des questions ou en répondant à celles posées.

Cette analyse se trouve validée partiellement par l'analyse plus fine que l'on peut faire des cinq séquences pour lesquelles le coefficient de corrélation moyen des quatre épreuves-contrôle est le plus élevé.

Tableau 71 : Cinq plus fortes corrélations entre les Z scores aux séquences échecs et les scores aux épreuves-contrôle.

Langage	Compré-her	Attention	Imagerie	moyenne4 épreuves	Séquence	
0,380	-0,112	-0,048	0,297	0,458	Seq 12	Prise, Interposition, Fuite
0,313	-0,104	0,171	0,301	0,407	Seq 27	Eviction d'un pion de la garde du Roi
0,141	0,388	0,246	0,371	0,308	Seq 14	Clouage, Interposition, Fuite
0,260	-0,009	0,135	0,114	0,266	Seq 35	Case d'attaque et éviction
0,307	0,127	0,103	0,028	0,258	Seq 9	Interception

On constate en effet deux choses.

Le thème de ces cinq séquences est à fort contenu sémantique, ce qui peut s'apprécier à la seule lecture sans être forcément un joueur chevronné. Prise, Interposition, Fuite, Eviction Clouage, sont des notions de base, qui paraissent simples à un joueur expérimenté, mais qui sont essentielles pour envisager, par la suite, comprendre les principes du jeu tactique. Ce sont des notions qui font appel, à titre principal, au raisonnement logique et au langage de la valeur de chacune des pièces. La notion de valeur particulière et différente de chacune des pièces, et les notions de relations causales entre pièces et événements, appartiennent au domaine du langage et de la mémoire de travail verbale pour sa mise en oeuvre. Il n'est au demeurant pas surprenant de trouver quatre des cinq coefficients de corrélation avec l'épreuve-contrôle de reconstitution de mots. Rappelons que ces thèmes correspondent aux concepts ayant fait l'objet de ce que nous avons appelé dans la méthode les fiches photos-concepts.

Certes, on retrouve pour l'épreuve Imagerie trois des coefficients ayant une valeur supérieure à 0,3, au même titre que l'épreuve Langage, ce qui n'est le cas d'aucune autre épreuve-contrôle.

4 – Interprétation générale des résultats et perspectives de recherche

Nous allons essayer, à l'issue de ces deux ensembles d'expériences, de dégager une vue d'ensemble. Il s'agit de poser en synthèse les résultats les plus significatifs au regard de l'objet de notre recherche. Mais il s'agit également de relever les interrogations nées de notre ensemble expérimental, et de traduire ces dernières en perspectives de recherches futures. Comme dans toute démarche scientifique, les questions surgissent, à proportion des résultats obtenus. De nouvelles expériences devront être conçues pour prolonger le travail amorcé.

1.

Dans des tâches à forte composante visuo-spatiale, l'avantage apporté par la pratique échiquéenne est manifeste. Nous avons constaté cet effet dans notre première expérience sur le chunking. A l'issue d'un entraînement en vue du transfert de cette habileté, on constate une amélioration de cette habileté du chunking. Grâce à une meilleure mobilisation de l'attention cette habileté déborde le seul champ du visuo-spatial et intervient dans des tâches verbales, comme les scores nets à l'expérience 5 l'ont démontré.

2.

Cet avantage est fortement et directement lié à la fonction imagerie mentale. Le joueur entraîne son système de traitement des stimuli et, dans les tâches difficiles de traitement de relations spatiales, il s'avère plus performant en exactitude et en rapidité. Ceci est singulièrement vrai lorsque la tâche comporte une composante extraction et traitement du mouvement potentiel. De nouvelles expériences seront nécessaires pour investiguer les résultats que nous avons obtenus dans ce domaine à l'expérience 8 (notamment pour le traitement de la Position P4), et pour valider notre hypothèse interprétative, en regard des données de neuropsychologie cognitive.

3.

L'apport principal de la pratique concerne la capacité d'attention et de concentration. Le joueur commet moins d'erreurs, par exemple de fausses reconnaissances lors de la mémorisation d'une liste (expérience 2) ou lors de la reconstitution de mots (expérience 5). De même est-il capable plus facilement d'inhiber des coups intuitifs en résolution de problèmes, comme l'a démontré l'analyse du premier coup joué dans l'exercice des Tours de Hanoï (expérience 3). Cette concentration l'aide à être plus rapide dans certaines tâches, notamment à forte composante d'imagerie.

4.

La pratique échiquéenne développe les fonctions exécutives du sujet, qui sont prépondérantes en situation de résolution de problèmes. Il resterait à approfondir la validation expérimentale du transfert dans ce domaine, afin de vérifier l'hypothèse la plus courante et ancienne des liens entre pratique échiquéenne et capacités en raisonnement, calcul et logique, telles qu'elles sont recrutées en mathématiques. Nous n'avons pas, en effet, retenu d'épreuve-contrôle en résolution de problèmes, ce qui nous prive de la possibilité d'émettre une hypothèse sur l'efficacité d'une didactique de

la transférabilité de ces habiletés. Les résultats de notre expérience 6 sur la compréhension de texte, nous l'avons dit, sont insuffisamment probants. Il nous faudrait à la fois reprendre ce type de protocole auprès de sujets ayant plus de sept mois de pratique échiquéenne, mais également mieux cerner les rapports entre compréhension de texte et résolution de problèmes, si nous voulons concevoir une didactique du transfert dans ce domaine, qui puisse faire l'objet d'une étude de pertinence. C'est en résolution de problèmes que les études expérimentales sur le transfert métacognitif sont les plus nombreuses et avec des résultats probants, ce qui justifie d'autant plus l'utilité de concevoir des protocoles traitant de la didactique du transfert en la matière.

5.

Dans plusieurs de nos plans expérimentaux et de traitement des données, nous avons recherché et mis en évidence un effet du genre. Au double plan développemental et didactique, cette question est d'importance. A cet égard, plusieurs de nos expériences ont dégagé des résultats dignes d'intérêt, tant s'agissant des ressources attentionnelles que pour la différenciation traditionnelle opérée par la littérature entre les fonctions langage et visuo-spatiale selon le genre. Nos résultats montrent que les garçons, dans l'ensemble, tirent un profit significatif de la pratique et effacent les différences observées expérimentalement selon le genre pour les fonctions attention et, à un degré moindre, langage. De la même manière, la pratique permet aux filles de réduire l'écart constaté chez les sujets contrôle dans des tâches de résolutions de problèmes ou à composante visuo-spatiale (expérience 3).

6.

Nous ne saurions omettre de mentionner en dernier lieu ce qui représente à la fois une difficulté et une opportunité dans l'évocation de nos perspectives de recherches, à savoir le caractère nécessairement interdisciplinaire de ces futures recherches.

L'interdisciplinarité de ce travail à venir est évidente. Sont en effet concernées la psychologie cognitive et la neuropsychologie cognitive, la didactique et la pédagogie, enfin l'ensemble informatique et multimédia. Nous aurons par conséquent à nous interroger sur les conditions et sur l'organisation des recherches dont nous avons esquissé ci-devant les perspectives.

Conclusions Modèle et enjeux d'une didactique du transfert

“ Transfer is the name of the game” Campione, J. C., 1996.

Au point initial de notre recherche, nous espérions obtenir une validation de l'hypothèse, intuitive à l'origine de notre interrogation, de l'intérêt de la pratique des échecs pour l'enfant scolarisé.

L'ensemble des résultats dégagés à travers nos protocoles expérimentaux convergent pour attester de l'effet de l'apprentissage des échecs sur les habiletés cognitives les plus sollicitées dans un cursus scolaire que sont stratégie de mémorisation, calcul et combinatoire, imagerie mentale et traitement visuo-spatial.

Ce constat opéré, il convient maintenant d'appréhender les conséquences qui peuvent en découler du point de vue de la didactique des savoirs, en se servant de l'exemple de la matière échiquienne et du modèle de transfert que nous avons élaboré au cours de ce continuum expérimental.

Quel modèle de la dynamique du transfert bâtir et de quelle manière organiser les savoirs et les pratiques pédagogiques dans une optique de transfert ? Telles sont les deux questions auxquelles nous tenterons d'apporter un début de réponse dans une première partie de ces conclusions.

Les enjeux pour la classe peuvent être considérables, ce qui conduit à faire de ce point la conclusion nécessaire de notre travail puisque notre recherche se fixait comme

but ultime et concret la situation de la classe, de l'enseignant et des élèves au regard de la finalité assignée par la société au système éducatif. C'est pourquoi, dans une deuxième partie, nous aborderons ces enjeux et les perspectives ouvertes.

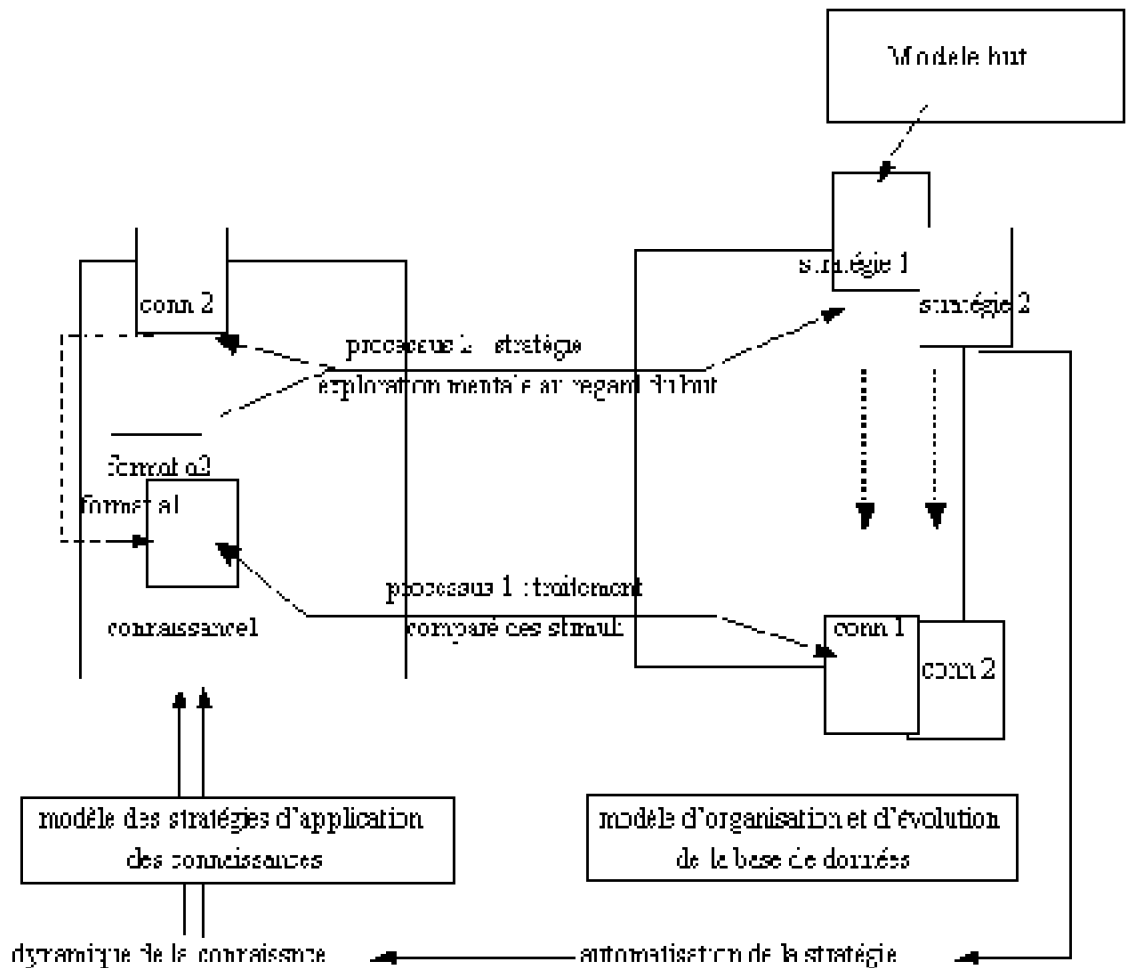


Figure 121 : Processus de construction élaboration d'une connaissance

1 Essai de modélisation d'une didactique du transfert

La modélisation doit être abordée sous deux angles, celui de l'élaboration de la didactique du corpus à enseigner dans une stratégie de transfert des éléments de ce corpus vers d'autres corpus d'une part, celui de la stratégie d'intervention de l'enseignant d'autre part, dans le but d'intégrer cet objectif du transfert dans l'apprentissage.

11 Modélisation de la didactique du corpus

Nous pouvons rassembler les principaux éléments dégagés jusqu'ici, qui constituent les prérequis de la construction du modèle d'une didactique du transfert.

Ceux-ci visent aussi bien la définition connexionniste de la connaissance que nous avons mise en lumière que le développement des capacités métacognitives du sujet, que l'approche par les interactions et non la compilation des connaissances à acquérir et, enfin, que la double dimension du transfert analogique et métacognitif.

Une approche connexionniste

Nous avons dans notre deuxième partie justifié de **l'intérêt d'une approche connexionniste** de l'apprentissage. Dans un modèle connexionniste, stratégie de traitement et structure de la connaissance ne font qu'un et modifient en permanence l'état de l'acquisition.

Ceci constitue un premier prérequis épistémologique en matière d'apprentissage, de didactique et de transfert.

Le schéma de la figure 128 reproduit l'étape 3 du processus de construction-intégration de la connaissance du roque par les enfants que nous avons présenté dans notre première partie. Il établit le processus multidimensionnel et permanent d'adaptation de la connaissance en fonction des situations-but dans lesquelles elle est utilisée ou récupérée.

La prise en compte des processus métacognitifs

Nous avons également attesté des preuves expérimentales de l'efficacité de l'intervention des processus métacognitifs dans le transfert et défini les conditions d'une telle intervention en schématisant la dynamique des interactions entre mémoire de travail, capacités métacognitives et contrôle des stratégies.

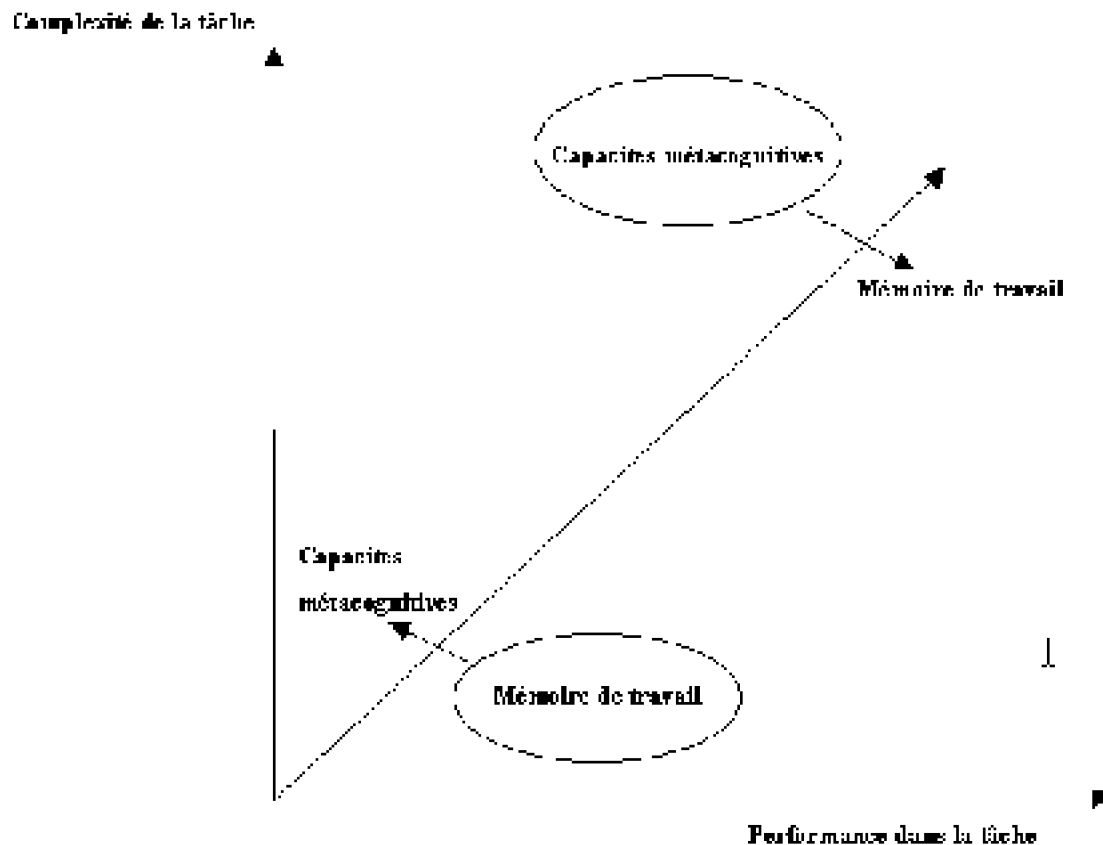


Figure 122 : Modèle de la dynamique des interactions entre mémoire de travail, capacités métacognitives et stratégie de contrôle de la tâche.

11-1- Elaboration du didacticiel

Ceci nous a conduit à élaborer une méthode d'apprentissage intégrant l'objectif du transfert selon un modèle que nous pouvons schématiser de la façon suivante au double point de vue de la didactique du corpus et de la stratégie du transfert.

11-11 Une didactique des interactions et non de compilation

La didactique du corpus est fondée sur la recherche de l'acquisition des concepts échiqués dans une approche d'interaction et non de compilation. Cet objectif a conduit à intégrer pour chaque concept échiqué une fiche transfert illustrant le concept dans un contexte autre que celui des échecs. Ce processus de dé-contextualisation est un élément primordial dans une stratégie d'apprentissage du transfert. Les élèves ont ainsi

découvert que des notions comme celles de protection ou d'interposition avaient d'autres contextes d'utilisation.

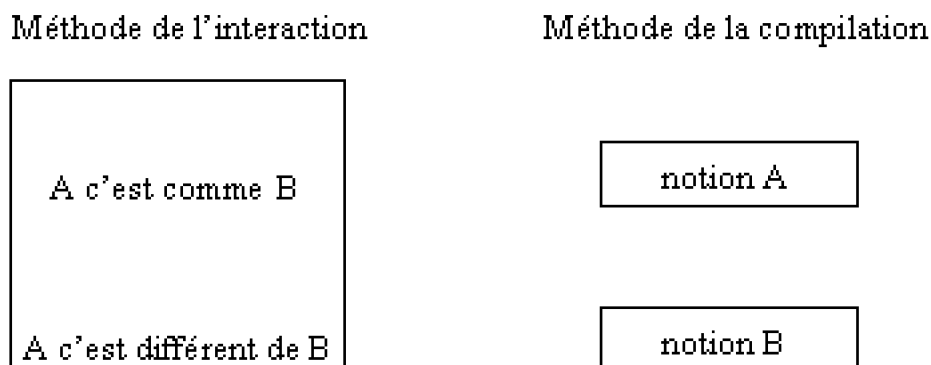


Tableau 72 : Didactique : approche par les interactions vs approche par la compilation des notions.

Le travail sur les photos-concepts, d'après le témoignage des institutrices, a été utile et bien réalisé par les élèves.

Pour illustrer ce travail sur la transposition et les interactions, on peut prendre, par exemple, une leçon sur les fleuves et rivières et le concept de structure ordonnée d'éléments en une arborescence qui s'y rapporte. Les affluents alimentent les rivières, lesquelles confluent vers les fleuves qui se jettent dans les mers ou océans. Le critère de taille ordonne la relation structurelle et définit trois niveaux d'ordre, laquelle peut être schématisée. A partir du schéma, des exemples de relation d'ordre de ce type peuvent être trouvés par les élèves : communes, départements, régions ; arbre généalogique d'une famille, organisation d'une armée ou du réseau commercial d'une entreprise, organisation du système sanguin de l'humain... Un deuxième plan de transfert concernera non plus la relation d'ordre et d'arborescences mais celle de la fonction : rivières et fleuves transportent de la terre et d'autres substances qui deviennent alluvions, de même que le sang transporte de l'oxygène et d'autres substances qui peuvent se déposer ; ils peuvent servir à l'irrigation tout comme par capillarité le sang irrigue les fibres musculaires et autres tissus. Ces trois approches descriptives, structurelles et fonctionnelles fournissent autant d'occasions d'examen dans des contextes différents de notions de base.

11-12 Les deux modes de transfert : analogique et métacognitif

La stratégie du transfert des processus mobilisés dans la réalisation de la tâche de recherche des mats a été conçue en recourant aux deux plans du transfert, l'analogique et le métacognitif. Transfert analogique premièrement, en ce que les diagrammes de mat proposés étaient voisins les uns des autres à l'intérieur de chacune des séquences et d'une séquence à l'autre, les effets de distance étant pour chacun d'entre eux mineurs.

Transfert métacognitif deuxièmement, pour lequel il était recouru à deux moyens. D'une part, l'apport d'une méthode de résolution par questionnement, que le sujet

apprenait à transporter d'un diagramme à l'autre en l'ajustant à la marge si nécessaire. D'autre part, le transfert de ce mode de questionnement de l'espace-problème en étant invité à se servir de celui-ci pour résoudre des problèmes dans une situation-contexte totalement étrangère au jeu d'échecs, mais insérée à l'intérieur de la méthode, c'est-à-dire entre deux séquences échiquéennes.

Nous pouvons schématiser notre démarche de la façon suivante.

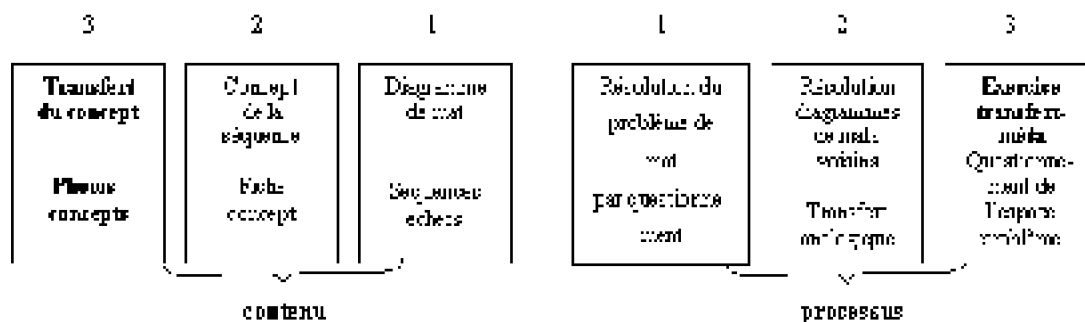


Figure 122 : Modèle d'élaboration du didacticiel

L'intervention métacognitive était présente également à un autre niveau, celui des habiletés cognitives, telles que notre premier plan expérimental les avait mises en lumière et en avait mesuré la portée.

Celles-ci concernaient la stratégie de traitement visuo-spatiale, le chunking et la catégorisation, enfin, l'exploration en profondeur et le raisonnement hypothético-déductif.

L'intégration du transfert d'apprentissage se faisait par conséquent sur deux plans à la fois :

- celui de la méthode de résolution de problème par questionnement,
- celui des habiletés transversales recrutées au cours de ce premier niveau de transfert.

Ainsi l'exercice transfert des Tours de Hanoï comporte-t-il un premier transfert, celui de la division en but et sous-but en vue de planifier les déplacements, mais il inclut également la capacité d'imagerie mentale des déplacements potentiels, cette deuxième composante cognitive étant différente de la planification. Le niveau méthode de résolution n'est pas celui de l'imagerie mentale et de l'extraction du mouvement. Ces dernières habiletés cognitives sont d'une autre nature et peuvent être recrutées dans des tâches très diverses. Notre didacticiel intégrait ce double objectif de transfert.

11-2 Dynamique du transfert d'apprentissage

La dynamique du transfert d'apprentissage telle qu'elle est organisée selon notre modèle est articulée autour de six étapes, reliées entre elles par des interactions.

1 - Encodage des cinq questions à se poser pour rechercher le mat

Le sujet apprend à cheminer dans l'espace-problème qu'il découvre - un diagramme de

mat à résoudre - en étant tutoré du fait qu'il est invité à répondre à cinq questions dans le but de s'approprier une méthode de résolution par questionnement du problème. La répétition de ces questions au fil des diagrammes a pour objectif d'automatiser la procédure de questionnement et de doter le sujet d'une stratégie de traitement des données d'un nouveau problème analogue au problème source.

2 - Identification du nouveau diagramme dans sa similitude avec le diagramme de l'étape précédente

Le diagramme suivant présente les mêmes éléments de formes - une position - et d'identité - un mat à trouver - ; le sujet est invité à travailler sur l'identification de ces similitudes et des éventuelles différences partielles dans le matériau – les pièces peuvent être différentes - ou dans la formulation – on peut demander : « tu as les Blancs, peux-tu faire mat ? » ou bien « ton Roi est attaqué, les Noirs peuvent-ils te faire mat en un coup ? » -, ou dans la complexité – le mat peut exister en un ou deux coups, mettant en jeu une ou plusieurs pièces-. Au cours de cette étape, se construit une base de données constituée des situations-problèmes sur lesquelles il a travaillé ; ces bases sont autant de connaissances stockées qui serviront ultérieurement lorsqu'il découvrira un nouveau problème et qu'il commencera son travail sur celui-ci par l'étape 1.

3 - Récupération en mémoire des cinq questions pour les appliquer au nouveau diagramme

Le sujet lorsqu'il découvre un nouveau diagramme récupère lui-même – et très vite sans l'aide du tuteur- les cinq questions pour 'faire parler' le problème. Il s'agit dès cette étape d'un processus transfert par le recours à une procédure ou à une méthode de questionnement stockée en mémoire dont le sujet sait qu'un recours antérieur a été couronné de succès. Les deux modes de transfert co-existent, analogue sur l'identification et métacognitif par la décision d'appliquer une stratégie de résolution évaluée comme pertinente et efficace.

4 - Application et ajustement partiel des cinq questions pour la recherche du mat

D'un diagramme de mat à l'autre, le sujet encode des différences et se trouve confronté à une nécessaire adaptation du questionnement aux situations partiellement différentes. On est typiquement dans une phase dans laquelle le sujet s'éloigne de l'automatisme de l'application de son modèle de questionnement pour se donner des degrés de liberté d'usage de celui-ci en prenant un recul cognitif par rapport à l'état initial de la procédure apprise. Le sujet retrouve des degrés de liberté, ce qui caractérise une étape importante dans l'apprentissage, la mémoire de travail s'allège puisque le sujet n'a plus 'le nez sur la procédure', et la part respective des capacités métacognitives et de la mémoire de travail s'inverse.

5 - Evaluation, à partir de la résolution du mat, de la pertinence de la méthode suivie de transfert

des cinq questions et, dans le cas où il y aurait échec, retour aux étapes 1 et 2 afin de revenir sur l'origine des erreurs dans la méthode de résolution. Cette phase est essentielle au plan métacognitif, puisqu'elle marque la maîtrise du processus d'évaluation de la stratégie suivie et de la recherche de l'adaptation de celle-ci en tant que de besoin.

6 - Consolidation du transfert en cas de succès

Dans le cas où le sujet a résolu le mat, il intègre dans sa base de données cette situation-problème et les quelques adaptations opérées sur la méthode de résolution. Les connaissances présentes en MLT dans les fichiers situations-problèmes et méthode de résolution par questionnement sont en conséquence ajustées. Dans le cas où il a échoué, la séquence se poursuit avant de passer à un autre mat, avec le tuteur qui guide le sujet dans l'application depuis le début du mode de questionnement jusqu'à la résolution. Cette phase est essentielle puisqu'elle seule permet au sujet de rapprocher la méthode qu'il avait suivie de celle qu'il est invité à suivre avec l'aide du tuteur. Aussitôt après, un diagramme quasi identique lui est proposé – seule par exemple la couleur des pièces des deux camps a changé- et le sujet peut appliquer ce qu'il vient de revoir et par la même ne pas stabiliser l'erreur commise durant la résolution ayant échoué.

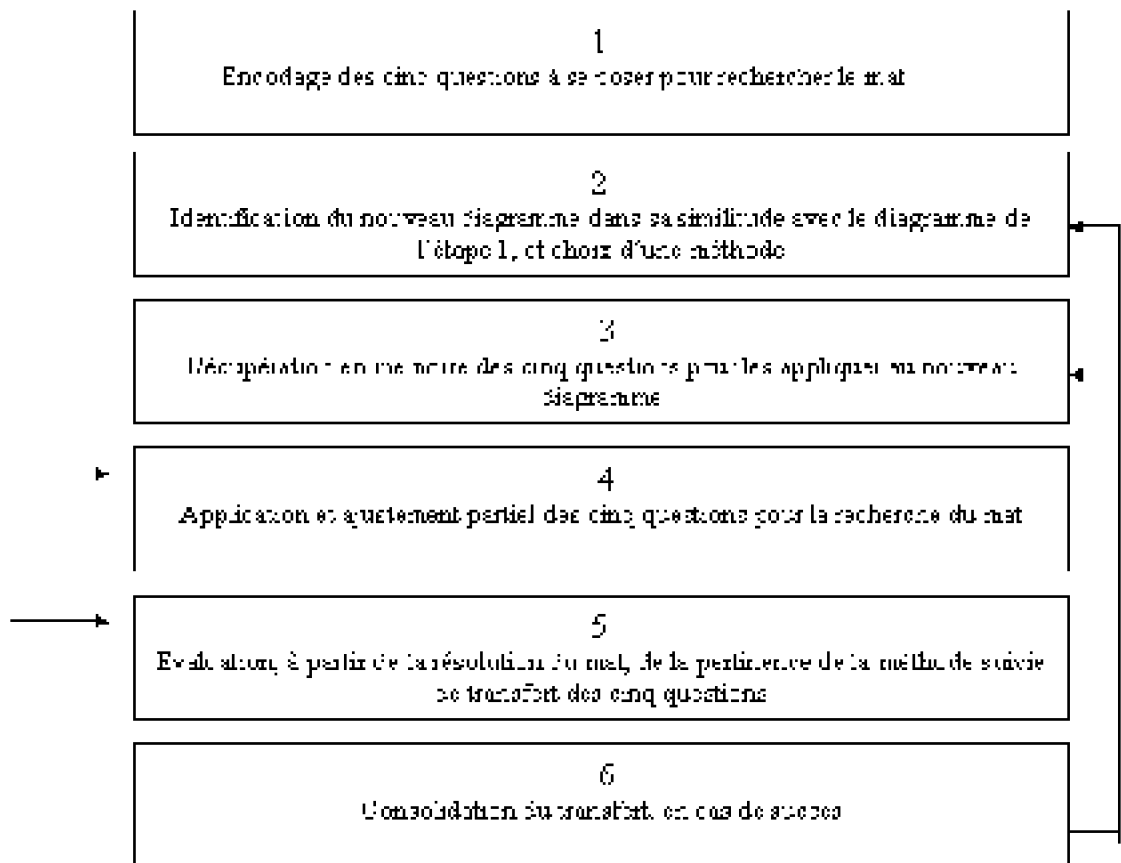


Figure 123 : Phases et interactions de la tâche recherche de mat.

Les processus mobilisés aux étapes 1, 2, 3 et 4 correspondent au transfert analogique au cours duquel le sujet transfère d'une situation-problème source à une situation-problème cible ; ceux des étapes 5 et 6 au transfert métacognitif, qui voient le sujet évaluer l'efficacité de la stratégie suivie et accéder à la transposition de celle-ci de façon explicite.

Le modèle n'est pas seulement séquentiel puisque certaines interactions entre phases interviennent au cours de la tâche.

Entre les phases 3 et 4, premièrement, le sujet peut ajuster le mode d'organisation et d'application des cinq questions qu'il a récupérées en MLT afin de tenir compte de la spécificité du diagramme nouveau qu'il traite. Ce traitement des points de différenciation entre les situations source et cible conduit à un modèle d'ajustement à la marge qui retentit sur les scripts de questions stockés et les complète ;

LE DEVELOPPEMENT DES HABILETES COGNITIVES DE L'ENFANT PAR LA PRATIQUE DU JEU D'ECHECS :

Entre les phases 4 et 5, un second ajustement peut intervenir avec en cascade une éventuelle mise à jour des données en MLT, ajustement qui porte sur le processus action-but en fonction de l'évaluation faite de l'efficacité de la méthode suivie ;

L'interaction entre la phase 6 et les données en MLT est permanente. A chaque résolution, les fichiers contextes du problème, efficacité du processus de questionnement et qualité des résultats sont mis à jour, et la connaissance du sujet est modifiée.

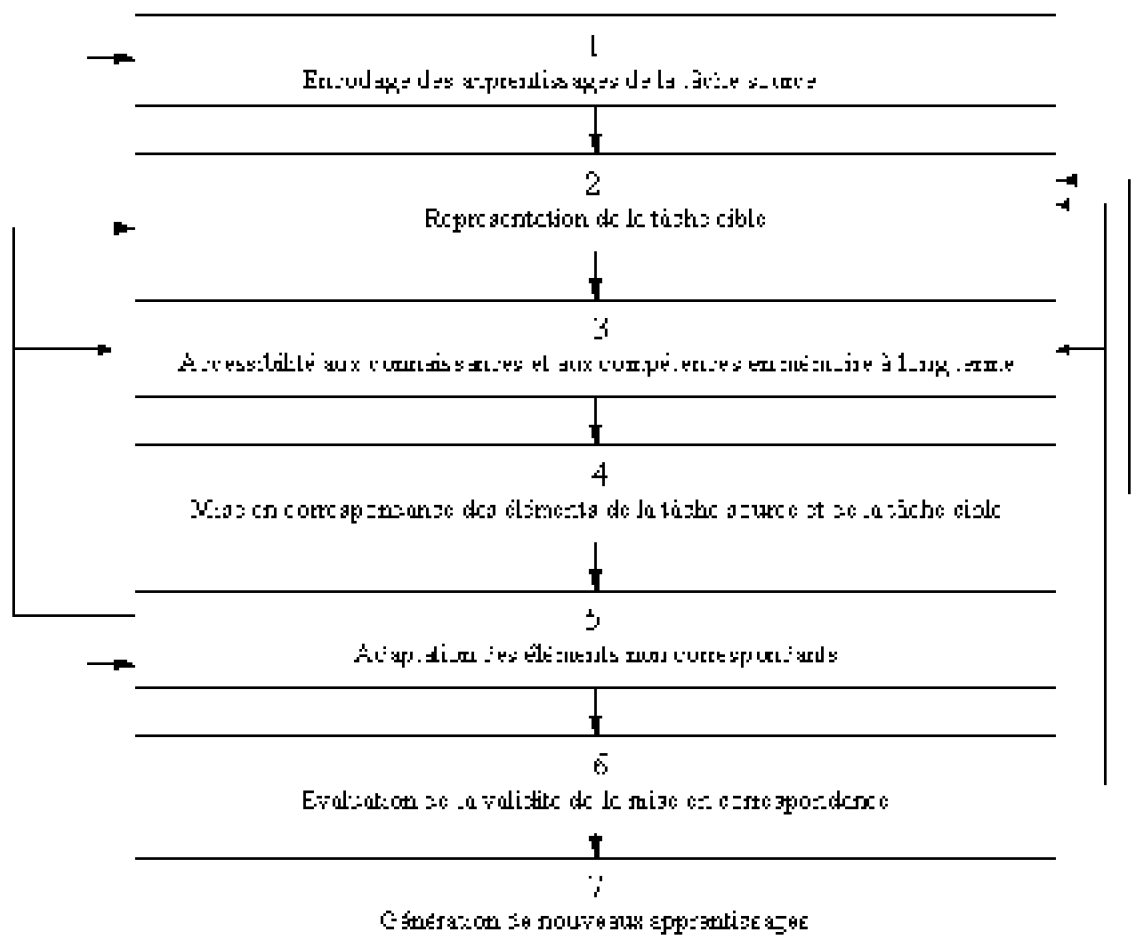


Figure 124 : Séquentialité et interactivité des processus composant la dynamique du transfert des apprentissages, d'après Tardif (1999, p.75).

Ce modèle correspond à la plupart des modèles reconnus comme rendant compte de la dynamique du processus de transfert d'apprentissage par une majorité des auteurs (Gentner et al., 1993 ; Tardif, 1999). Le schéma de la dynamique du transfert proposé par

Tardif et reproduit dans la figure précédente nous paraît illustrer parfaitement ce que nous dénommons modèle classique.

Il diffère du modèle que nous avons retenu par un élément : la part que nous avons accordée aux processus métacognitifs. Nous prenons en compte, en effet, une variable supplémentaire par rapport au modèle classique, qui est une seconde voie du transfert métacognitif, celle relative aux habiletés. C'est pourquoi nous parlons de modèle à deux voies.

11-3 Modèle de transfert à une et à deux voies métacognitives

Pourquoi parler d'un modèle à double voie métacognitive ?

Nous prendrons l'exemple de deux exercices transfert du didacticiel, l'exercice des axes de symétrie, et celui de traitement des relations spatiales.

Dans la première tâche, il s'agissait de disposer un Cavalier et plusieurs pions de façon symétrique par rapport à un dispositif présent sur l'échiquier, et ce autour d'un axe vertical (entre colonnes d et e), horizontal (entre rangées 4 et 5) ou en diagonale (diagonale a1-h8), comme l'illustre la figure 132.

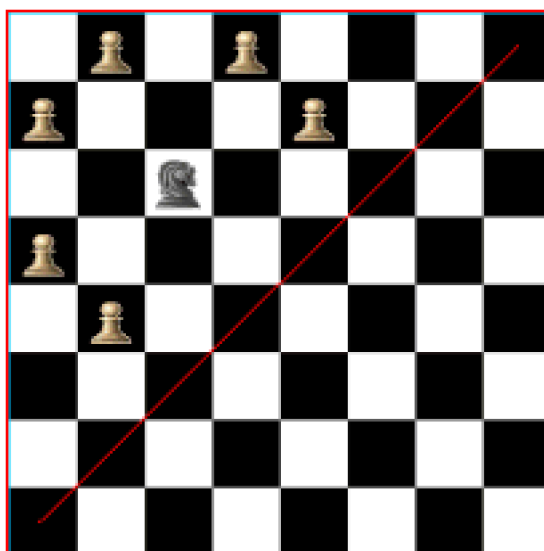


Figure 125 : Exercice transfert, axe de symétrie.

Il s'agit bien d'un transfert puisque la tâche à réaliser n'a aucun rapport avec le jeu d'échecs du fait de placements de pions impossibles en partie réelle. Les concepts de source échiquéenne sont la diagonale et la règle de déplacement du Cavalier. Ils aident à réaliser la tâche. La tâche proposée a pour intérêt de faire appréhender aux sujets un point du programme de CM2 -les axes de symétrie- dans la variante la plus difficile puisque l'axe de symétrie que forme la grande diagonale est beaucoup plus difficile à traiter et la rotation mentale moins aisée. Le transfert est analogique s'agissant du matériau utilisé, pièces et cases d'un échiquier. Il est également métacognitif puisqu'il y a utilisation du concept de diagonale dans un autre domaine, celui de la géométrie et du concept des axes de symétrie. Il s'opère bien un processus de décontextualisation, on sort du domaine échiquéen, et de re-contextualisation, la géométrie. L'objectif de transfert

dans notre didacticiel - si celui-ci n'avait pas eu pour objet principal notre recherche - aurait pu aller jusqu'à introduire un second exercice portant sur les axes de symétrie, avec cette fois non plus un dispositif constitué de pièces et d'un échiquier mais un papier quadrillé et des figures autres ; ou, bien sûr, proposer à l'enseignant de le faire.

Dans l'exercice transfert dont la tâche consiste à juger si un rond rouge est au-dessus ou en-dessous d'une croix noire mettant en jeu au plan neuronal le sous-système de traitement des relations spatiales, nous parlons d'un autre niveau du métacognitif.

Ce qui est recruté dans ce cas n'appartient pas au domaine des concepts liés au contenu échiquéen que l'on utiliserait dans un contexte étranger à celui de l'acquisition. Il s'agit plutôt d'une habileté cognitive, en l'occurrence le processus de traitement des relations spatiales entre deux objets, laquelle a été particulièrement activée et sollicitée par la pratique du jeu d'échecs par tout le travail d'extraction et de traitement du mouvement potentiel des pièces depuis une position où celles-ci sont fixes. Puisque nous avons mesuré une performance nettement supérieure des joueurs dans le rappel de la position P4 dans notre première expérience sur le chunking, nous savons que la pratique développait cette habileté du traitement du mouvement et le fait de l'introduire dans le didacticiel avait pour but de mesurer si ce type d'exercice transfert intégré au didacticiel conduirait à une amélioration du transfert de cette habileté. Ce point a été vérifié dans l'épreuve contrôle d'imagerie mentale sur les mains (rappelons la différence significative de 500ms).

Ce que nous appelons modèle à double voie du transfert métacognitif dans une didactique du transfert, c'est le fait d'inclure, en plus du transfert au niveau des concepts liés au contenu ou à la procédure, la dimension du substrat neuro-anatomique des mécanismes cognitifs recrutés lors de la tâche. Puisque dans une tâche de géométrie, on peut utiliser le concept de diagonale appris aux échecs pour comprendre l'axe de symétrie, et puisque dans les deux contextes d'application, les échecs et la géométrie, l'imagerie est en cause, nous postulons que l'apprentissage du transfert doit intervenir sur les deux plans métacognitifs : celui conceptuel de la diagonale (« l'axe de symétrie, c'est comme la diagonale ») et celui de l'habileté au traitement des relations spatiales catégorielles ou coordonnées.

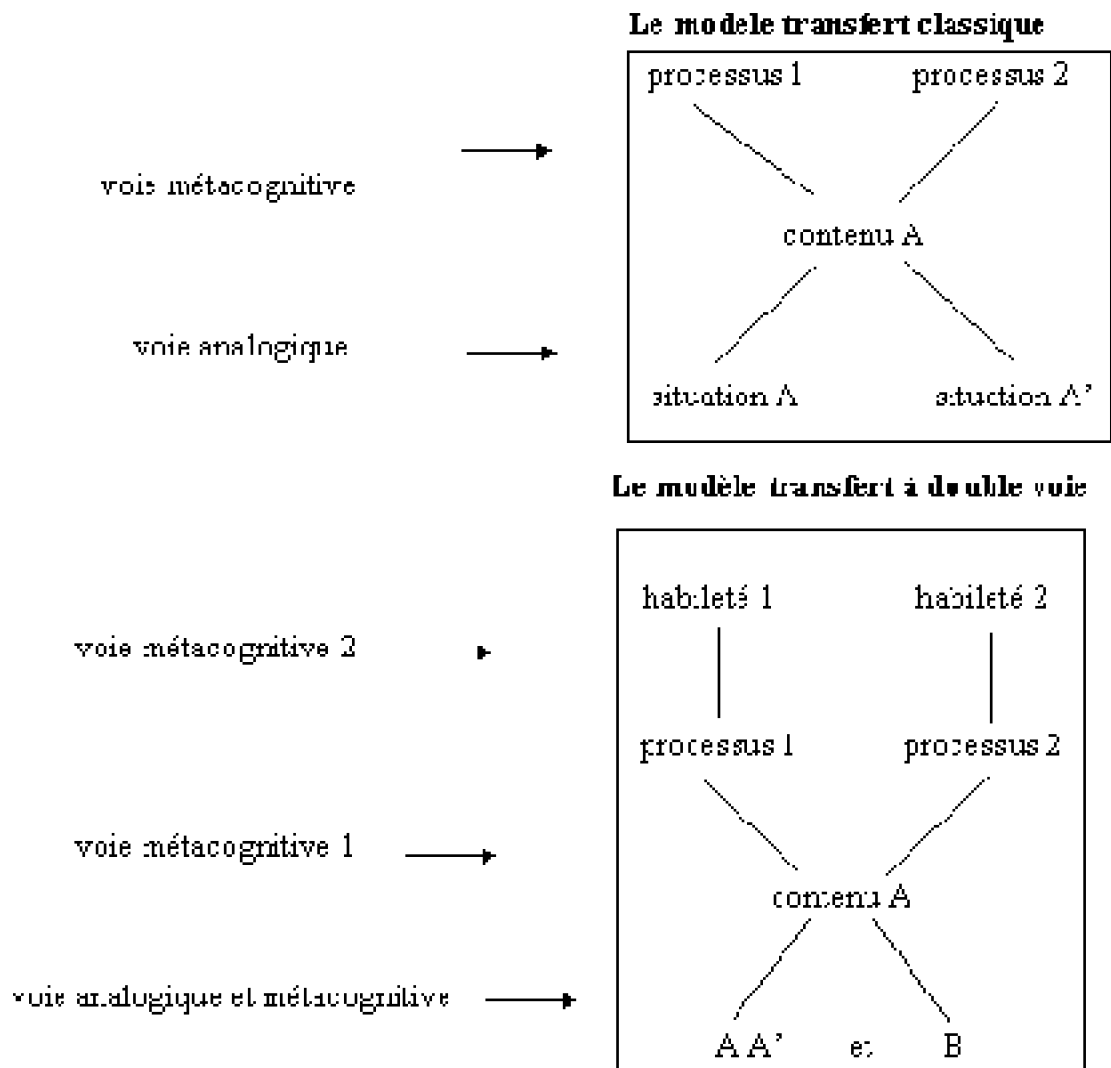


Figure 126 : Modèle classique et modèle à double voie du transfert.

Au vu de cette distinction entre les deux modèles on comprend mieux la définition choisie du concept d'habileté cognitive sur lequel nous avons décidé de travailler : **une habileté cognitive est un processus cognitif dont le substrat neuronal a appris dans une multiplicité de situations-buts et qui en a tiré une plus grande efficacité.**

Dans le schéma de la figure 133, nous identifions clairement les deux phases durant lesquelles l'enseignant doit intervenir au plan métacognitif : premièrement celle de la phase 1 de l'encodage du contenu où il sera question du contenu A principal de l'acquisition mais également du contenu B du transfert ; deuxièmement, celle de l'habileté recrutée au moment de l'acquisition du processus de résolution.

12 La stratégie d'intervention de l'enseignant

Le modèle défini dans la première partie de ce chapitre traite des processus intervenant

dans un apprentissage qui inclut à part entière le transfert. Ce modèle relatif aux processus n'est pas un schéma abstrait et sans vie, il s'incarne grâce à la médiation de l'enseignant et à l'action de l'élève. Il convient dès lors de prendre en compte le contexte de la classe et le rôle de l'enseignant qui donne vie autant que l'élève à ce modèle.

Comment l'enseignant appuie-t-il son intervention sur ce modèle ? Telle est la question qu'il nous faut présenter maintenant.

L'intervention de l'enseignant doit prendre en compte quatre grands groupes de variables. Ceux-ci se rapportent aux processus cognitifs et métacognitifs, aux stratégies cognitives de l'élève, aux pratiques pédagogiques choisies par l'enseignant, enfin, aux stratégies d'intervention de celui-ci sur les savoirs.

La quadrature du cercle des variables qui constituent le cahier des charges de l'enseignant est complexe, bien qu'aisée à formaliser en un schéma., tel celui esquissé dans la figure 134.

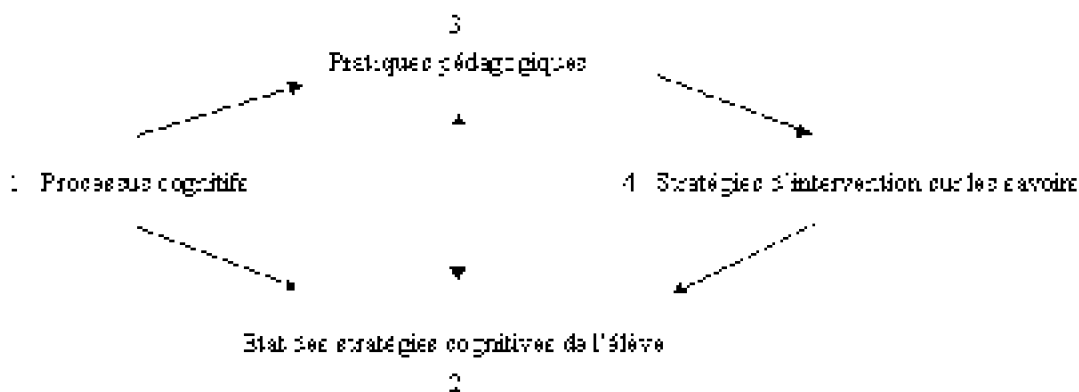


Figure 127 : Nature des interventions de l'enseignant et leurs interactions.

La composante 1 -processus cognitifs- est celle que nous venons de présenter dans la première partie de ce chapitre. Pour chacun de ces processus il importe de regarder quelles stratégies peuvent être mises en oeuvre par l'élève -2- .

Dans le même temps, l'enseignant doit concevoir ses pratiques pédagogiques -3- en fonction des stratégies maîtrisées, naissantes ou à l'état d'ébauche chez l'élève. Il peut alors bâtir la structure du savoir principal à enseigner et des contextes de transfert y afférents -4-.

12-1 La prise en charge des processus cognitifs et métacognitifs et le choix des stratégies mises en oeuvre par l'élève

Ces deux premiers points concernent l'intervention de l'enseignant dans la dynamique du transfert que nous avons présentée et illustrée dans la figure 134.

Dès la phase 1, durant laquelle l'élève découvre les données initiales à traiter à partir de ses connaissances préalables et des apports de l'enseignant, l'intervenant doit faire prendre conscience de l'importance d'enrichir cette phase en rapprochant le contexte spécifique de la tâche avec d'autres contextes connus ou bien auxquels cela lui fait penser. Il y a par conséquent un **enrichissement de l'encodage** prôné par l'intervenant

et réalisé par l'élève. Cette « **posture mentale** » (Sternberg & Frensch, 1993) d'anticipation ou d'identification de contextes voisins ou imaginables est une première clé de l'attitude de l'élève au regard de l'intérêt du transfert. Elle aidera la phase 2 d'identification de la tâche transfert. Elle permet également de mettre à jour le but du transfert et le sens de ce processus de comparaison ou de rapprochement entre deux tâches.

Ce **travail très précoce sur le but** est une deuxième clé qui porte sur la **motivation du sujet** (Holyoak & Thagard, 1989a).

Il doit concerner non seulement l'intérêt de la tâche dans le monde scolaire mais également, si possible, le « hors l'école », ce dernier point étant considéré par ces auteurs comme un facteur déterminant pour la motivation de certains sujets. Le travail sur la variété des contextes et des buts de l'utilisation des notions initiales enrichit sensiblement la valeur de ces données aux yeux de l'élève, et participe de sa motivation.

Le deuxième temps fort de l'intervention concerne la sensibilisation à la fonction **d'auto-évaluation de la méthode** suivie par l'élève dans la tâche, des buts et sous-buts poursuivis, des notions utilisées. Il s'agit de l'inciter et de l'aider à suspendre un moment l'action pour faire le point et comparer le résultat obtenu et la méthode choisie.

La capacité à **verbaliser cette évaluation** est une clé de la création chez le sujet d'une aptitude métacognitive à apprécier sa propre performance et des conséquences sur le degré de confiance qu'il acquiert sur ses propres compétences. Dans de nombreux modèles, cette auto-évaluation est considérée comme le critère le plus distinctif de l'intervention métacognitive (Perrenoud, 1997b).

Au total, la combinaison des trois facteurs précités que sont l'enrichissement de l'encodage, le travail précoce sur le but et l'auto-évaluation génère le sens de la démarche poursuivie et mise en oeuvre par le sujet.

anticipation de contextes de transfert possibles
+
appropriation du But
+
évaluation de son efficacité
=
sens

L'articulation de ces trois facteurs impliqués dans la création du sens de la tâche demandée éclaire l'analyse que l'enseignant doit faire des stratégies cognitives qui peuvent être mises en oeuvre par l'élève.

S'agissant de la phase d'enrichissement de l'encodage, l'intervenant doit aider l'élève à **organiser les différents contextes d'utilisation** des connaissances qu'il mobilise pour une tâche. Ce travail de mise au clair des différents contextes, et de classement et d'organisation de ceux-ci, développe chez le sujet une capacité à structurer ses

connaissances et à comparer des contextes. Se crée ainsi une aptitude à effectuer des passerelles entre contexte et nouveau contexte.

Le **travail sur l'énoncé des données** et du but à atteindre est celui qui est le plus exigeant au regard des stratégies à mobiliser. Deux stratégies au moins sont concernées : celle du découpage en buts et sous-but, celle de la qualification des données selon leur importance.

—

La méthodologie du **découpage en buts et sous-but** est un apprentissage pour partie contradictoire avec le souci, fréquent chez le sujet, d'entrer de façon immédiate dans l'action, de commencer à chercher la solution avant d'avoir clairement identifié les étapes par lesquelles passer. La plupart du temps le sujet a intuitivement une idée de ce qu'il y a à faire et souhaite plonger aussitôt dans la recherche de la solution ; suspendre cette entrée précoce et d'intuition ou d'impulsion dans la résolution requiert une capacité d'inhibition qui, en soi, nécessite un apprentissage. Le domaine des inhibitions, du point de vue de la psychologie cognitive, est le moins aisé à aborder car faire acquérir une capacité à inhiber une action intuitive chez l'enfant entre en conflit direct avec l'un des facteurs principaux de la motivation, à savoir le besoin d'action non différée.

—

Le **travail sur les données** comporte lui-même deux dimensions. Il s'agit d'une part de clairement identifier et **formaliser les contraintes ou conditions** à satisfaire lors de la résolution du problème ou de la réalisation de la tâche. Dans la plupart des cas, il n'y a pas liberté totale et la mémoire de travail doit maintenir en permanence présentes ces conditions qui ne peuvent être transgressées durant le déroulement de la tâche. Cette obligation sera d'autant plus forte que le sujet affrontera un domaine pour la première fois ou aura une faible pratique dans la tâche. L'oubli des règles est inversement proportionnel à la pratique comme nous l'avons analysé lorsque nous avons rapporté l'expérience sur l'apprentissage de la procédure du roque. Il s'agit d'autre part de **trier** entre **les données** afin de les **hiérarchiser** et de s'attacher à celles qui sont essentielles pour la tâche. Ce processus de traitement des éléments selon leur importance s'apparente au modèle de compréhension des relations structurales ou de la macro-structure par opposition aux traits de surface c'est-à-dire aux détails. L'intervention à ce stade gagnera à comparer le travail de sélection des informations essentielles par rapport au but à atteindre avec celui, par exemple, de la sélection des mots clés à mémoriser dans un texte lu. Nous aurons par conséquent dans cette phase un travail typiquement de transfert métacognitif.

Une stratégie identique est suivie par le sujet lorsqu'au cours de la tâche il **récupère en mémoire**, parmi les situations analogues traitées auparavant, les données relatives aux méthodes et raisonnements appropriés pour conduire son travail. Il y a d'une part une procédure de sélection afin de ne retenir que ce qui pourra s'appliquer le plus efficacement au nouveau contexte traité. Il y a également une analyse et un ajustement

permanent pour tenir compte des différences d'une situation à l'autre. L'enseignant intègre dans sa stratégie d'intervention ce constat sur **l'importance des ajustements à la marge**, et doit trouver dans les supports qu'il propose une suite continue éloignant progressivement d'une situation de départ. Au cours de ce cheminement il invite le sujet à lui-même s'attacher à qualifier les différences et à dégager ce qu'il y avait autour du contexte initial de la connaissance ou de la méthode. **Autour**, est le mot mis en exergue par certains auteurs : « le transfert m'apparaît comme un processus qui invite à regarder autour plutôt que dedans. » (Batisse, 1996). En conclusion, il convient de noter, comme nous venons de l'analyser, que processus et stratégies didactiques de l'élève sont étroitement liés et forment un tout pour l'enseignant. De la même manière, les pratiques pédagogiques et les interventions sur les savoirs de ce dernier sont elles-mêmes tout à fait interdépendantes.

12-2 Les pratiques pédagogiques et l'intervention sur les savoirs

Dans la section présente, nous aborderons la double question de la manière dont l'enseignant organise le savoir à transmettre à l'élève et des pratiques pédagogiques auxquelles il recourt pour atteindre un objectif d'apprentissage double, relatif à la fois au corpus en soi et à son potentiel de transférabilité.

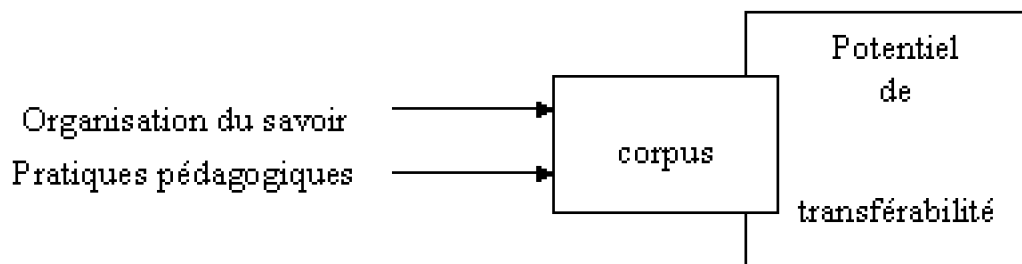


Figure 128 : Attitude de l'intervenant.

12-21 Le recul cognitif de l'intervenant au regard de son savoir disciplinaire

Dans notre développement de la deuxième partie nous avons rappelé l'impératif catégorique de refus de tout modèle didactique qui reposerait sur les schémas conceptuels de l'expert du corpus à enseigner (Resnick, 1983).

Grâce au recul qu'il a pris par rapport à sa discipline, l'intervenant est capable de **partir des représentations préalables de l'élève** relatives directement ou indirectement au corpus concerné, au moment où celui-ci commence à découvrir les connaissances nouvelles d'une matière. C'est à partir de celles-ci qu'il va construire la nouvelle connaissance. La fonction de l'intervenant est donc une fonction **d'étayage** (Bruner, 1964) qui, de façon dynamique, organise l'acquisition de la connaissance en une suite de schémas et notions de plus en plus complètes, complexes et ouvertes sur « l'autour », dont certaines références de son univers quotidien. Le but de l'enseignant n'est pas

d'apporter les ' patrons ' de connaissances de l'expert tels quels au novice, dans la mesure où ce dernier aura des difficultés à construire ses connaissances à partir des représentations mentales de l'expert-enseignant, alors que ses propres représentations préalables à l'enseignement appartiennent à un champ conceptuel beaucoup plus pauvre et réduit. L'enseignant, en conséquence, doit plutôt partir des représentations ou pré-conceptions présentes chez le sujet et générer un processus de construction autonome et ouvert, autorisant l'évolution progressive de la connaissance préalable vers une connaissance plus complexe et par conséquent plus conforme au modèle de l'intervenant. L'enseignant aidera à la construction régulière de « ponts cognitifs » (Ausubel, 1968) reliant les éléments acquis progressivement. Ce processus de construction progressive a pour conséquence d'obliger l'intervenant à constamment suivre, en parallèle, les diverses formes que prend la construction, afin d'en saisir toutes les opportunités et d'en identifier les obstacles.

Cette fonction d'aide à l'auto-élaboration de la connaissance n'est possible que si la didactique est construite à partir de situations-problèmes, dans lesquelles l'action de l'élève éclaire l'enseignant sur le processus d'acquisition en cours. A travers cette écoute du processus d'auto-construction, l'enseignant peut constamment mesurer l'écart existant entre la connaissance à acquérir et l'état auquel est parvenu le sujet.

Nous avons schématisé la nature de cette intervention en fin de deuxième partie de la façon suivante (Figure 136).

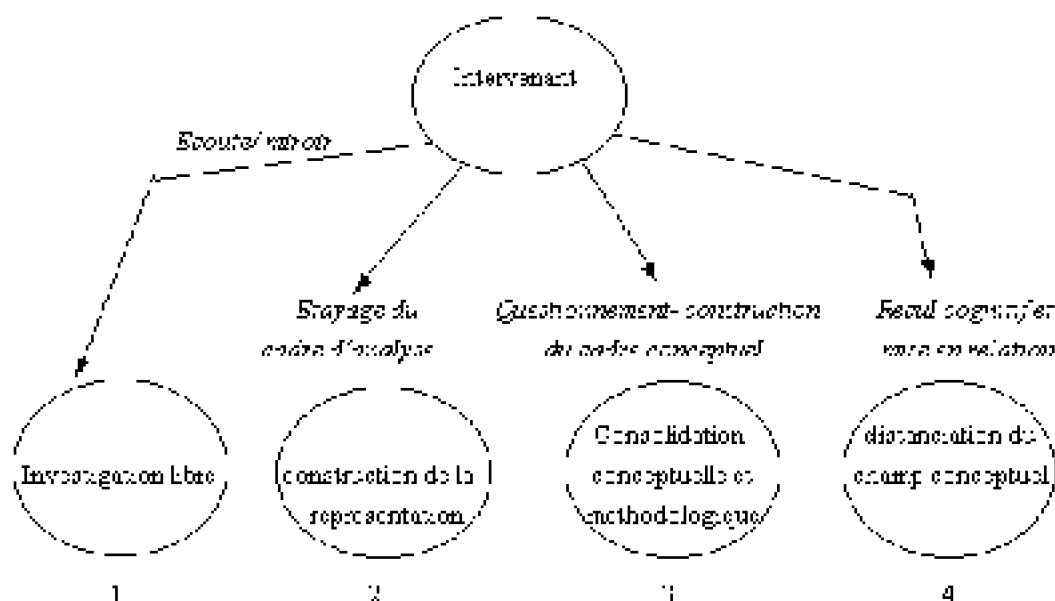


Figure 129 : Schéma de la fonction de l'intervenant selon l'étape didactique.

Ce choix de stratégie didactique privilégie la construction par l'élève du champ conceptuel. Il n'exclut pas pour autant une deuxième composante nécessaire, à savoir **l'apport d'un modèle** encadrant et donnant sens à la situation-problème de base. En effet, seul le cadrage par un modèle de la situation-support d'acquisition pourra, le moment venu au cours du processus d'auto-construction, aider le sujet à prendre le recul

cognitif utile au passage à un autre niveau conceptuel en rupture ou non avec l'ancien.

Ce travail d'écoute sur la construction de la connaissance est rendu possible par le recul pris par l'enseignant sur sa discipline. Ce recul est le fruit d'un travail sur la matrice disciplinaire. Par matrice disciplinaire (Develay, 1996), il faut entendre structure de la discipline aux divers plans que sont les objets, les connaissances et les procédures, enfin les situations-tâches proposées pour l'apprentissage. Nous ajouterons à cette définition, en l'intégrant délibérément au travail sur la matrice, l'examen de ce que nous appelons potentiel de transférabilité.

Ainsi, lors du travail sur les connaissances, trois volets sont abordés : celui des faits, celui des concepts intégrateurs de ceux-ci, enfin celui des procédures et méthodes. A ce stade, la phase de travail sur le potentiel de transférabilité consiste à concevoir pour ces trois volets précités les exemples de transfert dans un champ de connaissances autre que celui d'origine. Si, par exemple, la leçon porte sur le 14 juillet 1789, les éléments de la matrice sont composés de l'image de la prise de la Bastille, des concepts de rupture et de soulèvement de masse contre un pouvoir et de révolution, et des périodes de l'histoire. Le transfert portera sur chacun de ces plans et sera l'occasion pour chacun de ceux-ci d'investiguer les potentialités de transfert des éléments de cette matrice :

le plan des faits que sont les grandes dates symboliques, monuments, figures et objets associés et symbolisant un événement majeur ; sur ce premier plan, les exemples de transfert ne manqueront pas si l'élève recourt à son vécu personnel, à l'histoire familiale, ou si il lui est proposé un travail en petits groupes dans le but de reconstituer la matrice sur une autre date, telle le 8 mai ou le 11 novembre, ou le 25 décembre...

le plan des concepts que sont les périodes constituant l'histoire et les ruptures aussi bien pour des civilisations que pour des pays, des familles, des quartiers...

le plan des champs conceptuels, qui relie plusieurs concepts qui inter-agissent pour que soit compréhensible en sa totalité un fait : pouvoir, injustice, élections, violences, religions...

Le travail sur la matrice disciplinaire conduira l'enseignant à choisir les quelques éléments les plus démonstratifs et fructueux en termes de potentiel de transférabilité pour ce travail approfondi d'apprentissage sur l'intérêt et la manière d'apprendre l'histoire.

L'organisation du savoir de l'intervenant doit prendre également en compte une variable non plus cognitive mais se référant plus à la motivation du sujet, variable qui concerne la valeur attribuée au savoir par l'élève.

Nous avons mentionné l'importance du sens de l'apprentissage proposé au sujet, et pour cela de la compréhension et de l'adhésion au but de la tâche. Le point que nous évoquerons maintenant porte sur le sens que l'élève trouve en termes d'utilité hors l'école de ce qu'on lui demande d'apprendre. Cette question du rapport pragmatique aux savoirs (Develay, 1996) est essentielle.

12-22 Le rapport pragmatique aux savoirs de l'élève

Au premier plan des pratiques 'transférologènes' (Perrenoud, 1997b) il y a la question du sens attribué et reconnu par l'élève aux connaissances qui composent le programme à apprendre. « A quoi cela va me servir ? » est l'interrogation récurrente de l'élève qui ne s'inscrit pas dans un modèle normatif d'obéissance au système. C'est pourquoi cette question constitue l'un des enjeux majeurs pour l'intervenant : « **Pour installer des apprentissages performants, l'enseignant se doit de mieux saisir la nature du rapport des élèves au savoir.** » (Develay, 1996, p 39).

Nous ne parlons pas ici de l'étape abordée précédemment du but à atteindre dans une tâche à réaliser, mais plutôt, en amont de cela, de l'utilité reconnue par le sujet au contenu qui lui est soumis. Parler de « **rapport pragmatique au savoir** » (Perrenoud, 1997b) signifie considérer les éléments du savoir en termes d'outils utiles dans la vie pratique du sujet, que ce dernier peut en tout cas identifier et reconnaître comme tels, ce qui engendrera une motivation à apprendre.

Dans la phase de transfert des contextes, l'élève peut ainsi recourir à des situations ou à des contextes proches de ce qu'il connaît ou de ce qui l'intéresse. Si nous reprenons l'exemple de la leçon de géographie sur fleuves et rivières, les élèves choisiront un domaine transfert qui leur sera spécifique et correspondra à quelque chose qui leur 'parlera' plus, qui sera plus en rapport avec leur monde.

Le savoir dont il est ici question se caractérise alors par son usage pragmatique dans la vie quotidienne, ce qui lui confère une valeur en termes affectifs (Frenay, 1996), au-delà de l'aspect relatif au désir d'apprendre qui renvoie à une dimension freudienne du savoir, objet de désir. Ainsi parle-t-on d'élèves qui aiment une matière et qui n'aiment pas une autre.

Giordan (1996) apporte une première recommandation au regard de la pratique de l'enseignant sur ce plan, en résumant cette préoccupation de la manière suivante : « **Il vaudrait mieux voir moins de notions mais permettre aux élèves de se représenter à quoi elles correspondent. Il vaudrait mieux mémoriser moins de formules ou de données mais arriver à comprendre les questions qui les font naître, les situations quotidiennes qui les rendent pertinentes.** » Ceci correspond à notre remarque faite à propos de la sélection dans la matrice disciplinaire des exemples à retenir pour approfondir le transfert, pour lesquels l'enseignant retiendra les notions comportant le plus fort potentiel de transférabilité.

La dimension relative à la **motivation** mérite un développement plus approfondi pour deux types de raisons. Il y a, premièrement, le fait que de nombreux didacticiens posent l'affectivité en élément cardinal de ce rapport pragmatique aux savoirs (Frenay, 1996). Mais, du seul fait de cette dimension affective, est générée une contradiction méthodologique avec la nature même d'un savoir. Un savoir est une prise de distance avec une connaissance antérieure, un enrichissement autour et à l'extérieur d'une connaissance antérieure. Cette distanciation comporte en soi un éloignement de ce qui est personnel au sujet – la décontextualisation est pour partie dé-personnalisation -, grâce au passage à la dimension conceptuelle de la connaissance. Là réside la contradiction. Si

pour qu'il y ait savoir acquis il faut qu'il y ait distanciation, et si, pour qu'il y ait motivation affective, il faut qu'il y ait rapport au personnel vécu du sujet, comment régler cette opposition ?

La réponse n'est pas aussi simple car elle se trouve dans la dialectique entre les deux attitudes : il y a en permanence association des deux composantes, liaison et dé-liaison (Develay, 1996). Le sujet progresse au plan des connaissances par distance, voire rupture, d'avec les connaissances apprises antérieurement, puis expression d'un nouveau désir d'apprendre, qui le rapproche de lui-même.

La résolution de cette contradiction peut être largement facilitée par l'environnement pédagogique choisi, grâce au recours à certaines stratégies et à certains outils pédagogiques. Les environnements fortement interactifs et reposant sur des univers ludiques sont de ce double point de vue propices à la poursuite de ce cheminement dialectique entre distanciation et affectivité. C'est sur ce point que nous allons conclure ce développement.

12-3 Les environnements d'apprentissages interactifs et ludiques

Dans notre deuxième partie nous nous sommes posé la question de l'efficacité des stratégies pédagogiques intégrant des supports ludiques. Nous avons relevé que la littérature apporte une réponse non équivoque.

Henderson et al. (2000) et Pillary et al. (1999) ont analysé l'intérêt de la pratique des jeux sur ordinateur chez l'adolescent. Ils ont mis en évidence le fait qu'au cours de ces jeux les sujets utilisaient de nombreux processus complexes : interprétation d'informations implicites, raisonnement inductif, contrôle et évaluation des stratégies suivies et de leur efficacité en situation de résolution de problèmes. Schoen (1996) a étudié les rapports entre la mémorisation et les jeux recourant à des moyens mnémotechniques de type Monopoly. Elle relève l'intérêt de commencer tout travail sur la mémoire par des jeux à base de moyens mnémotechniques. Guberman et Greenfield (1991) donnent un éclairage sur les résultats de la pratique régulière des jeux vidéo. Celle-ci développerait les aptitudes visuo-spatiales qui se retrouveraient par la suite efficaces dans des tâches scolaires d'appréciation de graphiques.

Le recours à de tels supports dans un environnement d'apprentissage suppose que l'intervenant connaisse suffisamment le support ludique pour être capable de concevoir une phase de transfert du support vers le corpus disciplinaire qu'il doit apporter aux élèves. Ceci revient à poser la limite, rédhibitoire le plus souvent, d'un tel recours. L'enseignant a-t-il le temps et un recul suffisant pour savoir comment utiliser un support ludique ? Si nous prenons l'exemple du jeu d'échecs, l'enseignant qui ne sait pas jouer a-t-il une chance de savoir comment intégrer cette pratique ludique à son enseignement s'il ne connaît pas les habiletés recrutées par celui-ci ? Et à supposer qu'il y parvienne, aura-t-il la connaissance des autres disciplines pour transférer vers de multiples matrices disciplinaires les concepts recrutés par le jeu d'échecs ?

En reprenant la distinction proposée par Pennington (1995) en matière de transfert entre ce qui concerne le contenu d'une connaissance et ce qui se rapporte à l'aptitude sollicitée pour le travail sur celle-ci, il paraît difficile que l'enseignant sur un plan ou sur un

autre puisse improviser ou supputer.

Combien d'enseignants ont suffisamment approfondi la pratique des jeux vidéo pour admettre avec Pennington que les jeux vidéo peuvent être un support utile au transfert en ce qu'ils concernent autant que le contenu de l'information traitée les processus de traitement de celle-ci au plan attentionnel, visuo-spatial et de l'imagerie mentale ?

Conclusion

La multiplication des questions formulées ci-dessus nous conduit à reconnaître qu'un tel modèle d'une didactique du transfert, à fortiori recourant à des supports ludiques, est très exigeant dans sa mise en oeuvre. Il suppose au moins deux étapes préparatoires pour l'organisation de la matrice disciplinaire : la connaissance des habiletés cognitives recrutées par les diverses tâches de transfert auxquelles l'enseignant envisage de recourir, d'une part, et la connaissance des disciplines cibles qu'il utilisera dans le transfert, d'autre part.

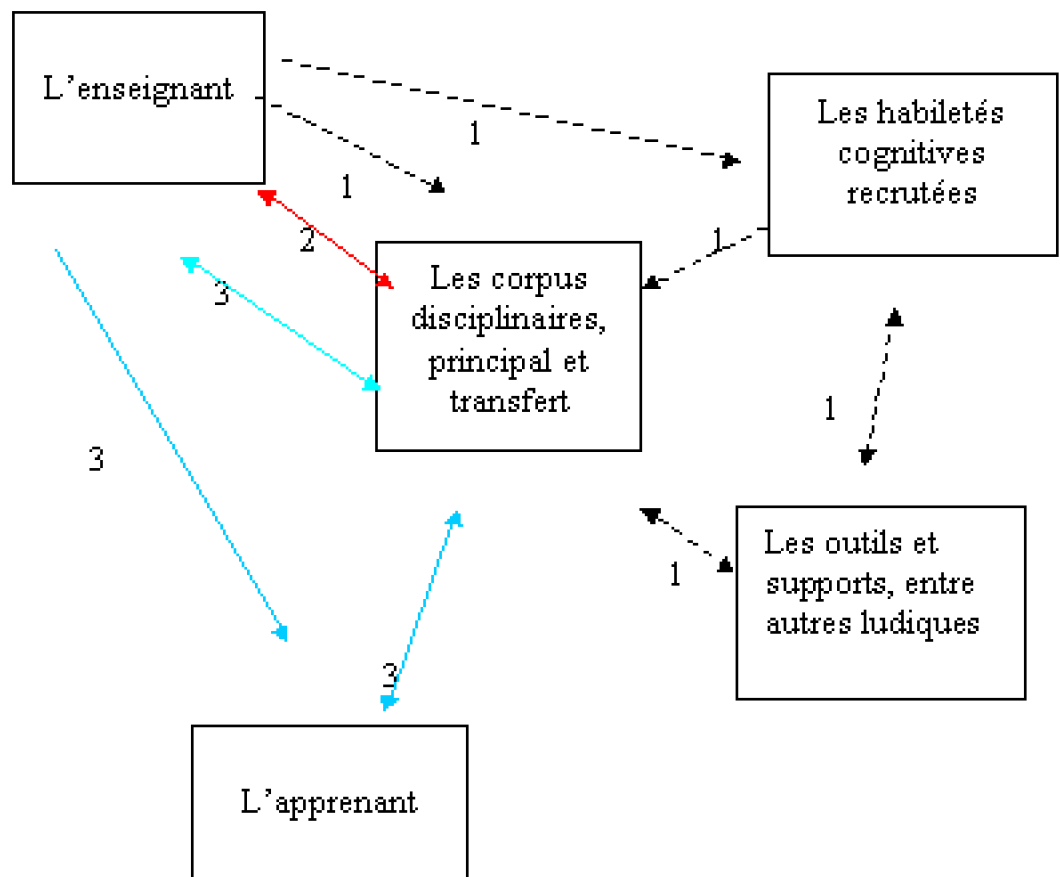


Figure 130 : Schéma de l'élaboration d'un environnement pédagogique intégrant l'objectif du transfert à double voie.

S'il entre dans ses intentions d'utiliser des supports ludiques externes à la discipline principale, il lui faudra également maîtriser ceux-ci afin de satisfaire à la double démarche

que nous venons d'énoncer au plan des concepts et habiletés cognitives qui ont justifié son emploi.

Le schéma de la figure 137 illustre cette équation exigeante. Le travail des étapes préparatoires est chiffré 1. On visualise qu'il comporte de nombreuses interactions entre le corpus initial le corpus cible du transfert, les habiletés cognitives recrutées par les tâches retenues pour l'acquisition, et que tout ceci est fonction des outils qui seront utilisés. Cette phase apparaît en conséquence comme essentielle. Intervient alors en 2 une phase qui voit l'enseignant travailler sur son corpus disciplinaire afin de le structurer et d'organiser ses stratégies et outils pédagogiques prenant en compte les conclusions auxquelles il est arrivé à l'issue de travail préalable de l'étape 1. Ce travail sur le corpus disciplinaire, s'il est réalisé en un premier temps préalablement à son intervention, est également repris et actualisé au cours de l'intervention (3), afin de tenir compte de la manière dont le sujet réagit au modèle qu'il a conçu à priori.

On conçoit que le pilotage d'une telle intervention soit exigeant en termes de savoirs, de pratiques, et de capacités attentionnelles.

Les remarques ultimes de cette partie, autant que les développements consacrés au modèle didactique du transfert, ouvrent un horizon de questionnement plus large, qui a trait à l'organisation des curricula et du monde scolaire. Enjeux et perspectives que nous aborderons dans cette dernière partie.

2 Enjeux et Perspectives

« Une théorie du changement et de l'apprentissage fait encore défaut. » Eustache (1996)

Apprendre à penser et à raisonner pour résoudre des problèmes au regard des connaissances ou des choses de la vie est un objectif premier de l'intervention éducative. Pour autant, la plupart des systèmes scolaires, s'ils intègrent parfois ces objectifs, le font au travers de contenus et non comme composant une matière en tant que telle.

Dans une recension des travaux sur les rapports entre protocoles expérimentaux en matière de processus métacognitifs et pédagogie, Schneider et Pressley (1998) relèvent combien sont rares les liens établis entre d'une part les données expérimentales en matière de métamémoire et d'autre part la pédagogie et la didactique des savoirs.

Pourtant, certains auteurs pensent que les conditions devraient pouvoir changer du fait même des liens tissés entre sciences cognitives et sciences de l'éducation. Comme le relève Mendelsohn (1996) : **« Grâce en particulier aux coopérations poussées entre chercheurs fondamentaux et développeurs de système, on assiste aujourd'hui à de profondes modifications dans la conception même de ce qu'apprendre et enseigner veulent dire. »**

Le premier enjeu concerne, par conséquent, la place accordée dans les curricula à cet objectif de développement des compétences transversales. Le deuxième, le mode

d'organisation de l'école par disciplines de contenus de savoirs.

Nous pourrions alors conclure sur l'intérêt de la pratique du jeu d'échecs comme support privilégié d'un enseignement centré sur le développement des habiletés cognitives et des compétences transversales.

21 Quelle place dans le curriculum pour les compétences transversales?

La première question que l'on peut se poser est celle de la place d'un travail sur les habiletés cognitives visant à développer des compétences transversales. Trois options sont possibles dont les implications sont de portée différente pour le système scolaire. Le choix entre celles-ci est depuis longtemps objet de débats et d'interrogations.

21-1 Les trois places possibles dans les curricula

Une **première hypothèse** est la juxtaposition des programmes disciplinaires et d'un temps dédié aux apprentissages métacognitifs. Il s'agit là d'une solution légère et souple, qui ne remet pas en cause une organisation centrée sur les contenus disciplinaires, mais qui soulève la question de la place laissée à ce **temps additionnel** et celle de la prise en charge de celui-ci. Quel temps, proportionnellement aux matières, consacrer à cet ajout ? Le risque est grand, on le pressent, dans cette conception additive, d'un faible impact et d'une moindre valorisation, qui fasse de ce temps quelque chose d'anecdotique, à tout le moins de marginal et peu valorisé.

Une **deuxième approche** peut se concevoir autour d'une **conception plus duale**. Le temps disciplinaire coexiste avec un autre champ, celui des apprentissages de compétences transversales. Dans cette option, ce deuxième champ est institué comme partie intégrante et principale, au même titre que les contenus, disposant du même statut de valeur au sein du curriculum. Deux préalables apparaissent dans une telle conception, relatifs d'une part à l'objet de ces compétences transversales, d'autre part à la prise en charge de celles-ci dans l'équipe pédagogique. Il s'agit en effet de savoir identifier les compétences transversales en question et qu'il y ait consensus sur ce point. On voit le chemin qui, dans certains systèmes scolaires, est à parcourir pour obtenir ce consensus. A supposer ce point résolu, surgit alors la question de l'intervenant qui doit prendre en charge ces apprentissages. De quel enseignant peut-il s'agir ? Nos systèmes de formation de professeurs sont-ils capables de former un tel corps. Est-il concevable qu'une telle formation soit possible, tant le champ couvert risque d'être étendu, et la variété des situations contextualisées d'apprentissage par nécessité très large ?

Une **troisième hypothèse** verrait champs disciplinaires et compétences transversales cohabiter, c'est-à-dire faire l'objet d'une **intervention concomitante** de la part des

membres de l'équipe pédagogique. Cette dernière méthode a suscité débats et affrontements que nous devons mentionner. Il y a d'abord l'opposition ancienne entre tenants de la théorie du domaine spécifique et du domaine général, « entre didacticiens et méthodologues » (Develay & Meirieu, 1992). Les uns pensent que ce qui est appris est lié au domaine et n'est pas ou peu transférable à d'autres disciplines. D'autres, s'appuyant sur des travaux expérimentaux qui ont mis en évidence les transferts métacognitifs, plaident pour une prise en charge méthodique de cet objectif à l'occasion des apprentissages sur un corpus.

21-2 Éléments du débat

Pour Glaser (1984), les habiletés cognitives devraient être enseignées de façon interactive, au cours de l'acquisition d'une matière et comme partie intégrante de celle-ci, et non pas, dans les rares cas où elles sont inscrites dans un curriculum scolaire, en ajout des disciplines. Cette remarque s'inscrit dans la ligne des travaux d'Anderson et du Carnegie-Mellon Institute, centrés sur l'utilisation des théories cognitives pour améliorer l'enseignement et, dans ce but, sur la conception de systèmes intelligents de tutorat. Dans cette conception, les savoirs changent de statut et ne sont pas l'occasion de faire vivre des programmes mais apparaissent plus comme des réponses à des questions (Develay, 1996, p.15).

Les résultats qui se dégagent de nos deux plans expérimentaux confortent l'approche de ceux qui, contrairement aux tenants des théories de Vigotsky (1989), considèrent que les contenus disciplinaires n'excluent pas que puissent être mis en oeuvre des habiletés générales transdisciplinaires et des outils méthodologiques généraux. Plusieurs de nos expériences ont montré qu'il était possible, en s'appuyant sur un corpus spécifique, de prendre en charge le développement des habiletés cognitives. Nous avons ainsi infirmé la thèse de Vigotsky (1989, p.102) relative selon laquelle: **« la tâche de l'enseignant n'est pas de développer la réflexion, la mémoire, le jugement ou l'attention, mais de nombreux comportements intellectuels particuliers sur des matières diverses. Il ne s'agit pas de renforcer notre capacité générale d'attention, mais de développer différents comportements permettant de concentrer l'attention sur des matières diverses. »**

Nous avons pour notre part, contrairement au postulat énoncé par cet auteur, mesuré l'effet de la pratique échiquéenne sur l'attention et la transférabilité de cette habileté à d'autres tâches, hors le champ disciplinaire échiquéen. Mais il est vrai que la stratégie retenue au double plan de la didactique et de la pédagogie était conçue en intégrant, dès l'origine, l'objectif du transfert hors le champ échiquéen, démarche que nous pouvons schématiser ainsi.

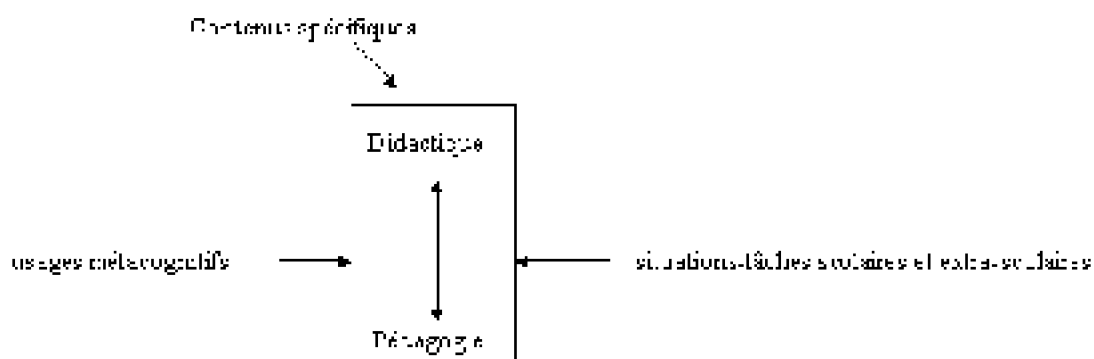


Figure 131 : Schéma d'une démarche pédagogique visant à la transférabilité.

La Figure 138 illustre la condition posée pour que didactique et pédagogie concourent à un même objectif comme le suggèrent Develay et Meirieu (1992, p.159) : **« un objectif didactique ne devient un objectif pédagogique – c'est-à-dire qui contribue à construire l'autonomie du sujet apprenant - que dans la mesure où cet objectif est appréhendé en référence aux problèmes scolaires et extra-scolaires qu'il permet de résoudre, quand un sujet dispose à la fois d'un outil et des conditions de son bon usage, quand il sait précisément ce qu'il peut en faire et est capable de l'utiliser dans des situations absolument nouvelles pour lui. »**

Au vu des résultats obtenus par certains formateurs mettant en oeuvre des PEI (programme d'enrichissement instrumental) la question reste ouverte, et les résultats de nos expériences vont dans ce sens.

Plusieurs approches sont possibles, nous venons de le voir, pour l'intégration d'apprentissages d'habiletés cognitives et de compétences transversales. Mais cette question du choix ne peut être posée que pour autant que certains obstacles soient levés, qui tiennent au système scolaire lui-même. En effet, nombre de systèmes scolaires, en France comme dans des pays voisins, sont organisés depuis des décennies sur des principes privilégiant les disciplines et non les apprentissages.

22- La prise en compte des compétences transversales et l'interdidactique

Deux catégories d'obstacles s'opposent ou freinent la mise en oeuvre d'une approche didactique intégrant l'objectif du transfert. Les uns tiennent à la disciplinarisation et à la fragmentation des savoirs, les autres au morcellement du temps scolaire.

22-1 La disciplinarisation et la fragmentation des savoirs

Pour Tardif (1999) le premier obstacle au transfert est lié aux barrières curriculaires. Au cours du temps, et ce depuis le milieu du XIX^{ème} siècle, les curricula ont vu se multiplier les disciplines, facteur d'autant plus inéluctable qu'il allait dans le sens de l'intérêt des enseignants, des fournisseurs de manuels, et des formateurs des professeurs qui, au plan universitaire, ont morcelé les champs disciplinaires. Comme le souligne Giordan (1996,

p.59) : « **le cloisonnement en disciplines, historiquement récent, constitue aujourd'hui un handicap.** »

Il s'agit d'un « **phénomène sociologique daté** » (Giordan, 1996, p 60) qui ne se justifie plus pour deux raisons.

La première tient à ce quelle est contraire à la réalité du savoir d'aujourd'hui, lequel se nourrit de multiples sources et doit plonger dans la vie et l'environnement des apprenants, qui eux sont complexes et non éclatés. De ce point de vue, la disciplinarisation et le fractionnement des savoirs génèrent une véritable « **myopie** » à l'égard du monde réel (Rey, 1996). L'école ne doit-elle pas pour reprendre l'expression d'Edgar Morin, « **refuser de morceler le tissu complexe des réalités.** » N'est-il pas utile, dans un objectif de transfert, de partir du complexe pour découvrir la multi-contextualisation et ainsi travailler sur plusieurs plans d'application en même temps ? « **Pour transférer, il faut travailler dans la complexité, ne pas simplifier.** » rappelle Tozzi (1996). Les scientifiques savent que bien souvent ce qui se passe aux frontières entre disciplines ou champs conceptuels est ce qui peut le plus enrichir un point de vue et constituer la source des sauts et mutations qui caractérisent la pensée scientifique.

La seconde raison est liée au souci de l'opérationnalité des savoirs c'est-à-dire de leur possible mise en oeuvre dans la vie pratique. De ce point de vue le fractionnement des contenus enlève tout statut d'apprentissage, toute probabilité de transférabilité aux savoirs et toute possibilité pour ceux-ci de dégager un sens, pourtant facteur primordial de la motivation.

Cette disciplinarisation des savoirs comporte une double conséquence, durable et négative. Elle conduit, en effet, à appauvrir et restreindre de plus en plus les liens entre les savoirs, ce qui rend difficile pour l'élève l'appréhension d'une cohérence globale entre tout ce qui lui est enseigné. Elle diminue également les chances que les éléments de méthodologie de travail et de conceptualisation communs à certaines disciplines fussent traités. Chaque enseignant, centré sur son programme en termes de contenus, considère que ces éléments de méthodologie de travail et de conceptualisation communs ne sont pas de son ressort mais de celui de ses collègues ; ainsi ces éléments ne sont-ils traités, *in fine*, par personne : « **les savoirs faire fondamentaux parce qu'ils sont censés être enseignés par tout le monde finissent pas n'être enseignés par personne.** » (Giordan, 1996, p.61).

Cet auteur prône une synergie entre les disciplines, un changement radical : « **il faut aller vers la reconstruction d'un savoir global.** » (ibid, p.61). Si l'enseignant, attaché au contenu de sa discipline, oublie de référer, dans son enseignement, à ce qui peut être commun avec d'autres matières qu'il sait faire partie du programme de la classe, et s'il récuse l'idée de re-contextualiser les notions apprises dans son domaine vers d'autres matières, il n'y a plus apprentissage mais intervention centrée exclusivement sur un contenu. Il en résulte un appauvrissement considérable de l'acte pédagogique et d'un éloignement des objectifs de l'école.

On le comprend, le paradigme de la discipline s'oppose au paradigme de l'apprentissage, lequel postule, comme nous l'avons évoqué en début de nos conclusions,

le triptyque contextualisation, dé-contextualisation, re-contextualisation dans des univers distincts.

22-2 Les obstacles liés à l'organisation du temps scolaire

Le fractionnement des savoirs, s'il trouve son origine dans la didactisation des savoirs, a également comme source le morcellement du temps scolaire.

A l'école, l'élève est confronté à une succession de matières, d'heure en heure, sans qu'il puisse dégager une réelle cohérence entre ce qu'il aura vu durant la même journée ou au cours de la semaine. Ces savoirs sont apportés par plusieurs enseignants qui ne se concertent pas pour échanger sur les contenus, l'avancement dans le programme, encore moins sur les transferts possibles entre disciplines. En primaire, la présence d'un seul enseignant n'écarte pas l'obstacle de la fragmentation puisque le temps est éclaté en tâches fragmentées. Comme l'écrit Tardif (1999, p.137) : « ***L'organisation du travail scolaire reprend essentiellement les principes de la chaîne de montage, dans laquelle les actions des uns et des autres sont très spécialisées, mais très morcelées, tout en contribuant à la réalisation d'un même produit.*** » Certains seront peut-être enclins, aux fins de refuser d'ouvrir ce débat primordial, à récuser l'idée que l'école fabrique un produit. Mais au-delà de l'image utile à l'analyse critique, qui aurait de quoi choquer si elle était prise à la lettre, on peut comprendre que la question de la division des horaires et des tâches confère aux enseignants la fonction de « ***travailleurs spécialisés sur une chaîne de montage*** (Tardif, 1999, p.138) ».

Que recouvre cet énoncé ?

Il y a, premièrement, reconnaissance que des parties sont à assembler, grâce à une action coordonnée, dont chacun a une part de responsabilité, afin de parvenir en bout de ligne à une même finalité. Quelle finalité ? Est-ce le respect de programmes ou bien la vérification que les élèves ont acquis des apprentissages, c'est-à-dire des utilisations possibles de connaissances dans des contextes différenciés ? Dans les deux cas, la compréhension de l'objectif global à atteindre, du « produit final » qu'est la réussite éducative du sujet est nécessaire pour bien maîtriser la partie de la chaîne dont on est responsable. Et, d'évidence, dans l'hypothèse d'une finalité axée sur les apprentissages transférables, cette obligation de maîtrise du sens global est impérieuse.

Il y a, deuxièmement, l'image forte de l'éclatement de la tâche entre plusieurs acteurs, éclatement dont on infère qu'il conduit à un appauvrissement de la tâche et à un intérêt minoré de par l'absence de vision globale de l'ensemble du processus d'apprentissage.

Lisons, pour illustrer notre interrogation sur la finalité, ce que les instructions officielles définissent comme finalité pour le collège, s'agissant d'une compétence transversale primordiale, la logique :

- *Le collège doit développer la pensée logique.*
- *Seul le développement de la pensée logique permet à l'élève d'exercer son jugement et de penser par lui-même.*

- *Le développement de la pensée logique fait comprendre aux élèves la nécessité en tout domaine de recourir à des principes, d'observer des règles, de suivre un ordre.*
- *On accentuera progressivement sans rupture avec l'esprit des classes antérieures, l'entraînement au raisonnement déductif. -*

Comment l'ensemble des acteurs d'une équipe pédagogique d'une classe de collège peuvent-ils atteindre cet objectif ? Est-ce chacun séparément à l'intérieur de sa discipline ? Ou bien est-ce à travers un travail en commun visant à concevoir des contextes de transférabilité à partir de son domaine vers les autres domaines ?

Plusieurs voies ont été explorées dans le but de répondre à cet objectif d'un curriculum plus intégrateur, que nous présenterons dans un ultime développement. C'est en les examinant que nous pourrions revenir à la question initiale de notre recherche de la place possible du jeu d'échecs dans le curriculum scolaire.

22-3 L'interdidactique ?

Le modèle d'une didactique du transfert tel que nous l'avons esquissé au début de cette partie repose sur deux obligations : l'intervention au minimum sur un double corpus de connaissances et de situations-tâches, et le travail parallèle aux plans des contenus, des compétences et des habiletés cognitives.

Il s'agit pour l'enseignant, au moment de la préparation de son intervention, de choisir des situations d'apprentissage qui puissent recourir au contenu de deux disciplines. A travers ces choix, il y a élaboration d'une interdidactique (Tozzi, 1996), qui peut être définie comme le champ des transferts possibles entre deux disciplines. Cela revient pour l'intervenant à rechercher ce qui peut être commun à deux disciplines en termes de concepts, méthodes, processus cognitifs recrutés et peut faire l'objet, sous réserve de quelques adaptations en vue de l'intervention, d'un apprentissage à la transférabilité grâce aux situations-transferts proposées aux élèves. Cette démarche peut aider le sujet à re-crée le chaînage logique entre des contenus de savoirs morcelés, ainsi qu'à l'inciter à découvrir d'autres chaînages avec des référents qui lui soient plus personnels et non scolaires.

A ce point final de notre interrogation une observation doit être faite.

Si l'on regarde ce qu'a été l'évolution au fil du temps depuis que l'école de la République existe, on ne peut que constater la tendance inexorable à la multiplication des savoirs et des disciplines. Une telle logique est-elle viable ? Nous connaissons depuis quelques décennies une accélération inédite des savoirs nouveaux, et un tel processus ne peut qu'amplifier la fragmentation des savoirs. Le système scolaire a évolué, certes à une moindre échelle, dans le sens de cette disciplinarisation et de cet éclatement. Trop souvent, cela a signifié une tendance à ignorer les territoires communs, singulièrement en termes de méthodologie. L'idée d'interdidactique peut-elle mettre un coup d'arrêt à cette évolution ? Il s'agit là d'une question et d'un enjeu qui ne pourront être ignorés à l'avenir.

La logique d'apprentissage postulée par l'interdidactique n'est plus une logique de discipline. Il en découle une didactique qui n'est plus centrée sur un contenu mais sur des

situations-actions propres à faire travailler sur les transferts entre savoirs. Les exemples développés dans notre groupe d'expériences aussi bien que dans notre didacticiel attestent de l'utilité du jeu d'échecs comme moteur de génération de situations-actions propres au développement des compétences transversales et des habiletés cognitives.

A l'origine de notre recherche, nous avons inscrit comme interrogation principale la question posée par Develay et Meirieu (1992, p.148) : « ***Si, à l'instar des méthodes d'éducabilité cognitive, l'Ecole se donnait comme but de faire réussir les enfants à autre chose qu'aux épreuves proprement scolaires, on avancerait sans doute vers une meilleure perception de sa fonction sociale.*** »

On jugera sans doute trop prudentes les conclusions présentées dans cette dernière partie en écho à cette citation.

Mais pouvait-il en être autrement ?

Nous avons fait le choix d'un champ limité d'application de notre recherche sur la didactique du transfert, celui du jeu d'échecs. Et ce choix est trop circonscrit à un domaine au regard des stratégies pédagogiques et des curricula. Cela pour autant ne nous interdit pas de poser une question : peut-on imaginer que le jeu d'échecs soit un jour inscrit dans le curriculum scolaire en tant qu'outil d'éducabilité cognitive ?

Pour cela il conviendrait qu'au préalable soit rassemblé tout ce qui constitue l'épistémologie du jeu d'échecs. Et c'est en s'éclairant de celle-ci que pourrait être validée l'hypothèse de l'inclusion au curriculum d'une didactique du transfert ayant pour support l'apprentissage du jeu d'échecs.

Conclusion

De l'évidence expérimentale à l'utopie scolaire, et de l'utopie au changement, il y a le long et difficile chemin sur lequel le poids du présent et le scepticisme d'un système et de certains de ses acteurs compteront beaucoup.

BIBLIOGRAPHIE

- Alexander, P. A., Jetton, T. L., & Kulikowich, J. M. (1995). The interrelationship of knowledge, interest, and recall : Assessing a model of domain learning. *Journal of Educational Psychology, 87*, 559-575.
- Alexander, P. A., Murphy, P. K., & Kulikowich, J. M. (1998). What responses to domain-specific analogy problems reveal about emerging competence : A new perspective on an old acquaintance. *Journal of Educational Psychology, 90*, 397-406.
- Amidzic, O., Riehle, H., Fehr, T. (2001). Grandmasters call on regions of the brain not used so much by less skilled amateurs. *Nature, 9 Aug.*
- Astolfi, J-P., & Develay, M. (1989). *La Didactique des Sciences*. Paris, PUF.
- Bachmann, T., & Oit, M. (1992). Stroop-like interference in chess player's imagery : An unexplored possibility to be revealed by the adapted moving-spot task. *Psychological Research, Psychologische-Forschung, 54* (1), 27-31.
- Baddeley, A. D. (1986). *Working Memory*. Cambridge University Press.
- Baddeley, A. D. (1993). Is working-memory working ? The fifteenth Bartlett lecture. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 44A*, 1-41.
- Bastien-Toniazzo, M. (1997). Tutorials in Domain-specific. *International Journal of Psychology, 32*(3), 129-138.
- Bernardo, A. B. I. (1994). Problem-specific information and the development of problem-type schemata. *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory, and Cognition, 20*(2), 379-395.
- Binet, A. (1894). *Psychologie des grands calculateurs et joueurs d'échecs*. Paris Hachette.
- Bjorklund, D. F., & Zeman, B. R. (1982). Children's organization and metamemory awareness in their recall of familiar information. *Child Development, 53*, 799-810.
- Borkowski, J. G., Peck, V. A., & Reid, M. K. (1983). Impulsivity and strategy transfer : metamemory as mediator. *Child Development, 54*, 459-473.
- Boucart, M. (1997). Les modèles de la reconnaissance des objets. In M. Boucart, M-A Hénaff et C. Belin (Eds.), *Vision: Aspects perceptifs et cognitifs* (pp. 215-227). Marseille : Solal, Coll neuropsychologie.
- Brooks, L. R. (1968). Spatial and verbal components of the act of recall. *Canadian Journal of Psychology, 22*, 349-368.
- Brown, A. L., Kane, M. J., & Echols, C. H. (1986). Young children's mental models determine analogical transfer across problems with a common goal structure. *Cognitive Development, 1*, 103-121.
- Bruner, J. S. (1964). The course of cognitive growth. *American Psychologist, 19*, 1-15.
- Carr, M., Alexander, J., & Schwanenflugel, P. (1996). Where gifted children do and do not excel on metacognitive tasks. *Roepers-Review, 18*(3), 212-217.
- Caroff, X. (1997). Approche pluraliste de la genèse des notions de conservation. *Psychologie française, 42*, 57-68.
- Case, R. (1987). The structure and process of intellectual development. *International Journal of Psychology, 22*, 571-607.

-
- Catrambone, R. (1994). Improving examples to improve transfer to novel problems. *Memory & Cognition*, 22(5), 606-615.
- Cauzinille-Marmèche, E. (1991). Apprendre à utiliser ses connaissances pour la résolution de problèmes : Analogie et transfert. *Bulletin de Psychologie*, XLIV, n°399, 156-164.
- Cauzinille-Marmèche, E., & Mathieu, J. (1984). Les tutoriels intelligents : Des systèmes d'aide à la résolution de problèmes. *Psychologie française*, 29, 263-266.
- Chabris, C-F. (1999). Cognitive and neuropsychological mechanisms of expertise : Studies with chess masters. Dissertation abstracts International, section B; vol 60 (6-B), 2970.
- Charness, N. H. (1976). Memory for chess positions : resistance to interference. *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory, and Cognition*, 2(6), 641-653.
- Charness, N. (1981). Search in chess : Age and skill differences. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, 2, 467-476.
- Charness, N. (1992). Search in chess : Age and skill differences. *Journal of Experimental Psychology : Perception and Performance*, 7, 467-476.
- Charness, N. (1992). The impact of chess research on cognitive science. *Psychological Research*, 54, 4-19.
- Charness, N. H., & Rathbun, C. (1976). Temporal processes in memory for chess positions. Communication, Midwestern Psychol. Assoc., Chicago, may 1976.
- Chase, W. G., & Ericsson K. A. 1981. Skill and Working Memory. In G. H. Bower (Ed.), *The Psychology of learning and motivation*, vol. 16 (pp. 1-58). New-York: Academic Press.
- Chase, W. G., & Simon H. A. (1973b). Perception in chess. *Cognitive Psychology*, 4, 55-81.
- Chase, W. G., & Simon, H. A. (1976). The mind's eye in chess. In W.G. Chase (Ed.), *Visual information processing*. New-York: Academic Press.
- Chaudet, H., & Pellegrin, L. (1998). *Intelligence artificielle et psychologie cognitive*. Paris : Dunod.
- Chen, C. S., (1984). The importance of transfer training in elementary physics. *Journal of college science training*, 13(3), 160-162.
- Chen, Z., & Daehler, M. W. (2000). External and internal instantiation of abstract information facilitates transfer in insight problem solving. *Contemporary Educational Psychology*, 25(4), 423-449.
- Chi, M. T. H. (1976). Short-term memory limitations in children : Capacity or processing deficits? *Memory & Cognition*, 4, 559-572.
- Chi, M. T. H., Bassok, M., Lewix, M. W., & Reiman, P. (1989). Self-explanations : How students study and use examples in learning to solve problems. *Cognitive Science*, 13(2), 145-182.
- Chi, M. T. H., Glaser, R., & Rees, E. (1982). Expertise in problem solving. In R. J. Sternberg, *Advances in the psychology of human intelligence*, vol. 1 (pp. 7-75). Hillsdale, NJ : Erlbaum.

- Chmielewski, T. L., & Dansereau, D. F. (1998). Enhancing the recall of text : Knowledge mapping training promotes implicit transfer. *Journal of Educational Psychology, 90*(3), 407-413.
- Clavier, Bia, Maréchal (1988). *Objectif Calcul. Nouveau programme de mathématiques de la classe de CM2.*
- Cleveland, A. A. (1907). The psychology of chess and of learning to play it. *American Journal of Psychology, 78*, 269-308.
- Collins, A. M., & Loftus, E. F. (1975). A spreading activation theory of semantic processing. *Psychological Review, 82*, 407-428.
- Cooke, N; J., Atlas, R. S., Laane, D. M., Berger, R. C., (1993). Role of high-level knowledge in memory for chess positions. *American Journal of Psychology, 106*(3), 321-351.
- Cooper, L., & Shepard, R. (1975). Mental transformations in the identification of left and right hands. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 104*(1), 48-56.
- Crisafi, M. A., & Brown, A. L. (1986). Analogical transfer in very young children : Combining two separately learned solutions to each a goal. *Child Development, 57*, 953-968.
- De Groot, A. D. (1965). *Thought and choice in chess.* The Hague : Mouton.
- De Groot, A. D. (1966). Perception and memory versus thought : some old ideas and recent findings. In B. Kleinmütz (Ed.), *Problem solving : Research, method and theory.* New-York : Wiley.
- De Jong, F. P-C-M. (1995). Process-oriented instruction : Some considerations. *European Journal of Psychology of Education, 10*(4), 317-323.
- Demerval, R. (1992). Transfert d'une stratégie de mémorisation chez des enfants de 10 ans : Etude des différences individuelles. *Revue canadienne de Psychologie, 46*(1), 53-64.
- Develay, M. (1992). *De l'apprentissage à l'enseignement.* Paris : ESF Editeurs.
- Develay, M. (1996). *Donner du sens à l'école.* Paris : ESF Editeurs.
- Develay, M. (1998). De l'impossible et de la nécessaire pensée du transfert. *Educatives, 15*, p. 8-10.
- Develay, M., & Meirieu, P. (1996). Le transfert de connaissances en formation initiale et en formation continue. Actes du colloque organisé à l'Université Lumière Lyon 2. CRDP.
- Dextreit, J. (1978). Le jeu d'échecs dans le champ psychiatrique. Etude du jeu dans ses rapports avec la psychologie, la psychanalyse, la psycho-pathologie et la thérapeutique. Thèse de médecine, Besançon.
- Dextreit, J., & Engel, N. (1981). *Jeu d'échecs et sciences humaines.* Paris : Payot.
- Didierjean, A., & Cauzinille-Marmèche, E. (1998). Reasoning by analogy : Is it schema-mediated or case-based ? *European Journal of Psychology of Education, 13*(3), 385-398.
- Didierjean, A., Cauzinille-Marmèche, E., & Savina, Y. (1999). Learning from examples :

- Case-based reasoning in chess for novices. *Current psychology of Cognition*. 18(3), 337-361.
- Djakow, J. N., Petrowsky, N. W., & Rudik, P. A. (1927). *The Psychology of chess*. Berlin : De Gruyter.
- Ericsson, K. A., & Kintsch, W. (1995). Long-term Memory. *Psychological Review*, 1, 211-245.
- Ericsson, K. A., & Oliver, W. (1984, november). Skills memory in blindfold chess. Paper presented at the annual Psychonomic Society meeting, San Antonio : Texas.
- Estes, D. (1998). Young Children's Awareness of Their Mental Activity : The Case of Mental Rotation. *Child Development*, 69(5), 1345-1360.
- Eustache, F. (1996). *Manuel de Neuropsychologie*. Paris : Dunod.
- Ferrigno, J-P., & Gabillet, B. (1979). *Les mathématiques et le jeu d'échecs*. Toulouse Université.
- Fisk, A. D., & Lloyd, S. J. (1988). The role of stimulus-to-rule consistency in learning rapid application of spatial rules. *Human Factors*, 30(1), 35-49.
- Flavell, J. H. (1979). Metacognition and cognitive monitoring : A new area of cognitive developmental inquiry. *American Psychologist*, 34, 906-911.
- Foucambert, D. (2000). Les effets d'une année d'entraînement à la lecture avec un logiciel éducatif : Résultats en classe de sixième de collège. *Revue française de Pédagogie*, 133, 63-73.
- Franck, A., & d'Hondt, W. (1979). Aptitudes et apprentissage du jeu d'échecs au Zaïre. *Psychopathologie africaine*, 15(1), 81-98.
- Frensch, P. A., & Sternberg, R. J. (1991). Skill-related differences in game playing. In R. J. Sternberg & P. A. Frensch, *Complex problem solving*. Hillsdale, NJ : Erlbaum.
- Frey, P. W., & Adesman, P. (1976). Recall memory for visually-presented chess positions. *Memory & Cognition*, 4, 541-547.
- Getz, I. (1991a). Simulation cognitive, le cas du jeu d'échecs. in Tiré à part, Sup de co Paris, 1/1991 (143-158).
- Getz, I. (1991b). Stratégie et base de connaissance dans le développement d'une habileté cognitive. Thèse de doctorat en Psychologie cognitive, Université Descartes Paris V.
- Getz, I. (1996). L'expertise cognitive aux échecs. Paris : Presses Universitaires de France.
- Gick, M-L, & Holyack, K. (1980). Analogical Problem Solving. *Cognitive Psychology*, 12, 306- 355.
- Giordan, R. (1996). Pour une synergie entre les disciplines. Colloque 1994 sur le transfert de connaissances en formation initiale et en formation continue. CRDP de Lyon.
- Glaser, R. (1984). Education and Thinking : The Role of Knowledge. *American Psychologist*, 39(2), 93-104.
- Gobet, F. (1993). *Les mémoires d'un joueur d'échecs*. Fribourg : Editions Universitaires.
- Gobet, F., & Simon, H. A. (1996a). Templates in chess memory : A mechanism for

- recalling several boards. *Memory & Cognition*, 24, 1-40.
- Gobet, F., & Simon, H. A. (1996b). Recall of random and distorted chess positions: Implications for the theory of expertise. *Memory & Cognition*, 24, 493-503.
- Goldin, S.E. (1978). Effects of orienting tasks on recognition of chess positions. *American Journal of Psychology*, 91, 659-671.
- Goldin, S. E. (1978). Memory for the ordinary : Typicality effects in chess memory. *Journal of Experimental. Psychology : Human Learning and Memory*, 4(6), 605-616.
- Goldin, S. E. (1979). Recognition memory for chess positions : Some preliminary research. *American Journal of Psychology*, 92(1), 19-33.
- Guberman, S. R., & Greenfield, P. (1991). Learning and transfer in everyday cognition. *Cognitive Development*, 6, 223-260.
- Henderson, L., Klemes, J., & Eshet, Y. (2000). Just playing a game? Educational simulation software and cognitive outcomes. *Journal of Educational computing research*, 22(1), 105-129.
- Holding, D. H. (1979). The evaluation of chess positions. *Simulation and games*, 10, 207-221.
- Holding, D. H. (1992a). Evaluation factors in human tree search. *American Journal of Psychology*, 102(1), 103-108.
- Holding, D. H. (1992b). Theories of chess skill. *Psychological Research*, 54, 10-16.
- Holding, D. H., & Pfau, H. D. (1985). Thinking ahead in chess. *American Journal of Psychology*, 102, 271-282.
- Holding, D. H., & Reynolds, R. I. (1982). Recall of evaluation of chess positions as determinants of chess skill. *Memory & Cognition*, 10, 237-242.
- Holyack, K. J., & Koh, K. (1987). Surface and structural similarity in analogical transfer. *Memory & Cognition*, 15, 332-340.
- Horgan, D. D., & Morgan, D. (1990). Chess expertise in children. *Applied Cognitive Psychology*, 4, 109-128.
- Huteau, M., & Lautrey, J. (1978). L'utilisation des tests d'intelligence et de la psychologie cognitive dans l'éducation. *L'Orientation scolaire et professionnelle*, 7, 99-175.
- Karadi, K., Kovacs, B., Szepesi, T., Szabo, I., & Kallai, J. (2001). Egocentric mental rotation in Hungarian dyslexic children. *Dyslexia*, 7(1), 3-11.
- Körkel, J., & Schneider, W. (1992). Domain-Specific versus metacognitive knowledge effects on text recall and comprehension. *Learning and Instruction*, 3, 311-323.
- Kosslyn, S. M., & Koenig, O. (1992). *Wet Mind: The new cognitive neuroscience*. New York : Free Press.
- Kosslyn, S. M. (1998). Mental rotation of objects versus hands: Neural mechanisms revealed by positron emission tomography. *Psychophysiology*, 35(2), 151-161.
- Kotovsky, K., Hayes, J. R., & Simon, H. A. (1985). Why are some problems hard? Evidence from Towers of Hanoi. *Cognitive Psychology*, 17, 248-294.
- Kramarski, B., Mevarech, Z., & Lieberman, A. (2001). Effects of multilevel versus unilevel metacognitive training on mathematical reasoning. *The Journal of*

-
- Educational Research*, 94(5), 292-300.
- Krogius, N. (1986). *La psychologie au jeu d'échecs*. Paris : Grasset.
- Lane, D. M., & Robertson, L. (1979). The generality of the levels of processing hypothesis : An application to memory for chess positions. *Memory & Cognition*, 7, 253-256.
- Loarer, E. (1998). L'éducation cognitive : Modèles et méthodes pour apprendre à penser. *Revue Française de Pédagogie*, 122, 121-161.
- Lories, G. (1987). Recall of random and non-random chess positions in strong and weak chess players. *Psychologica Belgica*, 27, 153-159.
- Mautone, P. D., & Mayer, R. E. (2001). Signaling as a cognitive guide in Multimedia Learning. *Journal of Educational Psychology*, 93(2), 377-389.
- Mayer, R. E. (1989). Models for understanding. *Review of Educational Research*, 59, 43-64.
- Mayer, R. E., & Gallini, J. K. (1990). When is an illustration worth ten thousand words ? *Journal of Educational Psychology*, 82(2), 715-726.
- Mayer, R. E., & Sims, V. K. (1994). For whom is a picture worth a thousand words ? Extensions of dual-coding theory of multimedia learning. *Journal of Educational Psychology*, 86, 389-401.
- Mc Gilly, K., & Siegler, R. S. (1989). How children choose among serial recall strategies ? *Child Development*, 60, 172-182.
- Meirieu, P., & Develay, M. (1992). *Emile, reviens vite ... ils sont devenus fous*. Paris : ESF Editeurs.
- Mellet, E., Tzourio, N., Denis, M., & Mazoyer, B. (1995). A positron emission tomography study of visual and mental spatial exploration. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 7, 433-445.
- Melot, A-M. (1991). Contrôle des conduites de mémorisation et métacognition. *Bulletin de Psychologie*, Tome XLIV, n° 339, 138-146.
- Melot, A-M. (1998). The relationship between metacognitive knowledge and metacognitive experiences : Acquisition and re-elaboration. *European Journal of Psychology of Education*, 13(1), 75-89.
- Mendelsohn, P. (1988). Cognitive psychology and Learning. *European Journal of Psychology of Education*, special issue, 29-42.
- Mendelsohn, P. (1990). La notion de transfert d'apprentissage en psychologie cognitive. *Cahiers Pédagogiques*, 281, 23-25.
- Mendelsohn, P. (1998). L'apprentissage en situation, un nouveau paradigme de recherche pour l'EAIO. *Revue internationale d'éducation*, 18, 109-118.
- Ministère de l'Education nationale. Circulaires IV 69-1040 du 17-2-69/ CAB 11/1134 du 23-12-75 et CAB 11.1133 du 8.1.76.
- Mevarech, Z. (1999). Effects of metacognitive training embedded in cooperative settings on mathematical problem solving. *The Journal of Educational Research*, 92(4), 195-205.
- Nelson, D. L. (1979). Remembering pictures and words : Appearance, significance and

- name. In L.S. Cermak and F. I. M. Craik, *Levels of processing in human memory*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Nelson, K. (1976). Reinforcement and human memory. In W.K. Estes, *Handbok of learing and cognitive processes* (vol. 3). Hillsdale, N.J. : Erlbaum.
- Newell, A. (1980). Reasoning, problem solving and decision processes. The problem space as a fundamental category. In R. S. Nixkerson, *Attention and performance VIII*. Hillsdale, N.J. : Erlbaum New-York, Wiley.
- Newell, A., & Simon, H. A. (1972). Human problem solving. Englewood Cliffs, NJ : Prentice Hall.
- Nichelli, P., Grafman, J., Pietrini, P., Alway, D., (1994). Brain activity in chess playing. *Nature*, 369, 191.
- Nolfi, S., Parisi, D., Vallar, G., & Burani, C. (1990). Recall of sequences of items by a neural network. In D. S. Touretzky, *Connectionist models : Proceedings of the 1990 summer school*. San Mateo, CA : Morgan Kaufmann.
- Nosofsky, R. M. (1986). Attention, Similarity, and the Identification-Categorization relationship. *Journal of Experimental Psychology*, 115(1), 39-57.
- Parsons, L. (1994). Temporal and kinematic properties of motor behavior reflected in mentally simulated action. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance* 20(4), 709-730.
- Partos, Ch. (1980). Une expérience intéressante : L'enseignement des échecs au cycle d'orientation valaisien. In M. Roos, *Jeu d'échecs, éducation et formation*. Dossier-Strasbourg, 1979, publié in *Europe-échecs, janvier 1980*.
- Pass, F. G., Van Merriënboer, J. J. G., (1994). Variability of worked examples and transfer of geometrical problem-solving skills : A cognitive-load approach. *Journal of Eductional Psychology*, 86(1), 122-133.
- Patalano, A. L., & Seifert, C. (1994). Memory for impasses during problem solving. *Memory & Cognition*, 22(2), 234-242.
- Pennington, N., Nicolich, R., Rahm, J., (1995). Transfer of training between cognitive subskills : Is knowledge use specific ? *Cognitive Psychology*, 28(2), 175-224.
- Pfau, H. D. (1983). Chess skill and its development. Unpublished master's thesis, University of Akron, Ohio.
- Pierce, K. A., Crain, R. M., Gholson, B., Smither, D., & Rabinowitz, F. M., (1996). The sources of children's errors during non-isomorphic analogical transfer : Script and structure mapping theory. *Journal of Experimental Child Psychology*, 62(1), 102-109.
- Pillary, H., Brownlee, J., & Wilss, L. (1999). Cognition and Recreational Computer Games : Implications for Educational Technology. *Journal of Research on Computing in Education*, 32(1), 203-216.
- Plude, D. J., Nelson, T. O., & Scholnick, E. K. (1998). Analytical research on developmental aspects of metamemory. *European Journal of Psychology of Education*, 13(1), 29-42.
- Pressley, M., Borkowski, J. G., & Schneider, W. (1990). Good information processing : What it is and how education can promote it. *International Journal of Educational Research*, 14, 857-876.

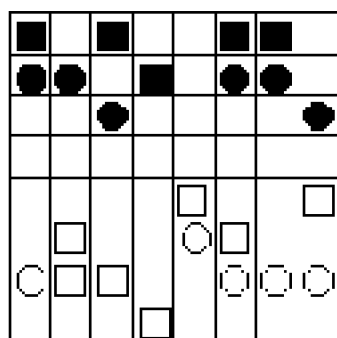
-
- Reed, S. K. (1999). *Cognition : Théories et applications*. Bruxelles, De Boeck Université.
- Reider, N. (1959). Chess, Oedipus and the Mater Dolorosa. *International Journal of Psychoanalytics*, 40, 320-333.
- Rey, B. (1996). *Les compétences transversales en question*. Paris : Editions sociales françaises.
- Richard, J-F. (1990). *Les activités mentales : Comprendre, raisonner, trouver des solutions*. Paris : Armand Colin.
- Ripol, T. (1992) La recherche sur le raisonnement analogique : Objectifs, difficultés et solutions. *L'Année psychologique*, 92, 263-288.
- Robbins, T.W., Anderson, E. J., Barker, D. R., Bradley, A. C., Fearnlyhough, R., Henson, C, Hudson, S. R., & Baddeley, A.D. (1996). Working memory in chess. *Memory & Cognition*, 24(1), 83-93.
- Roos, L. (1984). *Le jeu d'échecs et le joueur d'échecs en psychologie expérimentale et psychophysiologie*. Thèse de doctorat en Médecine, Université L. Pasteur, Strasbourg.
- Roos, M. (1966). Thought and choice in Chess, par A. De Groot, analyse bibliographique. *Cahiers Rationalistes*, 240, 314-336.
- Roos, M., & Lhoste, R. (1963). Les tests psychologiques et les échecs. *Europe Echecs*, 53, 99-100.
- Saariluoma, P. (1985). Chess player's intake of task relevant cues. *Memory & Cognition*, 13, 385-391.
- Saariluoma, P. (1989). Chess player's recall of auditory presented chess positions. *European Journal of Cognitive Psychology*, 1, 309-320.
- Saariluoma, P. (1990). Imaging interference in chess players' information processing. Paper presented at «Imagery and Cognition Workshop», Aberdeen.
- Saariluoma, P. (1991). Aspects of skilled imagery in blindfold chess. *Acta-Psychologica*, 77(1), 65-89.
- Saariluoma, P. (1992). Visuospatial and articulatory interference in chess players' information intake. *Applied Cognitive Psychology*, 6(1), 77-89.
- Saariluoma, P. (1994). Location Coding in chess. *The Quaterly Journal of Experimental Psychology*, 47A(3), 607-630.
- Saariluoma, P., Kaalakovski, V., (1997). Skilled imagery and long-term working memory. *American Journal of Psychologist*, 110(2), 177-20.
- Sander, E., & Richard, J-F. (1997). Analogical transfer as guided by abstraction process : The case of learning by doing in text editing. *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory, and Cognition*, 23(6), 1459-1483.
- Sanocki, T. (1993). Time course of object identification: evidence for a global-local contingency. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 19, 878-898.
- Schneider, W., & Bjorklund, D. F. (1992). Expertise, aptitude, and strategic remembering. *Child Development* 63, 461-473.

- Schneider, W., Gruber, H., Gold, A., & Opwis, K. (1993). Chess Expertise and memory for Chess position in Children and Adults. *Journal of Experimental Child Psychology*, 56, 328-349.
- Schneider, W., & Pressley, M. (1998a). Introduction, special issue on Metamemory. *European Journal of Psychology of Education*, 13(1), 3-8.
- Schneider, W., & Pressley, M. (1998b). The impact of metamemory and domain-specific knowledge on memory performance. *European Journal of Psychology of Education*, 13(1), 91-103.
- Schoen, L. M. (1996). Mnemopoly: Board Games and Mnemonics. *Teaching of Psychology*, 23(1), 30-32.
- Schultetus, R. S., & Charness, N. (1999). Recall or evaluation of chess positions revisited : The relationship between memory and evaluation in chess skill. *American Journal of Psychology*, 112(4), 555-569.
- Scurrah, M. J., & Wagner, D. A. (1970). Cognitive model of problem solving in chess. *Science*, 169, 209-211.
- Shepard, R. N., & Metzler, J. (1971). Mental Rotation of three-Dimensional Objects. *Science*, 171, 701-703.
- Siegler, R.S. (1989). How domain-general and domain-specific interact to produce strategy choices ? *Merill-Palmer Quaterly*, 35(1), 1-26.
- Simon, H.A. (1974). How big is a chunk ? *Science*, 183, 482-488.
- Simon, H. A., & Barenfeld, M. (1969). Information-processing analysis of perceptual processes in problem solving. *Psychological Review*, 76, 473-483.
- Simon, H. A., & Chase, W.G. (1973). Skill in chess. *American scientist*, 61, 394-403.
- Simon, H. A., & Gilmartin, K. (1973). A simulation of memory for chess positions. *Cognitive Psychology*, 5, 29-46.
- Singley, M. K., & Anderson, J. R. (1989). *The transfer of cognitive skill*. Cambridge, Mass : Harvard Univ Press.
- Storey, K. (2000). Teaching Beginning Chess Skills to Students with Disabilities. *Preventing School Failure*, 44(2), 45-49.
- Thorpe, S. J. (1995). La reconnaissance visuelle: De la rétine au cortex inféro-temporal. *Revue de Neuropsychologie*, 5, 389-410.
- Thorpe, S. J. (1997). Mécanismes cérébraux de la perception d'une scène visuelle. In M.Boucart, M-A Hénaff et C. Belin (Eds.), *Vision : aspects perceptifs et cognitifs* (pp. 215-227). Marseille : Ed. Solal, Coll Neuropsychologie.
- Tiberghien, G. (1997). Didactique et sciences cognitives. In, *Sciences cognitives, diversité des approches*. Paris, Hermes.
- Tichomirov, O. K., & Poznyanskaya, E. D. (1966). An investigation of visual search as a mean of analysing heuristics. *Soviet Psychology*, 5, 2-15.
- Tichomirov, O. K., & Terekhov, V. A. (1969). Meaning and sense in thought problem solving. *Voprosy Psikhologii*, 4, 66-84.
- Tomic, W., & Klauer, K. J. (1996). On the effects of training inductive reasoning : How far does it transfer and how long do the effects persist? *European Journal of*

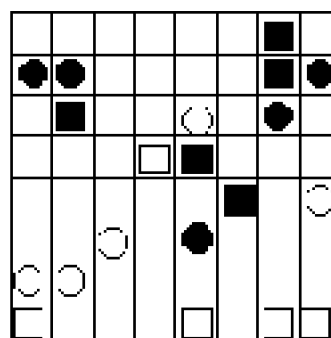
-
- Psychology of Education*, 11(3), 283-299.
- Tozzi, M. (1996). Interdidactique, identité et efficacité didactique. In M. Develay & P. Meirieu, *Le transfert de connaissances en formation initiale et en formation continue*. CRDP, Lyon.
- Veenman, M., & Elshout, J. J. (1999). Changes in the relation between cognitive and metacognitive during the acquisition of expertise. *European Journal of Psychology of Education*, 14(4), 509-523.
- Vermunt, J. D. (1995). Process-oriented instruction in learning and thinking strategies. *European Journal of Psychology of Education*, 10(4), 325-349.
- Vigotsky, L. S. (1989). Le problème de l'enseignement et du développement mental à l'âge scolaire. In B. Schneuwly & J. P. Bronckart (Eds.), *Vigotsky aujourd'hui*. Neuchâtel : Delachaux et Niestlé.
- Volet, S. (1995). Process-oriented instruction : A discussion. *European Journal of Psychology of Education*, 10(4), 449-459.
- Vollmeyer, R. (1999). Motivation and metacognition when learning a complex system. *European Journal of Psychology of Education*, 14(4), 541-554.
- Whitebread, D. (1999). Interactions between children's metacognitive abilities, working memory capacity, strategies and performance during problem-solving. *European Journal of Psychology of Education*, 14(4), 489-507.
- Wilkins, D. (1980). Using patterns and plans in chess. *Artificial Intelligence*, 14, 165-203.
- Willis, S. L. (1990). Current issues in cognitive training research. In E.A. Lovelace (Ed), *Aging and cognition : Mental processes, self awareness and interventions* (pp. 263-280). The Hague : Elsevier Science Publishers.
- Woltz, D. J., Gardner, M. K., & Bell, B. G. (2000). Negative transfer errors in sequential cognitive skills : Strong-but-wrong sequences application. *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory, and Cognition*, 26(3), 601-625.
- Yelland, N. (1995). Logo Experiences with Young Children : Describing Performance, Problem-Solving and Social Contexts of Learning. *Early Child Development and Care*, 109, 61-74.
- Zahide, Y., Yasar, O., & Meral, A. (2001). Comparison of Hypermedia Learning and traditional Instruction on Knowledge Acquisition and Retention. *The Journal of Educational Research*, 94(4), 207-214.

Annexe 1 : Expérience 1 Chunking

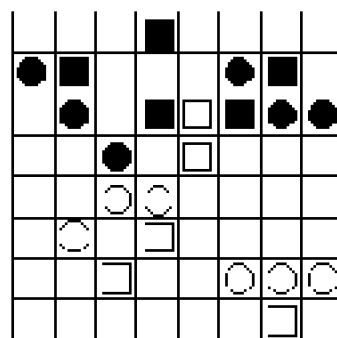
1 - Positions présentées au rappel



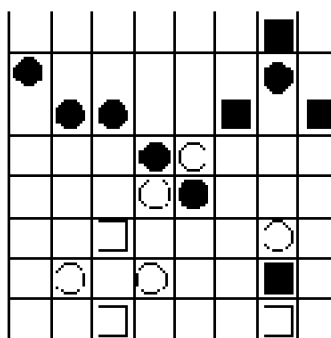
Position 1



Position 2

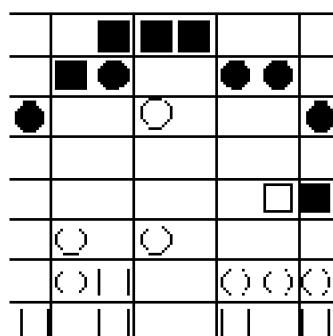


Position 3

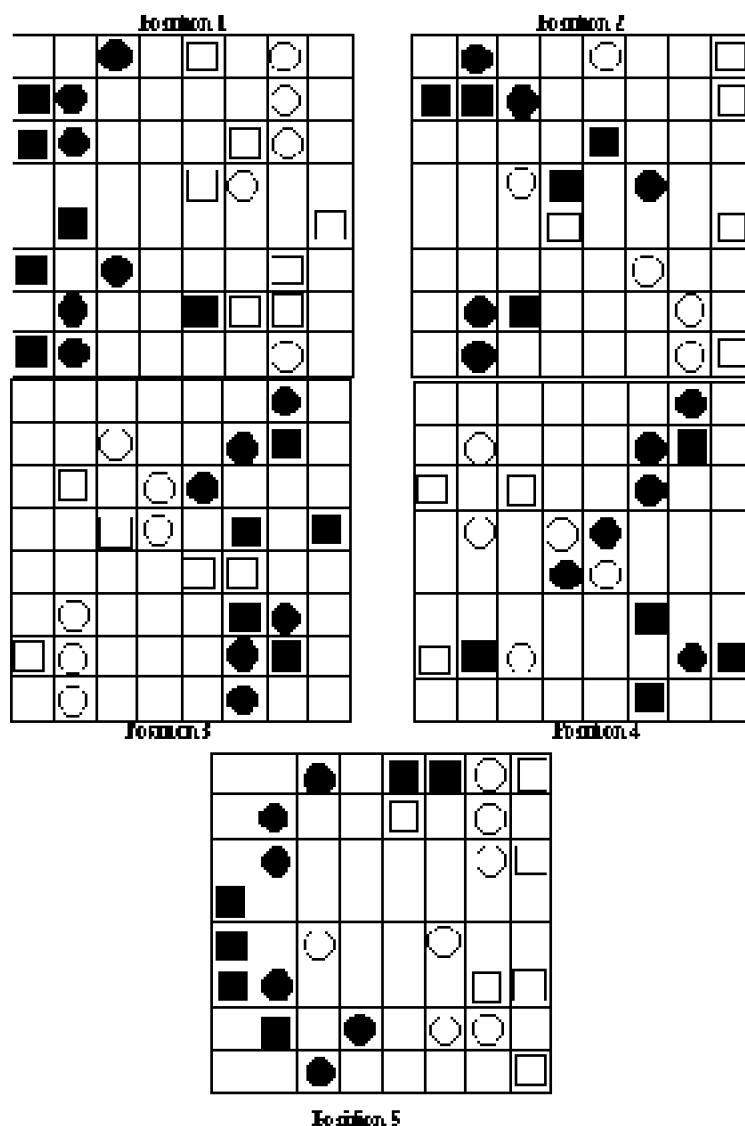


Position 4

Position 5



Expérience 1 Chunking. Positions de type échiquéen



Expérience 1 Chunking. Positions de type non-échiquéen

2. Chunking temporel et Chunking spatio-temporel

Nous avons sélectionné un échantillon de douze sujets, six CM2 et six collégiens, en retenant pour chaque catégorie joueur et non-joueur un sujet fort, un moyen, un faible (le sujet dont le Score se rapproche le plus du Score médian dans les 3 classes).

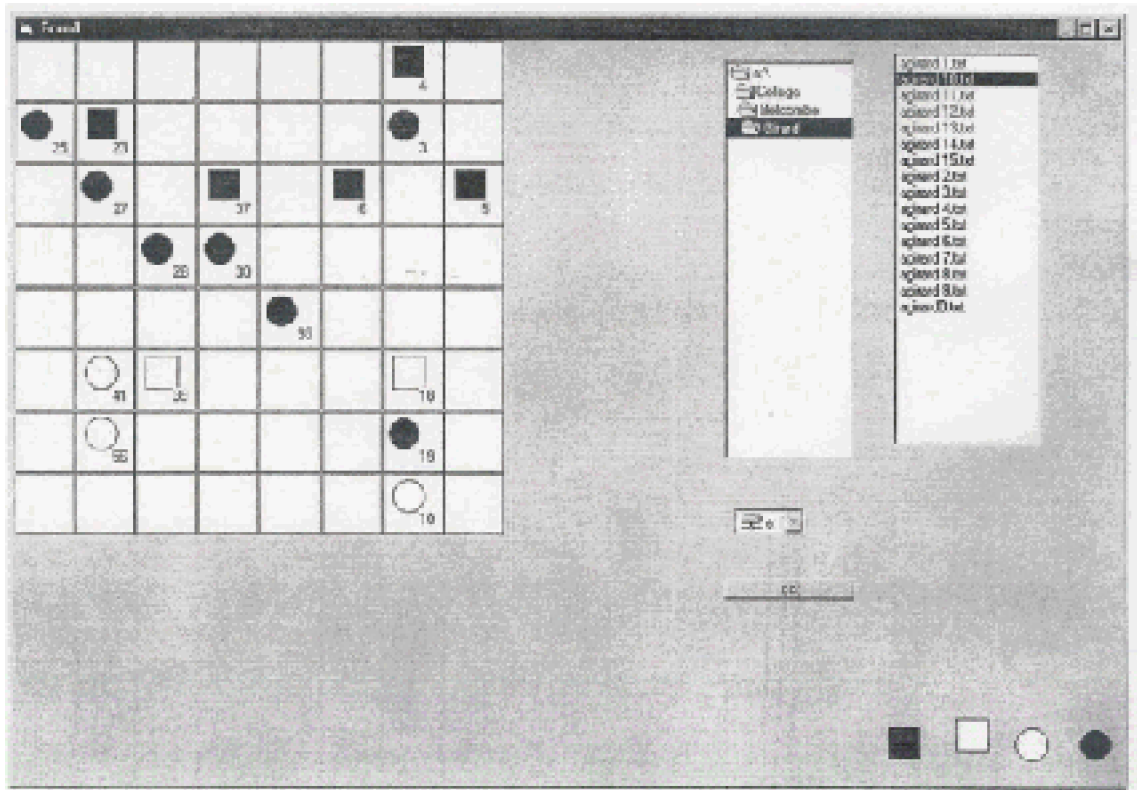
Nous avons calculé à la fois :

le nombre de chunks et le nombre d'objets selon le double critère d'appartenance à un chunk spatial et de placement temporel (objets posés sans interruption de plus de 3 secondes)

le nombre d'objets placés sous le seul critère de la continuité temporelle, soit jusqu'à la première interruption supérieure à 3 secondes, en dénombrant à l'intérieur de ce 'chunk temporel' le nombre de chunks spatiaux rappelés.

	durée du 1er chunk	nombre de chunks/nombre d'objets = poids moyen du chunk
Coll joueur sujet 1 sujet 2 sujet 3 Moy Coll joueur	46 s 9 s 6 s 20 s	$5/21 = 4,2$ $5/14 = 2,8$ $3/13 = 4,33$ $4,3/16 = 3,8$
Coll non-joueur sujet 1 sujet 2 sujet 3 Moy Coll non-joueur	45 s 9 s 6 s 18 s	$4/20 = 5$ $2/6 = 3$ $3/8 = 2,25$ $3/11,3 = 3,8$
CM2 joueur sujet 1 sujet 2 sujet 3 Moy CM2 joueur	14 s 6 s 10 s 10 s	$4/14=3,5$ $1/6=6$ $2/6=3$ $2,3/8,7=3,7$
CM2 non-joueur sujet 1 sujet 2 sujet 3 Moy CM2 non-joueur	14 s 8 s 2 s 8 s	$2/8=4$ $5/16=3,2$ $2/7=3,5$ $3/10,3=3,4$

3 - Exemple de Script Individuel



4 – Tableaux ANOVA

LE DEVELOPPEMENT DES HABILETES COGNITIVES DE L'ENFANT PAR LA PRATIQUE DU JEU D'ECHECS :

ANALYSE SCORE F		Analyse effectuée le 26/01/199			
Type III - Sans of Squares					
Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
Age	1	2001,287	2001,287	50,541	,0001
Pratique	1	2542,252	2542,252	69,481	,0001
Genre	1	5,451	5,451	,142	,7080
Condition	1	115,838	115,838	3,157	,0809
Age * Pratique	1	200,935	200,935	5,311	,0208
Age * Genre	1	24,938	24,938	,647	,4200
Age * Condition	1	301,235	301,235	8,175	,0049
Pratique * Genre	1	46,151	46,151	,993	,3205
Pratique * Condition	1	151,636	151,636	4,173	,0405
Genre * Condition	1	88,260	88,260	,237	,6269
Age * Pratique * Genre	1	26,934	26,934	,691	,4067
Age * Pratique * Condition	1	282,987	282,987	7,743	,0006
Age * Genre * Condition	1	2,528	2,528	,067	,7978
Pratique * Genre * Condition	1	81,2	81,2	,213	,6079
Age * Pratique * Genre * Condition	1	105,508	105,508	2,877	,0902
Subject/Group	150	2621,102	17,474		
Position	4	541,661	135,415	37,224	,0001
Position * Age	4	51,601	12,900	,354	,8282
Position * Pratique	4	33,418	8,355	,234	,9204
Position * Genre	4	59,651	14,913	,415	,8598
Position * Condition	4	1072,505	268,126	74,289	,0001
Position * Age * Pratique	4	34,214	8,554	,239	,9207
Position * Age * Genre	4	59,228	14,807	,412	,8608
Position * Age * Condition	4	159,544	39,886	1,096	,3542
Position * Pratique * Genre	4	59,652	14,913	,415	,8597
Position * Pratique * Condition	4	29,249	7,312	,204	,9243
Position * Genre * Condition	4	73,553	18,388	,515	,7448
Position * Age * Pratique * Genre	4	59,449	14,862	,414	,8592
Position * Age * Pratique * Condition	4	119,942	29,986	0,845	,6208
Position * Age * Genre * Condition	4	152,469	38,117	,106	,9824
Position * Pratique * Genre * Condition	4	57,832	14,458	,402	,8607
Position * Age * Pratique * Genre * Condition	4	89,219	22,305	0,623	,6445
Position * Subject/Group	773	15134,054	19,578		
Sexe	2	25292,284	12646,142	3493,173	,0001
Sexe * Age	2	159,139	79,569	2,228	,1307
Sexe * Pratique	2	102,489	51,244	1,429	,2319
Sexe * Genre	2	15,210	7,605	,214	,7984
Sexe * Condition	2	55,944	27,972	0,772	,4755
Sexe * Age * Pratique	2	5,359	2,679	,075	,7109
Sexe * Age * Genre	2	,339	,169	,005	,9980
Sexe * Age * Condition	2	112,807	56,403	1,578	,0446
Sexe * Pratique * Genre	2	20,740	10,370	0,289	,8389
Sexe * Pratique * Condition	2	4,130	2,065	,058	,9336
Sexe * Genre * Condition	2	39,486	19,743	0,554	,5780
Sexe * Age * Pratique * Genre	2	62,536	31,268	0,874	,4040
Sexe * Age * Pratique * Condition	2	25,380	12,690	0,354	,7032
Sexe * Age * Genre * Condition	2	11,189	5,594	,016	,9836
Sexe * Pratique * Genre * Condition	2	1,295	,647	,018	,9881

LE DEVELOPPEMENT DES HABILETES COGNITIVES DE L'ENFANT PAR LA PRATIQUE DU JEU D'ECHECS :

ANALYSE DE COUVERTURE		Analyse effectuée le 4 juin 2025			
Type III - Source de Sources		dt	Quantité (Rép)	Mois (Rép)	Échecs (Rép)
Age		1	6000,000	6000,000	48,000
Pratique		1	4000,000	4000,000	38,000
Rappel		1	4,000	4,000	40,000
Conq		1	10,000	10,000	10,000
Age * Pratique		1	200,000	200,000	100,000
Age * Rappel		1	20,000	20,000	20,000
Age * Conq		1	200,000	200,000	20,000
Pratique * Rappel		1	2,000	2,000	10,000
Pratique * Conq		1	10,000	10,000	10,000
Rappel * Conq		1	10,000	10,000	10,000
Age * Pratique * Rappel		1	2,000	2,000	20,000
Age * Pratique * Conq		1	20,000	20,000	20,000
Age * Rappel * Conq		1	20,000	20,000	20,000
Pratique * Rappel * Conq		1	20,000	20,000	20,000
Age * Pratique * Rappel * Conq		1	20,000	20,000	20,000
Subject (Cover)		100	20000,000	100,000	
Pratique		4	200,000	20,000	20,000
Pratique * Age		4	100,000	20,000	10,000
Pratique * Pratique		4	10,000	10,000	10,000
Pratique * Rappel		4	200	100	10,000
Pratique * Conq		4	20,000	10,000	10,000
Pratique * Age * Pratique		4	10,000	10,000	10,000
Pratique * Age * Rappel		4	10,000	10,000	10,000
Pratique * Age * Conq		4	10,000	10,000	10,000
Pratique * Pratique * Rappel		4	10,000	10,000	10,000
Pratique * Pratique * Conq		4	10,000	10,000	10,000
Pratique * Rappel * Conq		4	10,000	10,000	10,000
Pratique * Age * Pratique * Rappel		4	10,000	10,000	10,000
Pratique * Age * Pratique * Conq		4	10,000	10,000	10,000
Pratique * Age * Rappel * Conq		4	10,000	10,000	10,000
Pratique * Pratique * Rappel * Conq		4	10,000	10,000	10,000
Pratique * Subject (Cover)		200	10000,000	10,000	
Échec		2	10000,000	10000,000	100,000
Échec * Age		2	10,000	10,000	10,000
Échec * Pratique		2	10,000	10,000	10,000
Échec * Rappel		2	10,000	10,000	10,000
Échec * Conq		2	10,000	10,000	10,000
Échec * Age * Pratique		2	10,000	10,000	10,000
Échec * Age * Rappel		2	10,000	10,000	10,000
Échec * Age * Conq		2	10,000	10,000	10,000
Échec * Pratique * Rappel		2	10,000	10,000	10,000
Échec * Pratique * Conq		2	10,000	10,000	10,000
Échec * Rappel * Conq		2	10,000	10,000	10,000
Échec * Age * Pratique * Rappel		2	10,000	10,000	10,000
Échec * Age * Pratique * Conq		2	10,000	10,000	10,000
Échec * Age * Rappel * Conq		2	10,000	10,000	10,000
Échec * Pratique * Rappel * Conq		2	10,000	10,000	10,000

Effect	Age	Pratique	Pratique * Age	Count	Mean	Std. Dev.	Std. Error
Control	Age	Pratique	Pratique * Age	8	7,1638	2,329	,761
Control	Age	Pratique * Niveau	Pratique * Niveau * Age	8	4248,555	11,352	
Pratique	Age			8	174,424	21,009	7,772
Pratique	Age	Age		8	79,417	9,177	3,492
Pratique	Age	Pratique		8	189,825	19,003	6,122
Pratique	Age	Pratique * Niveau		8	48,370	5,759	1,919
Pratique	Age	Pratique * Niveau * Age		8	32,167	7,773	2,585
Pratique	Age	Pratique * Niveau * Age * Niveau		8	29,880	7,829	2,581
Pratique	Age	Pratique * Niveau * Age * Niveau * Age		8	12,417	5,999	2,000
Pratique	Age	Pratique * Niveau * Age * Niveau * Age * Niveau		8	62,144	7,789	2,581
Pratique	Age	Pratique * Niveau * Age * Niveau * Age * Niveau * Age		8	41,020	5,729	1,811
Pratique	Age	Pratique * Niveau * Age * Niveau * Age * Niveau * Age * Niveau		8	51,917	6,939	2,289
Pratique	Age	Pratique * Niveau * Age * Niveau * Age * Niveau * Age * Niveau * Age		8	19,462	11,939	3,801
Pratique	Age	Pratique * Niveau * Age * Niveau * Age * Niveau * Age * Niveau * Age * Niveau		8	48,817	6,330	2,004
Pratique	Age	Pratique * Niveau * Age * Niveau * Age * Niveau * Age * Niveau * Age * Niveau * Age		8	11,894	7,772	2,581
Pratique	Age	Pratique * Niveau * Age * Niveau * Age * Niveau * Age * Niveau * Age * Niveau * Age * Niveau		8	48,843	6,733	2,111
Pratique	Age	Pratique * Niveau * Age * Niveau * Age * Niveau * Age * Niveau * Age * Niveau * Age * Niveau * Age		8	111,348	13,813	4,317
Pratique	Age	Pratique * Niveau * Age * Niveau * Age * Niveau * Age * Niveau * Age * Niveau * Age * Niveau * Age * Niveau		8	10,129	5,260	1,667
Pratique	Age	Pratique * Niveau * Age * Niveau * Age * Niveau * Age * Niveau * Age * Niveau * Age * Niveau * Age * Niveau * Age		844	3694,100	5,375	

Dependent Variable: C

Model of Hypothesis Test for all Age (level)

Dependent Variable: C

	G-G Epsilon	BP Epsilon
F(1,136)	,894	,984
p>F	,361	,329
Pratique * Age	,873	,957

Mean Table

Effect: Age

Dependent Variable: C

	Count	Mean	Std. Dev.	Std. Error
Age	1838	7,283	4,391	,112
Old	1470	8,397	3,398	,102

Mean Table

Effect: Pratique

Dependent Variable: C

	Count	Mean	Std. Dev.	Std. Error
Pratique	1330	6,911	4,394	,118
Old	1360	9,600	3,122	,107

Mean Table

Effect: Niveau

Dependent Variable: C

	Count	Mean	Std. Dev.	Std. Error
Niveau	1945	8,177	4,587	,137
Simple	1590	8,152	3,026	,140

LE DEVELOPPEMENT DES HABILETES COGNITIVES DE L'ENFANT PAR LA PRATIQUE DU JEU D'ECHECS :

ANOVA sur premiers essais du score thinking

analyse d'Autobric 2 (juin 1999)

Type III Sum of Squares

Source	df	Sum of Squares	Mean Squares	F-Value	P-Value
Age	1	2401,560	2401,560	63,124	,0001
Pratique	1	260,031	260,031	64,532	,0001
Rappel	1	0,240	0,240	,000	,7022
Config	1	20,975	20,975	,550	,4559
Age * Pratique	1	110,522	110,522	2,841	,0979
Age * Rappel	1	12,133	12,133	,314	,5795
Age * Config	1	21,273	21,273	,566	,4527
Pratique * Rappel	1	25,604	25,604	,667	,4163
Pratique * Config	1	3,640	3,640	,097	,7552
Rappel * Config	1	1,620	1,620	,043	,8307
Age * Pratique * Rappel	1	11,410	11,410	,304	,5822
Age * Pratique * Config	1	17,308	17,308	,462	,4974
Age * Rappel * Config	1	1,097	1,097	,029	,8645
Pratique * Rappel * Config	1	,319	,319	,001	,9821
Age * Pratique * Rappel * Config	1	11,001	11,001	,285	,5951
Subject/Group	198	7251,540	37,575		
Position	4	2202,128	550,532	14,105	,0001
Position * Age	4	1201,322	300,331	7,675	,0001
Position * Pratique	4	15,298	3,824	,097	,8179
Position * Rappel	4	22,742	5,685	,145	,9185
Position * Config	4	37,779	9,444	2,355	,0377
Position * Age * Pratique	4	18,988	4,747	,119	,8971
Position * Age * Rappel	4	15,321	3,830	,097	,7540
Position * Age * Config	4	13,418	3,354	,085	,8879
Position * Pratique * Rappel	4	45,054	11,263	2,829	,2328
Position * Pratique * Config	4	43,900	10,975	2,769	,2805
Position * Rappel * Config	4	58,881	14,720	3,702	,1463
Position * Age * Pratique * Rappel	4	30,728	7,682	1,924	,1426
Position * Age * Pratique * Config	4	20,128	5,032	,126	,4560
Position * Age * Rappel * Config	4	33,203	8,300	2,07	,1251
Position * Pratique * Rappel * Config	4	21,538	5,384	1,339	,2404
Position * Age * Pratique * Rappel * Config	4	68,483	17,120	4,308	,1025
Position * Subject/Group	772	6521,884	8,589		

Dependent Variable: ScoreC1a

Table of Epsilon Factors for df Adjustment
 Dependent Variable: ScoreC1a

	0.05 Epsilon	HF Epsilon
Position	0,312	1,004

NOTE: Probabilities are not corrected for values of epsilon greater than 1.

Means Table
Effect: Age
Dependent: Data_SA_ScoreC.1er

	Count	Mean	Std. Dev.	Std. Error
CM2	555	4,968	3,401	,144
COL	490	6,482	5,042	,228

Means Table
Effect: Pratique
Dependent: Data_SA_ScoreC.1er

	Count	Mean	Std. Dev.	Std. Error
NON	525	5,665	4,222	,164
OUI	520	7,465	4,820	,211

Means Table
Effect: Age * Pratique
Dependent: Data_SA_ScoreC.1er

	Count	Mean	Std. Dev.	Std. Error
CM2, NON	275	4,240	3,235	,195
CM2, OUI	280	5,486	3,453	,206
COL, NON	250	7,240	4,611	,292
COL, OUI	240	9,775	6,155	,388

Means Table
Effect: Position
Dependent: Data_SA_ScoreC.1er

	Count	Mean	Std. Dev.	Std. Error
P1	209	5,531	3,914	,271
P2	209	4,995	3,585	,247
P3	209	6,191	3,795	,283
P4	209	3,895	5,813	,432
P5	209	7,201	4,592	,318

LE DEVELOPPEMENT DES HABILETES COGNITIVES DE L'ENFANT PAR LA PRATIQUE DU JEU D'ECHECS :

ANOVA sur Poids Moyen du Chunk

Analyse effectuée le 9 juin 1993

Type III: Sum of Squares

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
Age	1	196,855	196,855	24,531	,0001
Pratique	1	67,707	67,707	8,539	,0001
Rappel	1	6,349	6,349	1,400	,2204
Config	1	5,521	5,521	1,219	,2613
Age * Pratique	1	43,107	43,107	9,912	,0019
Age * Rappel	1	2,448	2,448	,739	,3744
Age * Config	1	10,001	10,001	2,326	,1255
Pratique * Rappel	1	5,024	5,024	1,155	,2836
Pratique * Config	1	10,900	10,900	2,529	,1140
Rappel * Config	1	1,036	1,036	1,338	,2452
Age * Pratique * Rappel	1	4,110	4,110	,945	,3322
Age * Pratique * Config	1	12,894	12,894	2,947	,0951
Age * Rappel * Config	1	3,178	3,178	1,390	,1719
Pratique * Rappel * Config	1	5,694	5,694	1,276	,2593
Age * Pratique * Rappel * Config	1	5,014	5,014	1,152	,2848
Total	192	633,011	4,349		

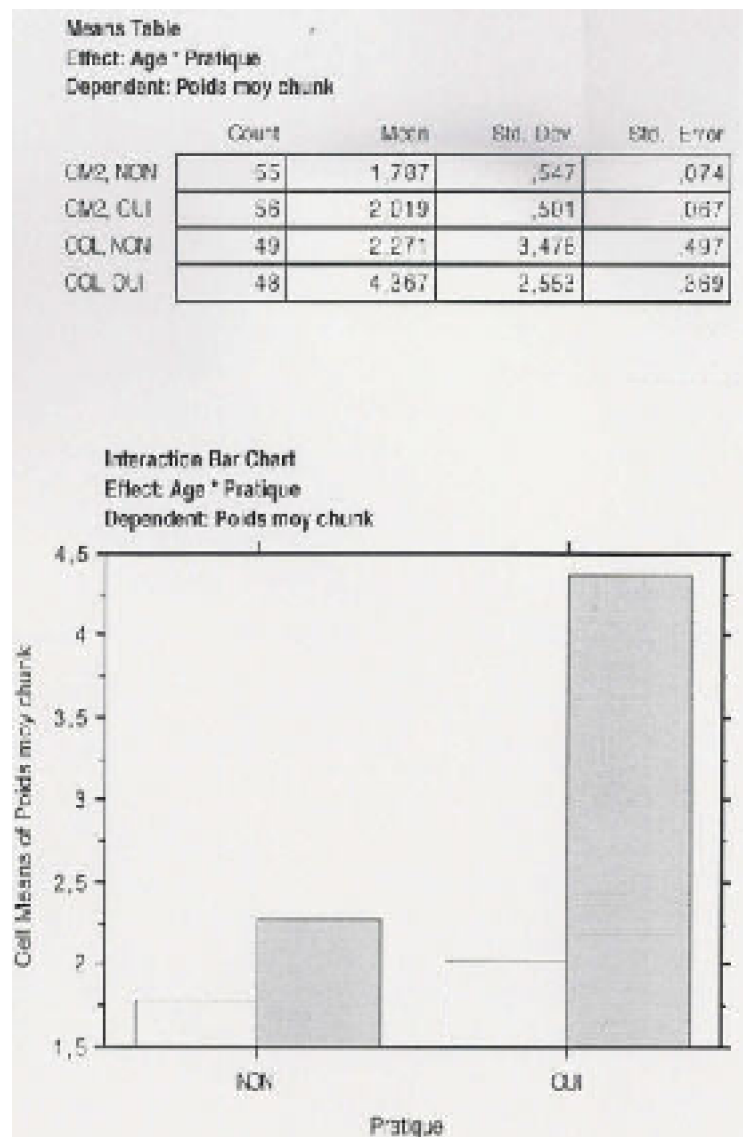
Dependent: Poids moy chunk

Means Table
Effect: Age
Dependent: Poids moy chunk

	Count	Mean	Std. Dev.	Std. Error
CM2	111	1,904	,535	,051
CM3	87	3,808	3,217	,327

Means Table
Effect: Pratique
Dependent: Poids moy chunk

	Count	Mean	Std. Dev.	Std. Error
CM2	104	2,015	2,419	,237
CM3	104	3,103	2,120	,208



LE DEVELOPPEMENT DES HABILETES COGNITIVES DE L'ENFANT PAR LA PRATIQUE DU JEU D'ECHECS :

ANOVA: Score >= 6 ans >= 6 ans >= 6 ans

Type III Sums of Squares

Adjusted R Squared = .319

Source	df	Sums of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
Age	1	.212	.212	1.01	.3179
Pratique	1	3.434	3.434	16.59	.0001
Plaque	1	3.180	3.180	15.25	.0005
Genre	1	.052	.052	.25	.6180
Age * Pratique	1	.108	.108	.52	.4734
Age * Plaque	1	.246	.246	1.20	.2755
Age * Genre	1	.312	.312	1.52	.2206
Pratique * Plaque	1	.151	.151	.73	.3909
Pratique * Genre	1	.254	.254	1.23	.2701
Plaque * Genre	1	.348	.348	1.68	.1990
Age * Pratique * Plaque	1	.242	.242	1.17	.2858
Age * Pratique * Genre	1	.172	.172	.83	.3636
Age * Plaque * Genre	1	.272	.272	1.31	.2570
Pratique * Plaque * Genre	1	.212	.212	1.02	.3179
Age * Pratique * Plaque * Genre	1	.158	.158	.76	.3838
Total	158	29.822			

Dependent Variable: Score

Mean Table

Effect: Age

Dependent Variable: Score

Count	Mean	Std. Dev.	Std. Error
60	1.391	.713	.092
98	1.337	.586	.061

Mean Table

Effect: Pratique

Dependent Variable: Score

Count	Mean	Std. Dev.	Std. Error
100	1.405	.698	.069
58	1.242	.642	.083

Mean Table

Effect: Plaque

Dependent Variable: Score

Count	Mean	Std. Dev.	Std. Error
103	1.247	.641	.062
55	1.401	.658	.064

Mean Table

Effect: Genre

Dependent Variable: Score

Count	Mean	Std. Dev.	Std. Error
108	1.617	.732	.072
50	1.618	.527	.067

ANOVA sur premiers essais de score 1

analyse effectuée le 06 juin 1993

Type III Sums of Squares

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
Age	1	491,007	491,007	24,618	,0001
Pratique	1	475,744	475,744	24,246	,0001
Rappel	1	,278	,278	,014	,9354
Config	1	138,324	138,324	7,046	,0088
Age * Pratique	1	46,367	46,367	2,360	,1253
Age * Rappel	1	6,320	6,320	,324	,5717
Age * Config	1	,047	,047	,002	,9611
Pratique * Rappel	1	3,090E-5	3,090E-5	1,576E-6	,9993
Pratique * Config	1	44,880	44,880	2,306	,1323
Rappel * Config	1	34,050	34,050	1,730	,1933
Age * Pratique * Rappel	1	5,891	5,891	,300	,5814
Age * Pratique * Config	1	56,000	56,000	2,885	,0939
Age * Rappel * Config	1	3,384	3,384	,173	,6799
Pratique * Rappel * Config	1	1,757	1,757	,090	,7651
Age * Pratique * Rappel * Config	1	2,808	2,808	,143	,7169
Subject/Group	100	3767,875	37,679		
ScoresE1	4	151,237	37,809	4,484	,0010
ScoresE1 * Age	4	22,553	5,638	,710	,5899
ScoresE1 * Pratique	4	84,370	21,093	2,489	,0410
ScoresE1 * Rappel	4	88,891	22,223	,909	,4399
ScoresE1 * Config	4	181,433	45,358	5,313	,0005
ScoresE1 * Age * Pratique	4	1,517	,379	,048	,9907
ScoresE1 * Age * Rappel	4	4,323	1,081	,128	,8685
ScoresE1 * Age * Config	4	31,857	7,964	,947	,4362
ScoresE1 * Pratique * Rappel	4	47,141	11,785	1,421	,2218
ScoresE1 * Pratique * Config	4	25,723	6,431	,784	,5291
ScoresE1 * Rappel * Config	4	81,943	20,486	2,423	,1024
ScoresE1 * Age * Pratique * Rappel	4	4,525	1,131	,137	,9086
ScoresE1 * Age * Pratique * Config	4	43,713	10,928	1,490	,2126
ScoresE1 * Age * Rappel * Config	4	75,150	18,788	,239	,9066
ScoresE1 * Pratique * Rappel * Config	4	71,909	17,977	,241	,8325
ScoresE1 * Age * Pratique * Rappel * Config	4	13,242	3,311	,572	,6831
ScoresE1 * Subject/Group	772	6483,457	8,411		

Dependent Variable: ScoresE1

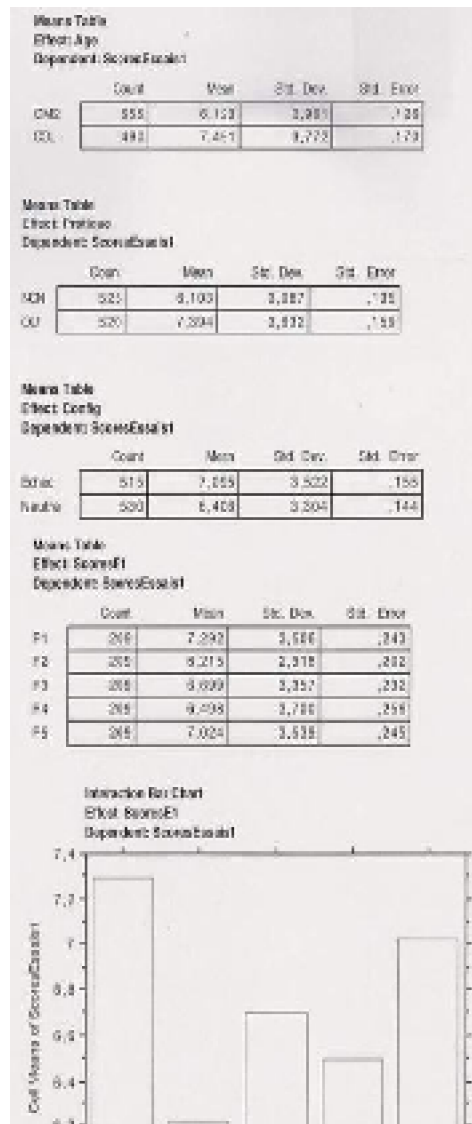
Table of Epsilon Factors for df Adjustment

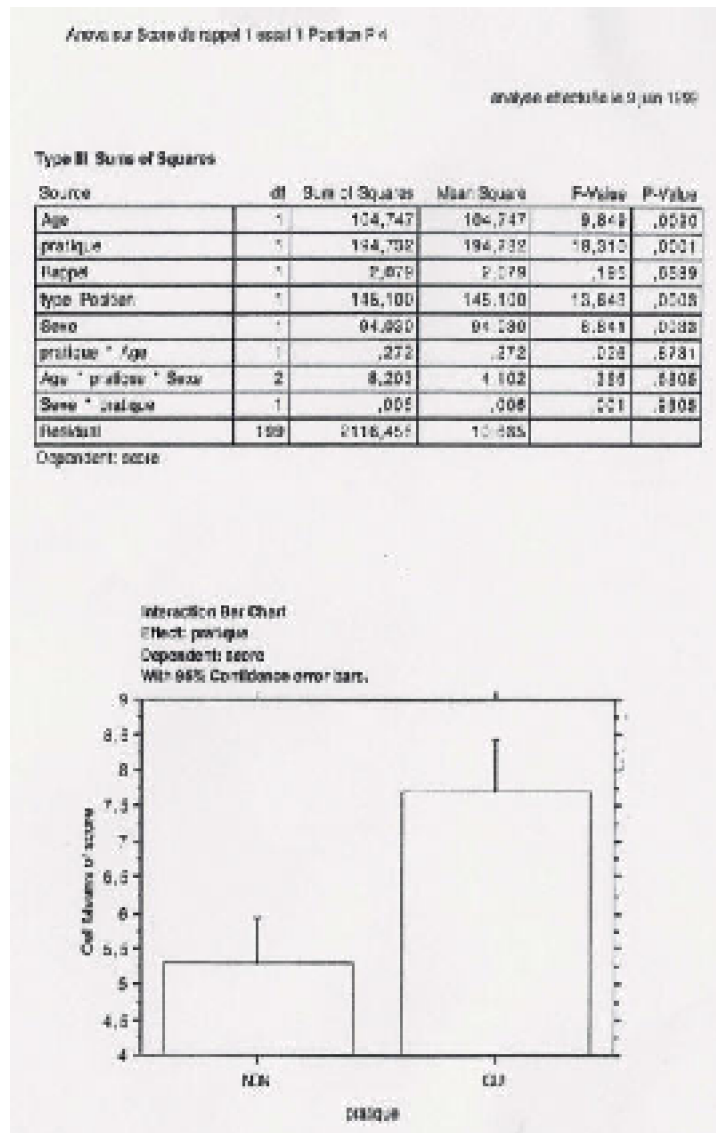
Dependent Variable: ScoresE1

	Df Epsilon	F(1) Epsilon
ScoresE1	920	1,818

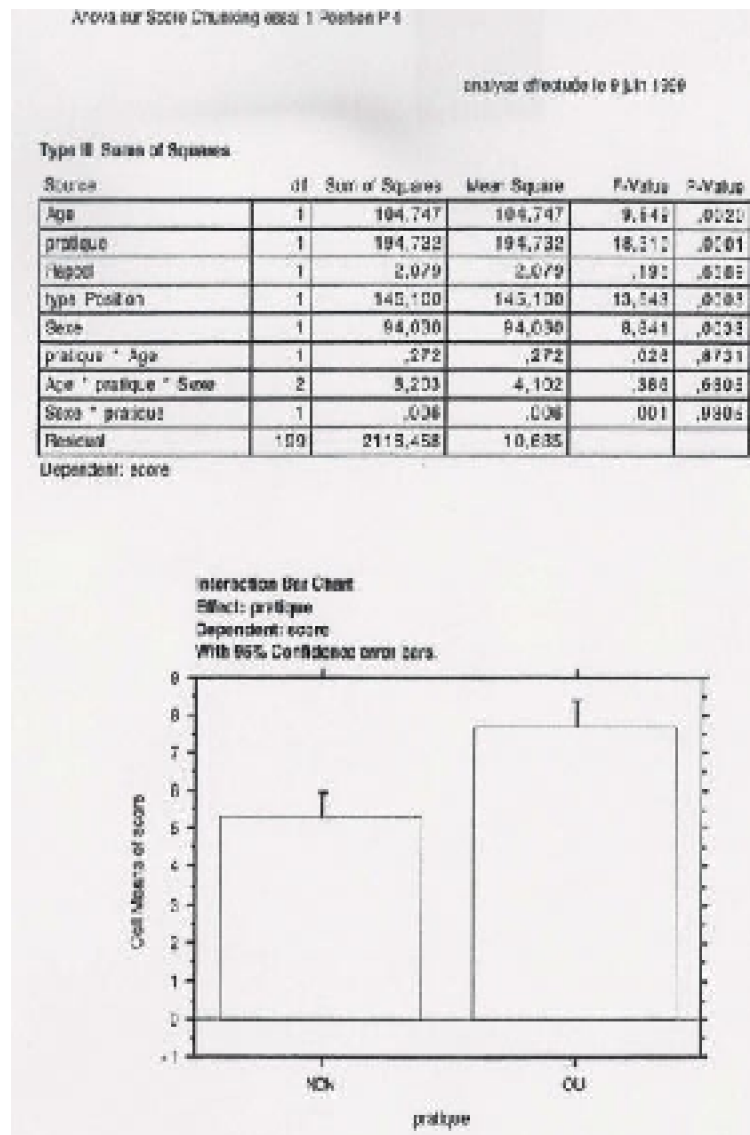
NOTE: Probabilities are not corrected for values of epsilon greater than 1.

LE DEVELOPPEMENT DES HABILETES COGNITIVES DE L'ENFANT PAR LA PRATIQUE DU JEU D'ECHECS :





LE DEVELOPPEMENT DES HABILETES COGNITIVES DE L'ENFANT PAR LA PRATIQUE DU JEU D'ECHECS :



Annexe 2 : Expérience 2 Mémorisation d'une liste de mots

LE DEVELOPPEMENT DES HABILETES COGNITIVES DE L'ENFANT PAR LA PRATIQUE DU JEU D'ECHECS :

Somme des carrés des résidus ajustés

Adjusted Residual Sum of Squares

Table III Sum of Squares

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F-value	P-value	SSQ
Age	2	3993.014	1996.507	8.726	.0007	
Pratique	1	1907.610	1907.610	8.526	.0022	
Sexe	1	1127.220	1127.220	5.022	.0262	
Age * Pratique	2	974.677	487.338	2.171	.0342	
Age * Sexe	2	462.285	231.142	1.035	.3594	
Pratique * Sexe	1	414.222	414.222	1.851	.1742	
Age * Pratique * Sexe	2	893.074	446.537	1.973	.1472	
Subject (Group)	60	75493.785	1258.229			
Max. res. S.	1	291.884	291.884	.129	.7259	291.884
Max. res. S. * age	2	467.183	233.591	.103	.7321	733.067
Max. res. S. * pratique	1	62.893	62.893	.027	.8644	375.974
Max. res. S. * sexe	1	70.272	70.272	.031	.8591	446.246
Max. res. S. * age * pratique	2	117.638	58.819	.026	.8521	592.605
Max. res. S. * age * sexe	2	96.825	48.412	.021	.8574	594.720
Max. res. S. * pratique * sexe	1	162.644	162.644	.072	.7871	594.720
Max. res. S. * age * pratique * sexe	2	218.720	109.360	.048	.8273	603.180
Max. res. S. * Subject (Group)	60	5685.243	94.754			

Dependent Variable: S.

Table of Partial Factors for Adjusted Dependent Variable S.

	F-Value	df	Partial
Max. res. S.	1.121	1	.129

NOTE: Probabilities are not corrected for values of dependent variable S.

Least Squares Means Table

Effect: age

Dependent Variable: S.

	Count	LS Mean	Std. Dev.	Std. Error
GM1	60	71.220	13.223	1.712
GM2	70	73.054	13.360	1.612
GM3	24	81.051	13.383	2.737

Least Squares Means Table

Effect: pratique

Dependent Variable: S.

	Count	LS Mean	Std. Dev.	Std. Error
J	58	74.874	13.118	1.721
K	69	71.347	13.113	1.644

Least Squares Means Table

Effect: sexe

Dependent Variable: S.

	Count	LS Mean	Std. Dev.	Std. Error
M	70	73.067	13.366	1.612

Manuscript (LaTeX) - Memoire (French)

analysis of variance (ANOVA)

Type III Sum of Squares

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Sig.
Intercept	1	3,516	3,516	3,767	,101
age	2	11,724	5,862	6,214	,024
sex	1	2,041	2,041	,212	,633
age * sex	2	3,014	1,507	,157	,854
practice * sex	1	,038	,038	,014	,913
age * time	2	1,771	,885	,093	,917
error	171	414,740	2,425		

Dependent Variable: score

Means Table

Effect: practice

Dependent Variable: score

	Count	Mean	Std. Dev.	Std. Error
1	85	1,263	1,186	,121
2	84	1,417	1,302	,108

Means Table

Effect: age

Dependent Variable: score

	Count	Mean	Std. Dev.	Std. Error
1	85	,887	1,127	,116
2	85	1,415	1,306	,104
3	84	1,425	1,326	,116

Contrast 1

Effect: age

Dependent Variable: score

	Coeff. Weight
1	1,000
2	-1,000

df = 1

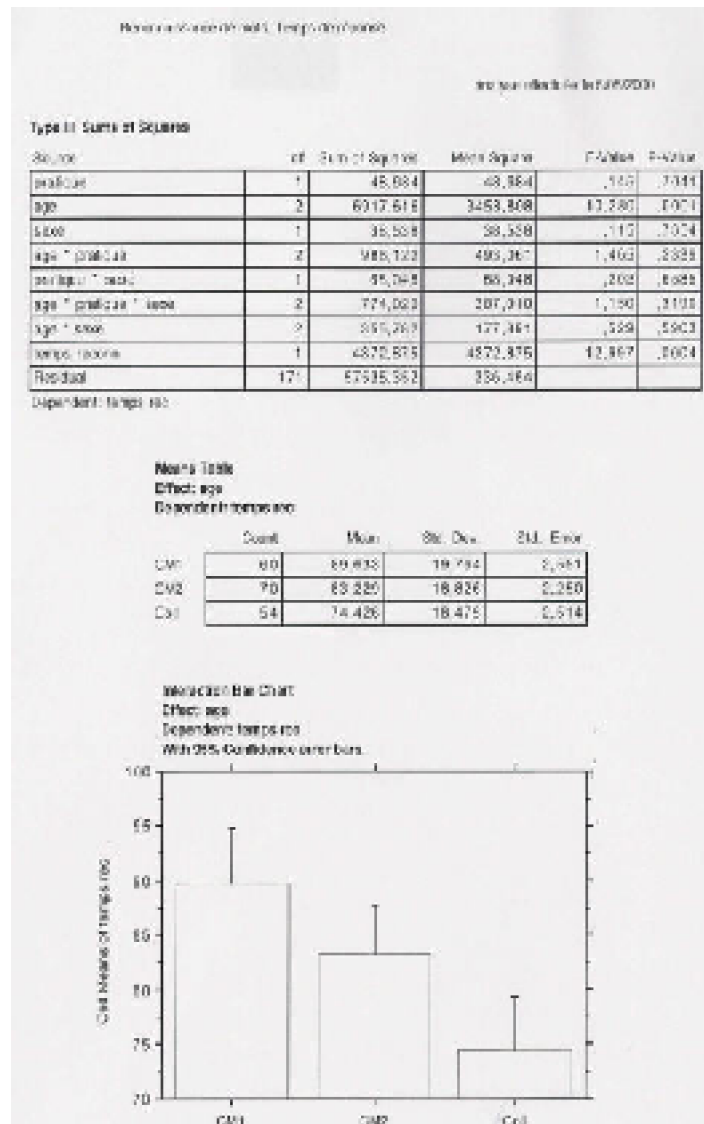
Sum of Squares = 11,724

Mean Square = 5,862

F Value = 6,214

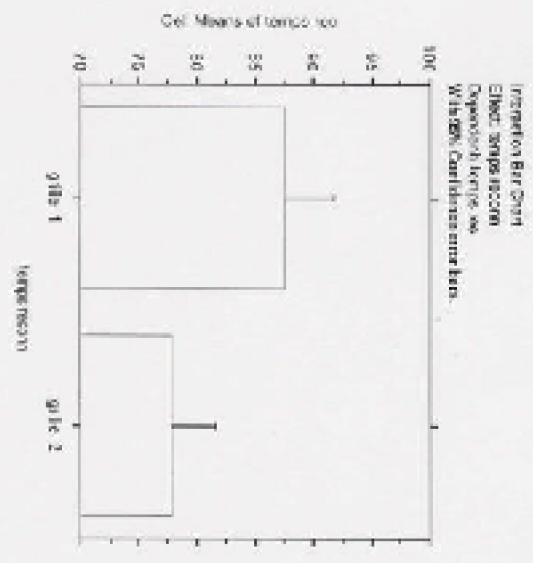
F Ratio = ,024

LE DEVELOPPEMENT DES HABILETES COGNITIVES DE L'ENFANT PAR LA PRATIQUE DU JEU D'ECHECS :



Means Table
 Effect: temps (sec)
 Descriptive Statistics

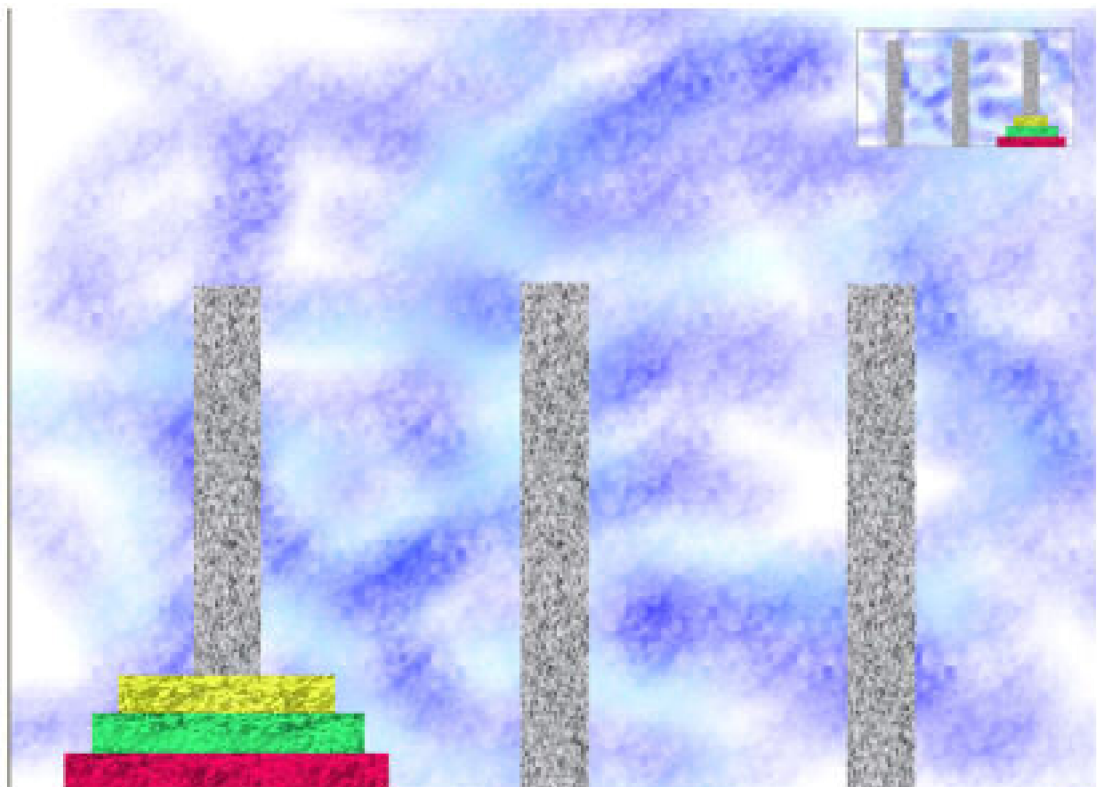
Factor	Mean	Std. Dev.	Std. Error
gale 1	87.000	13.083	2.024
gale 2	80	7.858	1.584



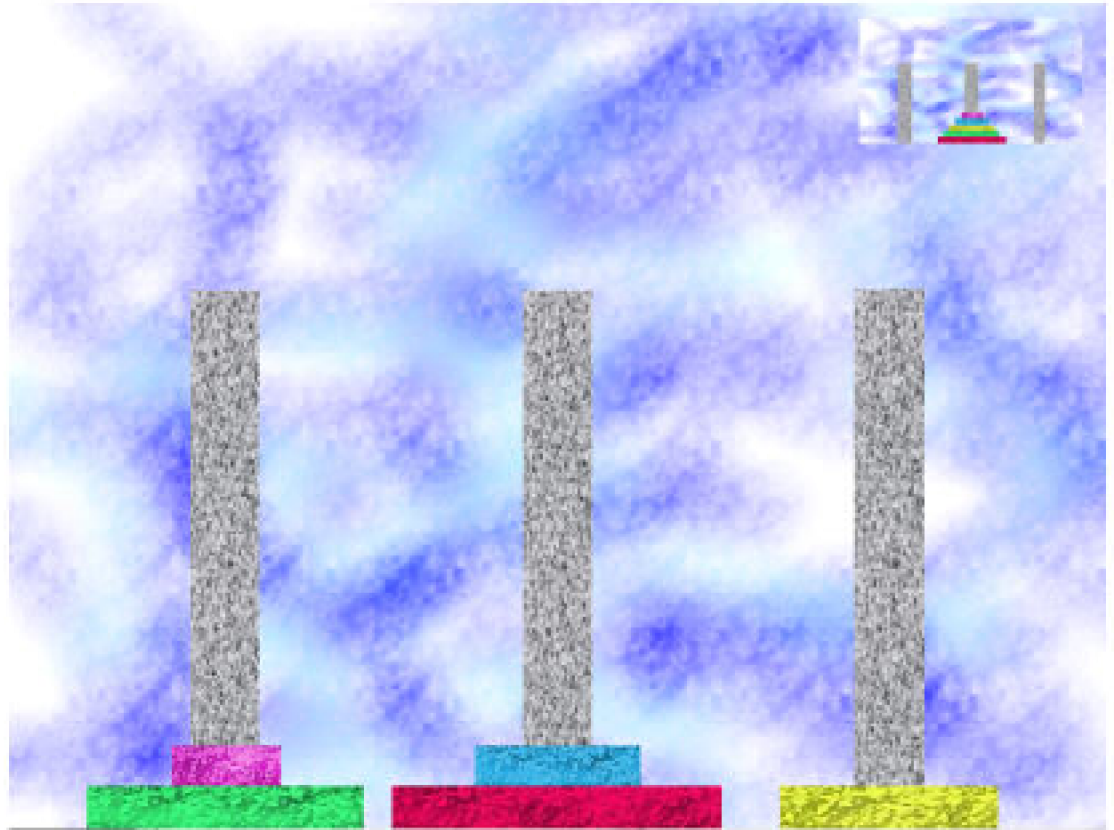
Means Table
 Effect: gale (sec)
 Descriptive Statistics

Count	Mean	Std. Dev.	Std. Error
4	87.000	13.083	2.024
4	80.000	7.858	1.584

Annexe 3 : Expérience 3, Tours de Hanoï



Exercice à trois disques



Exercice à cinq disques

ANALYSE DE RÉGRESSION

analyse de régression 1705/2000

Type III Sums of Squares

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	p-Value	Sig.
pratique	1	1,180	1,180	3,529	,0649	
age	2	1,334	,667	2,061	,1678	
sexe	1	1,8159E-4	1,8159E-4	,001	,9774	
pratique * age	2	,320	,160	,504	,6027	
pratique * sexe	1	,034	,034	,109	,7398	
age * sexe	2	,102	,051	,159	,8497	
age * pratique * sexe	2	,977	,488	,150	,4379	
Erreur (Résidu)	118	10,884	,092			
Régression	2	1,488	,744	2,264	,1001	,002
Régression * pratique	2	,931	,465	,143	,4182	,4
Régression * age	4	,811	,202	,633	,6393	,637
Régression * sexe	2	,033	,016	,048	,4202	,620
Régression * pratique * age	4	,348	,087	,271	,7746	,777
Régression * pratique * sexe	2	,018	,009	,034	,8628	,674
Régression * age * sexe	4	,007	,002	,066	,6947	,632
Régression * age * pratique * ...	4	,845	,211	,659	,7892	,717
Régression * Résidu (Gross)	120	11,364	,095			

Dependent Variable: Résolution

Table of Epsilon Factors for df Adjustment
Dependent Variable: Résolution

	G-D Epsilon	H-F Epsilon
Résolution	,986	1,034

NOTE: Probabilities are for corrected for values of epsilon greater than 1.

Means Table
Effect: pratique
Dependent Variable: Résolution

	Count	Mean	Std. Dev.	Std. Error
J	128	,936	,283	,023
M	124	,754	,438	,038

Means Table
Effect: age
Dependent Variable: Résolution

	Count	Mean	Std. Dev.	Std. Error
DM	72	,783	,446	,051
DM2	118	,868	,370	,032
DM3	72	,847	,328	,039

LE DEVELOPPEMENT DES HABILETES COGNITIVES DE L'ENFANT PAR LA PRATIQUE DU JEU D'ECHECS :

Hand: Resolution SA

analyse effectuée le : 7/09/2008

Type III Sum of Squares

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F-value	P-value
pratique	1	,016	,016	,162	,6880
age	2	,248	,124	1,124	,3304
sexe	1	,073	,073	,667	4,188
pratique * age	2	,133	,067	,600	3,470
pratique * sexe	1	,170	,170	1,548	2,171
age * sexe	2	,082	,041	,361	2,848
age * pratique * sexe	2	,114	,057	,520	3,951
Subject(Group)	75	8,211	,109		
resolution	2	,935	,467	2,425	,0920
resolution * pratique	2	,068	,034	,459	2,028
resolution * age	4	,891	,223	3,229	,0142
resolution * sexe	2	,347	,174	2,517	,0841
resolution * pratique * age	4	,214	,054	1,138	3,411
resolution * pratique * sexe	2	,071	,035	,517	3,972
resolution * age * sexe	4	,211	,053	,764	3,681
resolution * age * pratique * ...	4	,595	,149	2,158	0,767
resolution * Subject(Group)	150	10,351	,069		

Dependent: resolution

Table of Epsilon Factors for df Adjustment

Dependent: resolution

	S-G Epsilon	H-F Epsilon
resolution	,932	1,098

NOTE: Probabilities are not corrected for values of epsilon greater than 1.

Means Table

Effect: pratique

Dependent: resolution

	Count	Mean	Std. Dev.	Std. Error
J	138	,928	,260	,022
NJ	129	,078	,029	,020

Hanoi, Temps de résolution 3A.

analyse effectuée le 17/05/2020

Type III Sums of Squares

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
pratique	1	19722,238	19722,238	20,873	,0001
age	2	15081,743	7540,872	7,958	,0005
sexe	1	8,137	8,137	,006	,9383
age * pratique	2	2578,864	1289,432	1,345	,2624
pratique * sexe	1	834,118	834,118	,870	,3515
age * sexe	2	5927,302	2963,651	3,120	,0468
age * pratique * sexe	2	6847,567	3423,783	3,571	,0298
temps resol ac 3 A	2	44917,540	22458,770	23,428	,0001
Total	247	236785,561	958,646		

Dependent: temps resol

Means Table
Effect: pratique
Dependent: temps resol

	Count	Mean	Std. Dev.	Std. Error
J	138	60,835	34,375	3,388
KJ	120	67,075	24,729	3,131

Means Table
Effect: age
Dependent: temps resol

	Count	Mean	Std. Dev.	Std. Error
GM1	75	70,237	40,611	4,889
GM2	111	59,324	38,348	3,365
COLL	75	45,658	28,940	3,942

LE DEVELOPPEMENT DES HABILETES COGNITIVES DE L'ENFANT PAR LA PRATIQUE DU JEU D'ECHECS :

Handi. Temps résolution 5A.

analyse effectuée le 17/05/2000

Type III Sums of Squares

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
pratique	1	10242,402	10242,402	10,807	,0011
age	2	5872,394	2936,197	3,127	,0455
sexe	1	20,307	20,307	,022	,8832
age * pratique	2	5225,440	2612,720	2,782	,0655
pratique * sexe	1	1142,911	1142,911	1,217	,2710
age * sexe	2	436,938	218,469	,233	,7925
age * pratique * sexe	2	586,363	293,181	,312	,7319
TEMPS RESOL 5 A	2	27639,571	13819,785	14,717	,0001
Residual	247	231947,358	939,061		

Dependent: TEMPS RESOL 5 A

Means Table

Effect: pratique

Dependent: TEMPS RESOL 5 A

	Count	Mean	Std. Dev.	Std. Error
J	139	90,601	33,233	2,829
NJ	123	64,146	32,149	2,899

HANOI, Score global 3D tour finale

analyse effectuée le: 17/03/2005

Type III Sum of Squares

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value	S-G	H
pratique	1	304707,8383	304707,8383	12,847	,0006		
âge	2	14253890,718	7126945,359	3,003	,0556		
sexe	1	71750,989	71750,989	,030	,8694		
âge * pratique	2	412366,055	206183,028	,087	,9166		
pratique * sexe	1	4443490,093	4443490,093	1,873	,1732		
âge * sexe	2	646286,357	323143,178	1,353	,2506		
âge * pratique * sexe	2	17031479,049	8515739,524	3,590	,0336		
Subject(Group)	74	1755678	23725,389				
sexe	2	3011214,8319	1505607,415	22,066	,0001	,0001	,000
sexe * pratique	2	2581270,017	1290635,008	1,873	,1490	,1485	,140
sexe * âge	4	2102670,045	525667,511	1,818	,0166	,5181	,676
sexe * sexe	2	1320240,969	660120,484	1,012	,3661	,3685	,366
sexe * âge * pratique	4	1868847,263	467211,815	,743	,5611	,5665	,561
sexe * pratique * sexe	2	4096008,561	2048004,280	3,737	,0261	,0276	,026
sexe * âge * sexe	4	961630,180	240407,520	,875	,5264	,5196	,526
sexe * âge * pratique * sexe	4	6426441,664	1606610,414	2,452	,0455	,0502	,048
sexe * Subject(Group)	140	26340627,240	188147,337				

Dependent Variable: Score global 3D

Table of Epsilon Factors for df Adjustment
 Dependent: Score global 3D

	S-G Epsilon	H-F Epsilon
sexe	,903	1,186

NOTE: Epsilon factors are not corrected for values of epsilon greater than 1

Means Table
 Effect: pratique
 Dependent: Score global 3D

	Count	Mean	Std. Dev.	Std. Error
J	135	2302,340	1264,237	107,946
NJ	135	1739,407	1146,322	103,676

LE DEVELOPPEMENT DES HABILETES COGNITIVES DE L'ENFANT PAR LA PRATIQUE DU JEU D'ECHECS :

MANOVA: Score global 3 D (niveau) Analyse effectuée le 17/05/2020

Type III Sum of Squares

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value	GC	II
pratique	1	30470712,320	30470712,320	12,847	,0005		
age	2	4282830,718	2141415,359	8,603	,0000		
sexe	1	71750,988	71750,988	,280	,6034		
age * pratique	2	412390,088	206195,044	,827	,4100		
pratique * sexe	1	4443420,650	4443420,650	1,873	,1753		
age * sexe	2	6402699,367	3201349,683	1,265	,2600		
age * pratique * sexe	2	17027479,040	8513739,520	3,390	,0325		
Subject Group	74	1,755E8	2371899,969				
total	2	30112714,270	15056357,135	22,955	,0001	,0001	,000
total * pratique	2	2697279,317	1348639,658	1,376	,1420	,1420	,143
total * age	4	2127870,646	531967,661	,516	,6750	,5131	,517
total * sexe	2	1806049,068	903024,534	1,010	,3681	,3676	,368
total * age * pratique	4	1908837,260	477209,315	,748	,5811	,5865	,581
total * pratique * sexe	2	4206055,861	2103027,930	8,787	,0001	,0078	,000
total * age * sexe	4	987839,788	246959,947	,270	,9254	,9105	,925
total * age * pratique * sexe	4	6404447,684	1601111,916	2,480	,0435	,0509	,043
total * Subject Group	148	75970227,246	513009,580				

Dependent Variable: Score global 3 D

Table of Option Factors for df Adjustment
 Dependent: Score global 3 D

	GC Option	II Option
area	,100	1,100

NOTE: Probabilities are not corrected for values of option greater than 1.

Means Table
 Effect: pratique
 Dependent: Score global 3 D

	Count	Mean	Std. Dev.	Std. Error
J	135	2302,348	1264,237	107,948
N.J	133	1733,407	1140,822	103,678

Hanoi. Temps de résolution 3A.

analyse effectuée le 17/05/2000

Type III Sum of Squares

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
pratique	1	19722,238	19722,238	20,573	,0001
age	2	15681,743	7530,872	7,856	,0005
sexe	1	6,137	6,137	,006	,9369
age * pratique	2	2578,894	1289,442	1,345	,2924
pratique * sexe	1	824,116	824,116	,079	,3518
age * sexe	2	8587,892	2799,643	2,928	,0558
age * pratique * sexe	2	2847,587	1423,783	0,571	,0208
temps resol ex 3 A	2	44917,540	22458,770	23,428	,0001
Residual	247	236786,581	958,645		

Dependent Variable: temps resol

Means Table
Effect: pratique
Dependent: temps resol

	Count	Mean	Std. Dev.	Std. Error
J	138	59,995	36,275	3,068
NJ	123	67,073	34,720	3,151

Means Table
Effect: age
Dependent: temps resol

	Count	Mean	Std. Dev.	Std. Error
GM1	75	70,287	40,611	4,009
GM2	111	59,324	35,045	3,055
OCLL	75	43,653	28,640	3,542

LE DEVELOPPEMENT DES HABILITES COGNITIVES DE L'ENFANT PAR LA PRATIQUE DU JEU D'ECHECS :

Manol. Temps résolution 5A.

analyse effectuée le 17/05/2000

Type III Sums of Squares

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
pratique	1	10242,402	10242,402	10,907	,0011
age	2	5072,604	2536,302	3,127	,0466
sexe	1	20,007	20,007	,022	,6632
age * pratique	2	5225,446	2612,723	2,762	,0638
pratique * sexe	1	1142,911	1142,911	1,217	,2710
age * sexe	2	436,938	218,469	,233	,7926
age * pratique * sexe	2	566,060	283,030	,312	,7319
TEMPS RESOL 5 A	2	27639,571	13819,785	14,717	,0001
Residual	247	231947,958	939,061		

Dependent: TEMPS RESOL 5 A

Means Table
Effect: pratique
Dependent: TEMPS RESOL 5 A

	Count	Mean	Std. Dev.	Std. Error
J	133	60,601	53,253	2,629
NJ	123	64,146	52,145	2,699

HANOI, Score global base essais 5 D

analyse effectuée le 17/05/2000

Type III Sum of Squares

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	F Value	GG	H
pratique	2	3053018,120	1526509,050	,747	,4778		
age	1	7512013,631	7512013,631	0,670	,6581		
sexe	1	10147,478	10147,478	,008	,9383		
age * pratique	2	1903770,754	950885,377	,473	,6248		
pratique * sexe	2	94375,017	47187,509	,023	,9772		
age * sexe	1	1217519,658	1217519,658	,506	,4826		
age * pratique * sexe	2	744555,474	372277,737	,182	,8538		
Subject(Group)	75	14569	194288,460				
essai	2	12401090,489	6200548,249	11,628	,0001	,0001	,0001
essai * pratique	4	871425,182	217856,295	,287	,8174	,0005	,0171
essai * age	2	982904,611	491452,305	,456	,4970	,4290	,4527
essai * sexe	2	400831,214	200415,607	,050	,7009	,5918	,7001
essai * age * pratique	4	1092805,440	273201,360	,882	,6887	,6515	,6885
essai * pratique * sexe	4	4037801,270	1009450,319	1,788	,1331	,1362	,1331
essai * age * sexe	2	2017771,653	1008887,327	1,734	,1731	,1730	,1731
essai * age * pratique * sexe	4	2428243,345	606910,835	1,078	,3627	,3387	,3625
essai * Subject(Group)	142	70886114,009	502437,493				

Dependent: Score global 5 D

Table of Epsilon Factors for df Adjustment
 Dependent: Score global 5 D

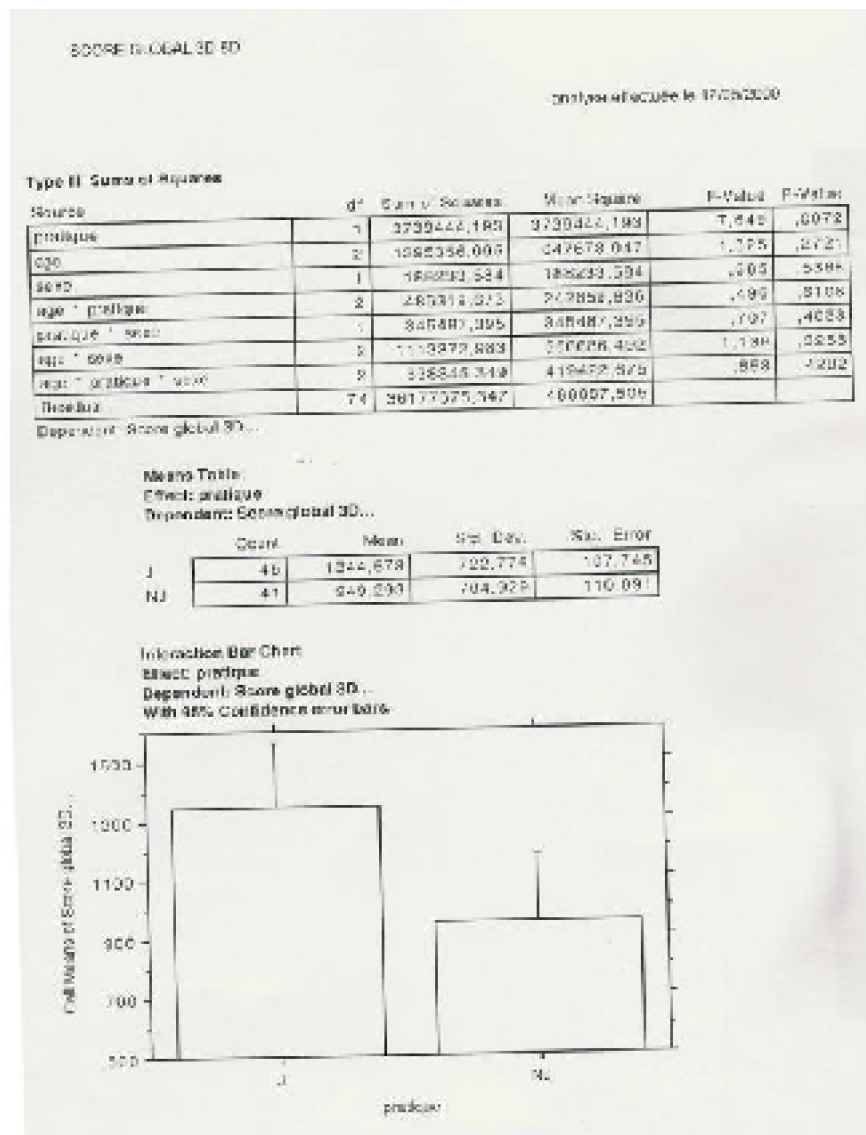
	df(1) Epsilon	df(2) Epsilon
essai	,658	1,127

NOTE: Probable bias are not corrected for values of epsilon greater than 1.

Means Table
 Effect: pratique
 Dependent: Score global 5 D

	Count	Mean	Std. Dev.	Std. Error
CMH	66	2084,806	1029,138	126,284
CMV	106	2174,167	1048,938	100,939
Cell	75	2350,083	1027,397	118,827

LE DEVELOPPEMENT DES HABILETES COGNITIVES DE L'ENFANT PAR LA PRATIQUE DU JEU D'ECHECS :



SCORE GLOBAL 3D-3D

analyse effectuée le 15/06/2003

Type III Sums of Squares

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F Value	P Value
pratique	1	3738444,183	3738444,183	7,849	,0072
age	2	1295222,082	647611,041	1,325	,2721
sexe	1	198283,684	198283,684	,415	,5206
age * pratique	2	495213,872	247606,936	,507	,4833
pratique * sexe	1	545407,085	545407,086	,113	,7353
age * sexe	2	1113372,982	556686,491	1,139	,3258
age * pratique * sexe	2	828542,949	414271,475	,859	,4282
Residual	74	36127075,367	488203,721		

Dependent Variable: Score global 3D...

Means Table

Effect: pratique

Dependent Variable: Score global 3D...

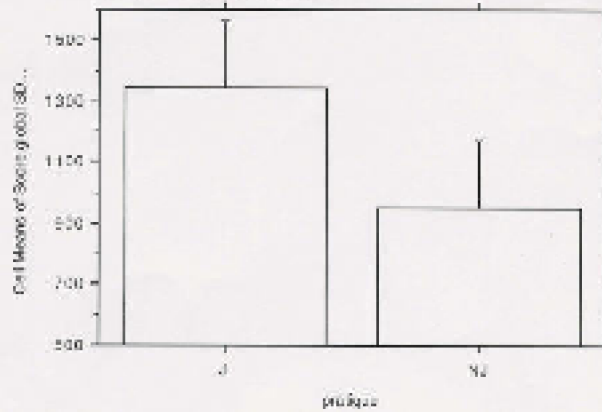
	Count	Mean	Std. Dev.	Std. Error
J	45	1344,578	722,773	107,745
N2	47	940,252	704,322	110,081

Interaction Bar Chart

Effect: pratique

Dependent Variable: Score global 3D...

With 95% Confidence error bars.



Annexe 4 : Expérience 4, Traitement de la relation spatiale

LE DEVELOPPEMENT DES HABILETES COGNITIVES DE L'ENFANT PAR LA PRATIQUE DU JEU D'ECHECS :

TAUX DE RÉPONSES CORRECTES CONDITION 1 H3-030
TOUS SUBJECTS

ANALYSE EFFECTUEE LE 29/09/2000

Type III Sums of Squares

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value	G-G
age	2	10012.714	5006.357	6.775	.00287	
pratique	1	271.762	271.762	.367	.55120	
score	1	2151.708	2151.708	2.883	.09284	
pratique * score	1	37.707	37.707	.513	.47605	
age * score	2	2368.247	1179.123	1.611	.19958	
age * pratique * score	2	866.859	433.429	5.861	.00165	
age * pratique	2	9475.118	4737.559	63.883	<.001	
Subject(Group)	56	115250.810	2057.873			
Category 1	11	2276.546	206.959	2.771	.00541	.7380
Category 1 * age	22	11417.236	518.965	6.982	<.001	.0198
Category 1 * pratique	11	6552.750	595.705	7.971	<.001	.0433
Category 1 * score	11	2829.680	257.244	3.411	.00031	.5751
Category 1 * pratique * score	11	3541.925	321.992	4.248	<.001	.3996
Category 1 * age * score	22	5785.220	263.192	3.517	.00051	.6282
Category 1 * age * pratique * ...	22	8087.589	367.618	4.917	<.001	.2597
Category 1 * age * pratique	22	5517.394	250.788	3.317	.00041	.6760
Category 1 * Subject(Group)	688	116882.732	168.434			

Dependent Variable: Taux rep correctes/Taux rep cert

Table of Effect Factors for df Adjustment
Dependent Variable: Taux rep correctes
Taux rep cert

	G-G Epsilon	H-F Epsilon
Category 1	.787	1.113

NOTE: Probabilities are not corrected for values of epsilon greater than 1.

Annexe 4 : Expérience 4, Traitement de la relation spatiale

Taux réponses correctes : CONDITION 2_H3_D300
tous sujets

Analyse effectuée le 03/06/2020

Type III Sums of Squares

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value	η ²
age	2	4408,088	2204,044	,708	,4881	
pratique	1	2648,752	2648,752	,823	,3683	
sexe	1	4290,080	4290,080	1,338	,2502	
age * pratique	2	32728,138	16364,069	5,104	,0050	
pratique * sexe	1	15747,888	15747,888	4,888	,0281	
age * sexe	2	15696,510	7848,255	2,408	,0728	
age * pratique * sexe	2	1898,521	949,261	,295	,7140	
Subject(Grand)	63	186733,321	2964,181			
rep conr H3-D300	11	12484,350	1134,938	3,428	,0041	,00
rep conr H3-D300 * age	22	12762,175	580,099	1,598	,0405	,00
rep conr H3-D300 * pratique	11	2968,171	269,837	,728	,7112	,00
rep conr H3-D300 * sexe	11	8874,755	797,705	2,174	,0142	,00
rep conr H3-D300 * age * pra...	22	5142,815	233,536	,645	,8928	,847
rep conr H3-D300 * pratique ...	11	1468,018	132,592	,361	,9658	,00
rep conr H3-D300 * age * sexe	22	5240,003	238,182	,657	,8827	,836
rep conr H3-D300 * age * pra...	22	9297,353	422,512	,781	,7413	,896
rep conr H3-D300 * Subject...	603	251376,035	416,739			

Dependent Variable: Condition 1

Means Table
Effect: age
Dependent Variable: Condition 1

	Count	Mean	Std. Dev.	Std. Error
CM1	324	65,691	24,892	1,378
CM2	300	65,447	24,913	1,438
CM3	276	66,936	25,757	1,550

LE DEVELOPPEMENT DES HABILETES COGNITIVES DE L'ENFANT PAR LA PRATIQUE DU JEU D'ECHECS :

TABLEAU 10: REponses correctes Condition 4 H8D300

TOUTS ECHecs

Analyse d'écarts de 29/03/2020

Type III: Sum of Squares

Source	#	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
age	2	13221,887	6610,943	5,858	,0051
pratique	1	4455,454	4455,454	4,125	,0319
sexe	1	983,273	983,273	,920	,3372
age * pratique	2	485,803	242,901	,210	,7998
pratique * sexe	1	95,490	95,490	,088	,7677
age * sexe	2	2907,166	1453,583	1,442	,2453
age * pratique * sexe	2	3413,747	1706,873	1,655	,1957
Subject(Errors)	57	52939,482	928,780		
Totaal Hoger-0300	11	6672,382	607,126	1,421	,1462
Totaal Hoger-0300 * age	20	7790,954	389,548	,842	,6823
Totaal Hoger-0300 * pratique	11	3745,556	340,505	,814	,6264
Totaal Hoger-0300 * sexe	11	3704,150	336,741	,807	,6354
Totaal Hoger-0300 * age * pratique	22	7881,338	358,245	,834	,6543
Totaal Hoger-0300 * pratique * ...	11	3838,137	348,921	,834	,6061
Totaal Hoger-0300 * age * sexe	22	12381,028	562,774	1,328	,1462
Totaal Hoger-0300 * age * pratique	22	12880,515	585,478	1,370	,1216
Totaal Hoger-0300 * Subject(Errors)	651	554738,693	852,133		

Dependent: Totaal Hoger-0300 Condition 4

Table of Epsilon Factors for df Adjustment
 Dependent: Totaal Hoger-0300 Condition 4

	df Error	df Epsilon
Totaal Hoger-0300	651	1,227

NOTE: Probabilities are not corrected for values of epsilon greater than 1.

Means Table
 Effect: age
 Dependent: Totaal Hoger-0300 Condition 4

	Count	Mean	Std. Dev.	Std. Error
CM1	210	55,520	20,167	1,334
CM2	240	51,242	21,075	1,331
Col	288	54,215	21,535	1,328

TABLE DESPAGES CORRECTES CONDITION 1 HS-030
TOUS BLUETS

Analyse effectuée le 22/05/2020

Type III Sums of Squares

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value	G-G
Corrected Total	1	4,082	4,082	,039	,8592	
age	2	2382,147	1191,073	,770	,4877	
sex	1	631,587	631,587	,400	,5254	
interaction * age	2	4997,157	2498,578	1,472	,2543	
age * sex	2	669,366	334,683	,214	,6077	
interaction * sex	1	774,220	774,220	,500	,4801	
interaction * age * sex	2	23,740	11,870	,009	,9914	
Subject(Group)	59	91288,258	1538,775			
rep corr HS-030 tous	11	5694,751	517,705	1,007	,3050	3050
rep corr HS-030 tous * age	11	4111,601	373,782	,861	,5760	5039
rep corr HS-030 tous * sex	11	11185,567	1016,869	1,106	,2716	1821
rep corr HS-030 tous * interaction	11	3749,204	340,837	,788	,6880	8154
rep corr HS-030 tous * age * sex	11	4378,563	397,142	,459	,9848	9102
rep corr HS-030 tous * age * interaction	11	3759,502	341,773	,845	,9880	9538
rep corr HS-030 tous * sex * interaction	11	3609,847	328,168	,735	,7068	8832
rep corr HS-030 tous * age * sex * interaction	11	9428,241	857,113	1,009	,4505	4401
rep corr HS-030 tous * Subject	648	281509,402	434,428			

Dependent: rep corr HS-030 tous

Table of Epsilon Factors for all Adjustment

Dependent: rep corr HS-030 tous

	G-G Epsilon	H-F Epsilon
rep corr HS-030 tous	,894	1,218

NOTE: Probabilities are not adjusted for values
of epsilon greater than 1.

Means Table

Effect: pratique

Dependent: rep corr HS-030 tous

	Count	Mean	Std. Dev.	Std. Error
J	432	61,636	20,326	1,120
HJ	670	62,226	21,409	1,048

Annexe 5 : Didacticiel

1 Schéma du déroulement de la méthode d'apprentissage

LE DEVELOPPEMENT DES HABILETES COGNITIVES DE L'ENFANT PAR LA PRATIQUE DU JEU D'ECHECS :

Séquences	Thème	Rappel	Exercices transfert
S1	Déplacement des pièces		
S2	Mats simples		
S3	Protection de la pièce qui mate		
			Mémorisation Reco 1
S4	Protection de la pièce		
S5	Case de fuite		
S13	Clouage	Rappel	
S14	Clouage, Interposition, Fuite		
			Relations spatiales 1
S15	Echec à la découverte		
S16	Mats en 1 coup combinant 2 pièces		
S17	Combinaison de 2 pièces		
S18	Puissance		
S19	Puissance, les risques	Rappel	
			Relations spatiales 2
S20	La case d'attaque	Rappel	
S21	Eviction d'un défenseur		
S22	Eviction d'un défenseur, choix de case	Rappel	
S23	Mats en 1 coup		
S24	Mise en jeu de la pièce qui mate		
S25	La bonne défense	Rappel	
S26	Eviction d'un défenseur, case d'attaque		
S27	Eviction d'un pion de la garde du roi	Rappel	
S28	Le sacrifice de dame pour mater		
S29	Mats latéraux		
			Mémorisation Reco 2
S30	Axes de symétries		
S31	Sacrifice de dame et réseau de mat		
S32	L'attaque avec 2 fous		

Séquences	Thème	Rappel	Exercices transfert
S33	L'attaque avec 2 cavaliers		
S34	But et sous but		
S35	Case d'attaque et éviction		
S36	Echec à la découverte et échec double Hanoï		
			Hanoi2

2 Liste des concepts faisant l'objet de fiches-concepts

Protection	1.
Fuite	2.
Choix	3.
Contrôle	4.
Interception	5.
Interposition	6.
Promotion	7.
Clouage	8.
Découverte	9.
Combinaison	10.
Puissance	11.
Eviction	12.

Sacrifice	13.
Ouverture	14.

3 Liste des questions posées dans le logiciel

1	Le Roi noir peut-il prendre la Dame blanche?
2	Quelles sont les cases libres autour du Roi ?
3	Quelles sont les cases interdites où le Roi ne peut pas aller ?
4	Quelles cases reste-il au Roi ?
5	Est-ce que ta Dame qui est venue faire échec peut être prise par le Roi adverse ?
6	Que peut faire le Roi ?
7	Peux-tu prendre la pièce qui te fait échec ?
8	Si tu ne peux pas prendre, ton Roi a t-il une case de fuite ?
9	Le Roi noir peut-il prendre la Tour ?
10	Le Roi peut-il fuir ?
11	Que peuvent faire les Blancs ?
12	Le Roi blanc peut-il prendre la Tour ?
13	Le Roi noir est-il mat ?
14	Sur quelle case joues-tu ta Dame pour venir faire échec et mat ?
15	Sur laquelle des deux cases e8 ou e7, la Dame blanche qui fait échec, est protégée par la Tour ?
16	Que peuvent faire les Noirs ?
17	Est-ce que tu peux prendre le Cavalier qui vient faire échec ?
18	Le Roi blanc peut-il prendre la Dame ?
19	Peux-tu faire mat en un coup ?
20	Est-ce qu'une pièce des Noirs peut venir contrôler les cases f1 et h1 ?
21	Laquelle de tes deux Tours dois-tu jouer pour faire échec et mat au Roi ?
22	Que peux-tu faire ?
23	Le Roi peut-il prendre le pion ?
24	Quel coup fait mat ?
25	Est-ce que les Noirs peuvent prendre la pièce qui fait échec ?
26	Est-ce que les Blancs peuvent prendre la pièce qui fait échec ?
28	Est-ce que l'une de tes pièces peut empêcher le Roi de fuir, tout en faisant échec ?
30	Quelle pièce peut faire échec tout en contrôlant cette (ou ces) case(s) ?
32	Comment faire échec au Roi ?
33	Es-tu suffisamment puissant pour faire mat ?

LE DEVELOPPEMENT DES HABILETES COGNITIVES DE L'ENFANT PAR LA PRATIQUE DU JEU D'ECHECS :

1	Le Roi noir peut-il prendre la Dame blanche?
34	Sur quelle case dois-tu te placer ?
36	Combien y en a-t-il ?
38	Sur quelle case faire échec ?
39	Combien les Noirs ont-ils de pièces pour défendre la case ?
40	Combien les Blancs ont-ils de pièces pour attaquer la case et faire échec ?
41	S'il ne peuvent pas, pour quelle raison ?
42	Quelle est la case d'attaque ?
43	Peux-tu interposer une pièce pour éviter l'échec ?
46	Combien les Noirs ont-ils de pièces pour attaquer cette case ?
47	Est ce qu'une autre pièce noire peut prendre?
48	Lequel ?
49	La Dame noire peut-elle venir mater le Roi blanc en h1 ?
50	Peux-tu faire mat en 2 coups ?
51	Quelle pièce protège le Roi noir de l'échec ?
52	Peux-tu éliminer ce défenseur ?
53	Quel coup de la Tour te permet de faire échec et mat ?
54	Quelle pièce pourra contrôler les cases restantes du Roi ?
55	Comment éliminer une Tour blanche ?
56	Comment éliminer un défenseur noir ?
57	Sur quelle case ton Cavalier peut-il faire échec au Roi ?
59	Quelle pièce peut contrôler la ou les cases de fuite du Roi adverse ?
61	Les Blancs peuvent-ils se défendre ?
62	Peux-tu faire échec à la découverte et mat ?
63	Quelle pièce jouer pour contrôler cette case ?
64	Où dois-tu jouer cette pièce pour contrôler les cases restantes ?
66	Quelle pièce peut venir contrôler les cases restantes ?
67	Par quelle pièce remplaces-tu ton pion pour faire mat ?
68	Depuis cette case, quelle pièce peut faire échec ?
70	Sur quelle case ton adversaire doit-il mettre

1	Le Roi noir peut-il prendre la Dame blanche?
	son Cavalier pour qu'il y ait échec à la découverte et mat ?
71	Quelles sont tes pièces d'attaque ?
72	Est-ce que ta Dame peut faire mat ?
74	Est-ce qu'il y a mat ?
75	Quelle pièce peut venir occuper cette case ?
77	Le sacrifice de la Dame permet-il le mat ?
79	Est-ce que le sacrifice de ta Dame permet aux Noirs de faire mat ?
80	Quel premier coup des Blancs permet de mater le coup suivant ?
82	Quel coup te permet de faire échec et mat ?
83	Sur quelle case doit être fait le sacrifice de ta Dame pour éliminer un défenseur ?
84	Le sacrifice de ta Dame en g6 permet-il le mat ?
85	Quel coup ouvre la colonne h et fait mat ?
87	Les Noirs peuvent-ils reprendre la Tour en h7 ?
89	Les Blancs peuvent-ils prendre ?
90	Peux-tu interposer une pièce ?
91	Quel Cavalier faut-il jouer ?
92	Quel coup n'enlève pas le contrôle des cases autour du Roi, tout en faisant échec ?
94	Comment la forcer à venir en f7 ?
95	Sur quelle case la Dame doit-elle se sacrifier pour forcer le mat le coup suivant?
97	Les Noirs peuvent-ils prendre la pièce qui donne l'échec?
98	Les Noirs peuvent-ils interposer une pièce ?
99	Quel premier coup jouer pour mater le coup suivant ?
100	Sur quelle case jouer la Dame pour forcer le mat ?
101	Où jouer ta Dame pour forcer le mat le coup suivant ?
102	Comment écarter ce défenseur de la case f7 ?
103	Où faire échec pour obliger la Tour à reprendre ?
104	Quel coup leur permet de forcer le mat le coup suivant ?
105	Quelle pièce des Blancs peut donner l'échec?
106	Quel coup jouer pour forcer le mat le coup

LE DEVELOPPEMENT DES HABILITES COGNITIVES DE L'ENFANT PAR LA PRATIQUE DU JEU D'ECHECS :

1	Le Roi noir peut-il prendre la Dame blanche?
	suis-je ?
107	Le sacrifice de la Dame peut-il forcer le mat le coup suivant ?
108	Quel coup permet de forcer le mat le coup suivant ?
137	Combien les Blancs ont-ils de pièces pour défendre la case ?
138	Quel est le bon premier coup à jouer ?
143	Sur quelle case jouer ta Dame pour être sûr de mater en deux coups ?
144	Que jouer pour faire mat en deux coups ?
200	Quelle pièce jouer pour faire mat le coup suivant ?
201	Comment mettre ta Dame en action ?
202	Comment écarter le Roi de la défense de sa case d'attaque ?
204	Est-ce que tu peux prendre les cinq pions noirs? Si oui, en combien de coups ?
206	Peux-tu éliminer un défenseur ?
207	Les Blancs font-ils mat ?
208	Les Blancs ont-ils une pièce avec laquelle faire échec et en même temps obliger ton Roi à s'écarter de ta Dame ?
209	Peux-tu écarter le Roi ?
210	Les Noirs peuvent-ils faire mat ?
211	Les Noirs peuvent-ils écarter le Roi par un échec ?
212	De combien de manières peut-on faire mat ?
213	Où peut se déplacer chacune des pièces blanches ?
214	Vers combien de cases peux-tu te déplacer ?
215	En combien de coups peux-tu prendre les pions adverses ?
301	Peux-tu te déplacer pour faire échec et mat au Roi?
302	Comment faire échec et mat?
303	Peux-tu faire mat?
304	Comment faire?
305	Quelles sont les cases qu'ils contrôlent?
306	Qu'en est-il?
307	Comment faire échec et interdire la case h3 au Roi?

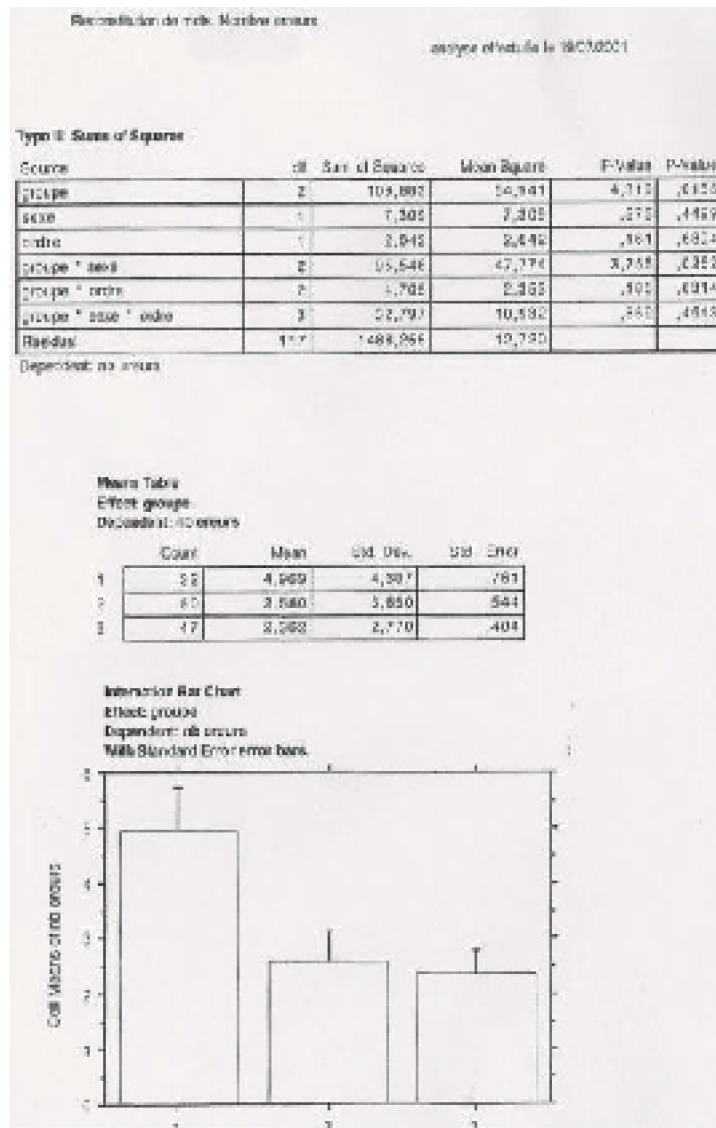
1	Le Roi noir peut-il prendre la Dame blanche?
400	Laquelle des deux Tours jouer pour forcer le mat au coup suivant ?
401	Les Noirs peuvent-ils prendre, s'interposer, fuir ?
402	Quel est ton objectif ?
403	Avec quelle Tour faire échec au Roi ?
404	Comment écarter ce défenseur ?
405	Ton Cavalier d6 s'il vient en f7 permet-il de faire mat au coup suivant ?
406	Que se passe-t-il si tu joues ta Tour g7 en g8 ?
407	Et si tu joues ton fou b2 en f6 ?
408	Les Blancs peuvent-ils faire mat en deux coups ?
409	Quelles sont les pièces blanches dont l'action est dirigée vers le Roi ?
410	Comment attirer le Roi en f8 ?
411	Comment éliminer cette pièce ?
412	Comment les Noirs peuvent-ils écarter un défenseur ?
413	Où jouer le Cavalier pour mater le coup suivant ?
414	Sur quelle case dois-tu jouer ton Cavalier pour faire échec puis mat ?
416	Où jouer le Fou pour faire échec à la découverte ?
417	En combien de coups vas-tu mater ?
501	Peux-tu faire mat en deux coups ?
502	Les Noirs peuvent-ils faire mat en deux coups ?
503	Quel premier coup jouer ?
504	Quel coup permet d'écarter ce défenseur ?
505	Y a-t-il un coup qui permette d'éliminer ce défenseur ?
506	Peux-tu écarter ce défenseur ?
507	Y a-t-il un coup qui te permette d'atteindre les deux objectifs ?
603	Les Noirs peuvent-ils prendre ta Dame ?
605	Quelle pièce sacrifier pour faire mat ?
606	Qui peut faire mat ?
607	Les Blancs peuvent-ils interposer une pièce ?
609	Peux-tu faire mat sur la colonne h ?
610	Les Noirs peuvent-ils prendre ?

LE DEVELOPPEMENT DES HABILETES COGNITIVES DE L'ENFANT PAR LA PRATIQUE DU JEU D'ECHECS :

1	Le Roi noir peut-il prendre la Dame blanche?
611	Comment est l'axe de symétrie ?
612	Quel est l'axe de symétrie pour les deux Tours g1 et b1?
613	Quel est l'axe de symétrie pour les deux Tours b1 et h7?
701	Peux-tu faire mat en attaquant le pion de la garde du Roi?
702	L'attaque d'un pion de la garde du Roi permet-elle aux Noirs de faire mat ?
703	Après Dame c2 prend g2 + et la reprise par la Tour des Blancs, le coup de Tour a2-a1 + fait il mat ?
704	Peux-tu jouer Tour e1-e8 + et faire mat ?
705	Comment forcer le Cavalier à se déplacer?
706	Quelle pièce peut faire échec?
707	Laquelle de tes pièces peut contrôler également cette case d'attaque ?
708	Quel premier coup jouer pour forcer le mat le coup suivant?
709	Peux-tu écarter le Fou ?

Annexe 6: Expérience 5, Reconstitution de mots, Accès au registre lexical Tableaux ANOVA

LE DEVELOPPEMENT DES HABILETES COGNITIVES DE L'ENFANT PAR LA PRATIQUE DU JEU D'ECHECS :



Nombre de mots reconstitués.

analyse effectuée le 19/07/2001

Type III Sums of Squares

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F-value	P-Value
groupe	2	97,027	48,514	2,394	,0957
sexe	1	58,031	58,031	2,864	,0932
ordre	1	21,647	21,647	1,068	,3034
groupe * sexe	2	43,679	21,839	1,078	,3437
groupe * ordre	2	1,379	,689	,034	,9666
sexe * ordre	1	44,138	44,138	2,178	,1427
groupe * sexe * ordre	2	8,864	4,432	,219	,8039
Residual	117	2370,652	20,262		

Dependent: nb mots

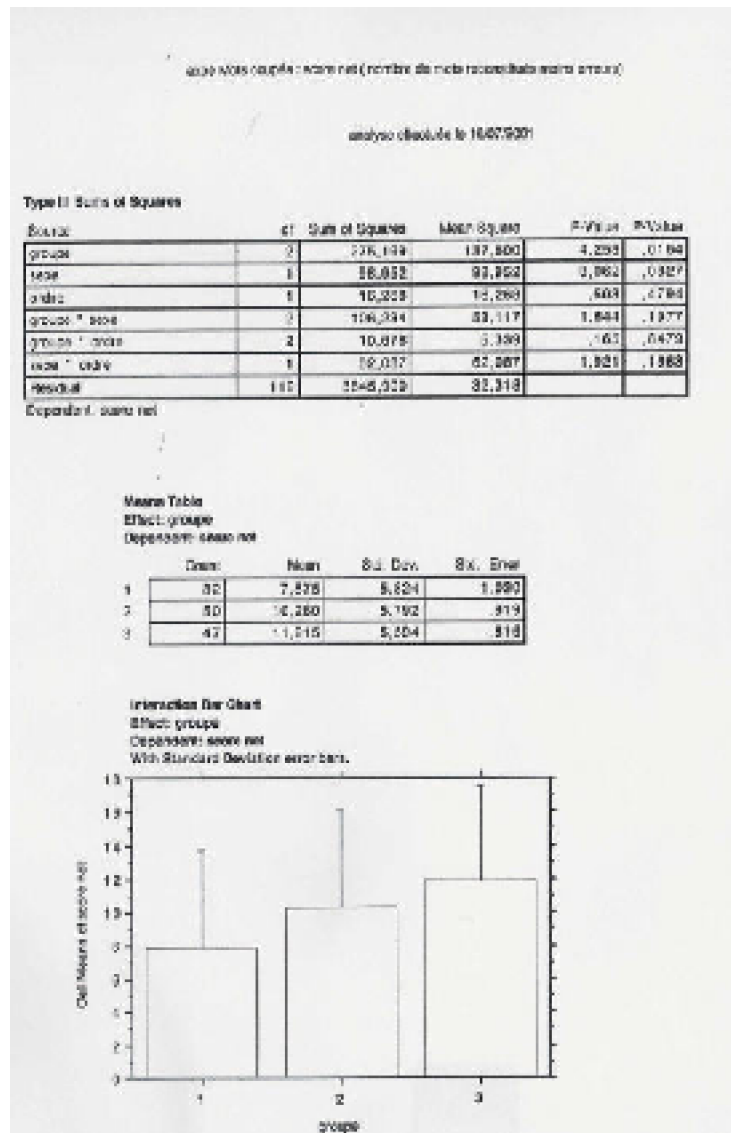
Means Table
Effect: groupe
Dependent: nb mots

	Count	Mean	Std. Dev.	Std. Error
1	32	12,125	4,316	,763
2	50	12,540	4,455	,631
3	47	14,277	4,556	,679

Means Table
Effect: sexe
Dependent: nb mots

	Count	Mean	Std. Dev.	Std. Error
F	59	13,814	4,474	,582
M	70	12,443	4,567	,546

LE DEVELOPPEMENT DES HABILETES COGNITIVES DE L'ENFANT PAR LA PRATIQUE DU JEU D'ECHECS :



Cell Means output: temps de réponse

analyse effectuée le 12/07/2001

Type III Sums of Squares

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
genre	2	2553,790	1276,895	1,327	,2899
seed	1	2848,714	2848,714	6,370	,0117
ordre	1	813,879	813,879	,108	,4014
genre * seed	2	823,822	411,911	,470	,6213
seed * ordre	1	428,714	428,714	,978	,4481
genre * ordre	2	1028,814	514,407	1,167	,3194
Residual	119	122488,118	1029,312		

Dependent Variable: temps de réponse

Means Table

Effect: seed

Dependent Variable: temps de réponse

	Count	Mean	Std. Dev.	Std. Error
F	55	292,810	35,093	5,012
M	70	293,206	37,538	4,568

Interaction Bar Chart

Effect: seed

Dependent Variable: temps de réponse

With Standard Deviation error bars.



Annexe 7: Expérience 6, Compréhension de texte

1 Texte des deux histoires proposés à l'expérience 6

L'île mystérieuse (55 mots)

Ces étrangers restèrent longtemps dans mon île.../Ils la visitèrent d'un bout à l'autre dans tous ses détails./ Je les vis entrer dans mes grottes et sonder avec leurs cannes la profondeur de mes océans./ De temps en temps ils s'arrêtaient et remuaient la tête./ Toute ma crainte était qu'ils ne vinssent à découvrir mes résidences...

d'après *Le petit chose* d'Alphonse Daudet

restèrent/visitèrent/vis/s'arrêtaient/remuaient/vinssent

Médecine douce (60 mots)

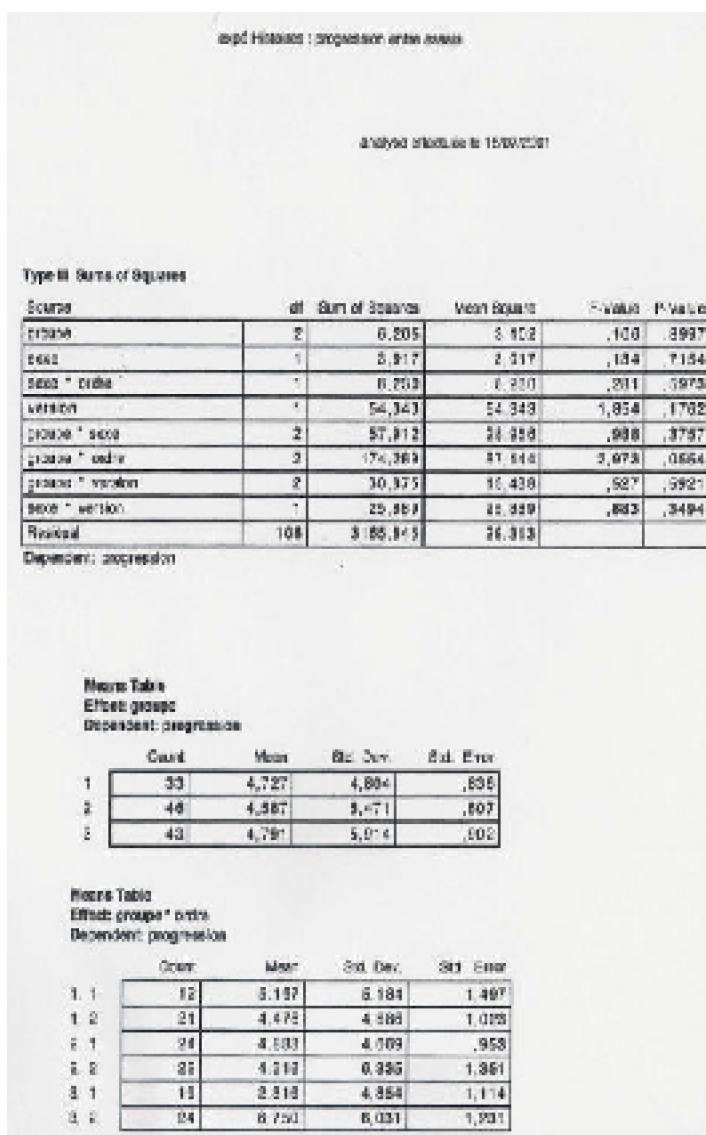
Le lendemain, dès cinq heures du matin, d'Artagnan se leva, descendit lui-même à la

cuisine,/ demanda, outre quelques autres ingrédients dont la liste n'est pas parvenue jusqu'à nous, du vin, de l'huile, du romarin, et, la recette de sa mère à la main,/ se composa un baume dont il oignit ses nombreuses blessures, (...) ne voulant admettre l'adjonction d'aucun médecin.

d'après *Les trois mousquetaires*, d'Alexandre Dumas

se leva/descendit/demanda/est parvenue/composa/oignit

2 Tableaux ANOVA



split-Habitat: comparisons

analyse d'ANOVA à 10/07/2007

Type III Sums of Squares

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F Value	P-Value	CG
groupe	2	169,977	84,989	1,930	0,154	
sexe	1	61,977	61,980	1,350	0,254	
ordre	1	,042	,042	,002	0,949	
version	1	12,731	12,733	,284	0,603	
groupe * sexe	2	147,282	73,641	1,750	0,177	
groupe * ordre	2	259,247	129,624	2,898	0,049	
groupe * version	2	62,124	31,062	,685	0,517	
sexe * ordre	1	22,281	22,281	,500	0,480	
sexe * version	1	60,187	60,187	1,354	0,243	
Subject/Group	103	4018,321	41,842			
words	1	1938,924	1938,924	43,889	0,001	0,001
words * groupe	2	3,122	1,561	,035	0,967	0,967
words * sexe	1	1,222	1,222	,028	0,614	0,614
words * ordre	1	26,174	26,174	0,593	0,438	0,438
words * version	1	27,171	27,171	0,604	0,433	0,433
words * groupe * sexe	2	20,222	10,111	,227	0,797	0,797
words * groupe * ordre	2	67,144	33,572	0,753	0,694	0,694
words * groupe * version	2	15,422	7,711	,172	0,831	0,831
words * sexe * ordre	1	4,112	4,112	,091	0,759	0,759
words * sexe * version	1	12,942	12,942	,288	0,594	0,594
words * Subject/Group	103	1682,922	16,340			

Corrected Total

Table of Epsilon Factors for df Adjustment
Dependent Variable

	S-G Epsilon	H-F Epsilon
words	0,000	1,021

NOTE: Probabilities are not corrected for epsilon values greater than 1.

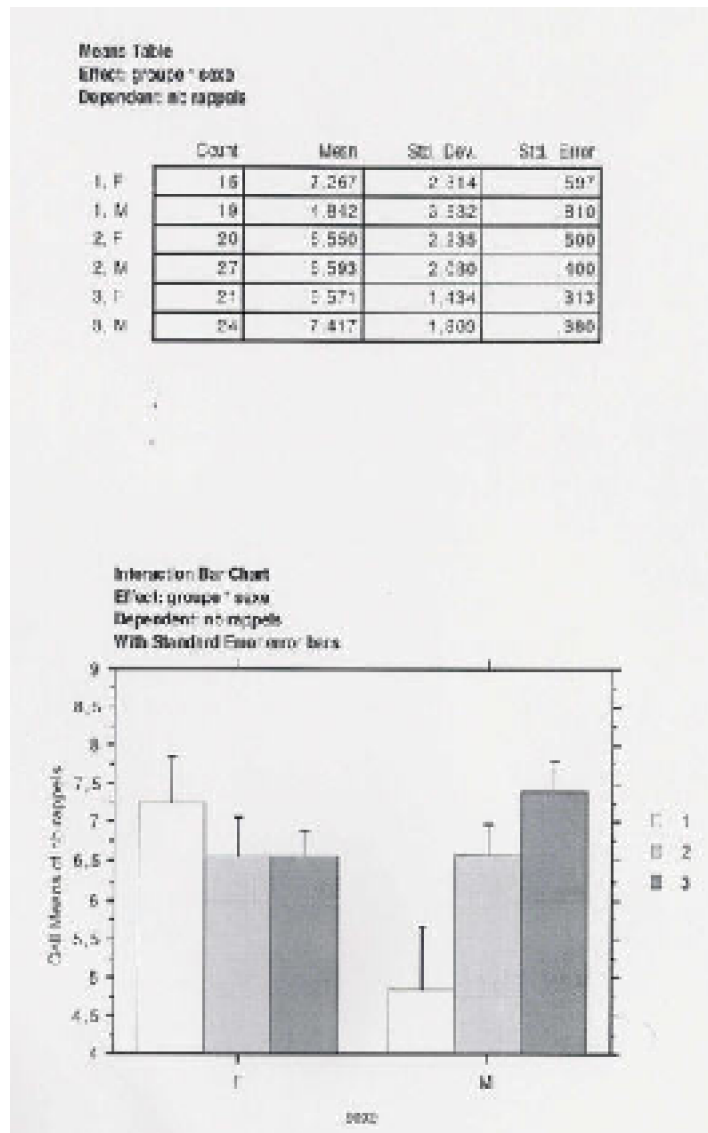
Means Table

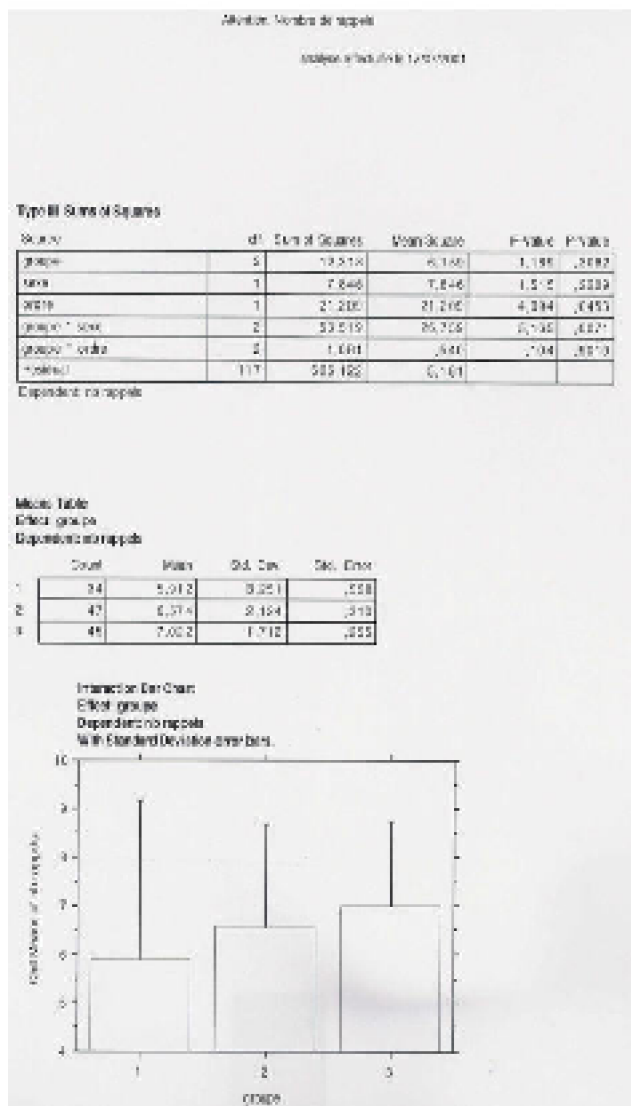
Effect: groupe
Dependent Variable

	Count	Mean	Std. Dev.	Std. Error
1	68	10,515	0,287	,035
2	60	11,517	0,282	,036
3	60	10,220	0,481	,061

Annexe 8: Expérience 7, Empan attentionnel Tableaux ANOVA

LE DEVELOPPEMENT DES HABILETES COGNITIVES DE L'ENFANT PAR LA PRATIQUE DU JEU D'ECHECS :





LE DEVELOPPEMENT DES HABILETES COGNITIVES DE L'ENFANT PAR LA PRATIQUE DU JEU D'ECHECS :

expé Tours de mains : Temps de réponse

analyse effectuée le 10/07/2001

Type III Sums of Squares

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F-value	P-Value
groupe	2	3547576,750	1773788,375	6,518	,0021
sexe	1	313209,028	313209,028	1,151	,2858
ordre	1	83708,242	83708,242	,308	,5803
version	1	1182092,929	1182092,929	4,344	,0395
groupe * sexe	2	1121991,721	560995,860	2,061	,1324
groupe * ordre	2	120431,066	60215,533	,221	,8018
groupe * version	2	32625,062	16312,531	,060	,9418
Residual	107	29118149,101	272132,235		

Dependent Variable: TR normal

Type III Sums of Squares

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F-value	P-Value
groupe	2	2025520,274	1012760,137	2,751	,0634
sexe	1	1822967,955	1822967,955	4,952	,0282
ordre	1	91649,591	91649,591	2,491	,1175
version	1	864215,844	864215,844	,238	,6221
groupe * sexe	2	82684,028	41342,014	,113	,8828
groupe * ordre	2	452825,015	226412,507	,618	,5425
groupe * version	2	161258,971	80629,485	,219	,6037
Residual	107	3987383,534	368106,368		

Dependent Variable: TR mixte

analyse effectuée le 16/07/2001

Type III Sums of Squares

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
Groupe	2	385,703	192,851	,633	,4374
sexe	1	5,595	5,595	,024	,8707
ordre	1	103,701	103,701	,448	,5047
version	1	17,040	17,040	,074	,7888
Groupe * sexe	2	076,500	40,250	1,624	,1558
Groupe * ordre	2	820,862	410,431	1,310	,2662
Groupe * version	2	756,091	378,045	1,634	,2002
sexe * ordre	1	66,739	66,739	,281	,5992
sexe * version	1	27,664	27,664	,120	,7301
ordre * version	1	821,927	821,927	3,532	,0625
Residual	104	24065,304	231,397		

Dependent Variable: Score Normal

Type III Sums of Squares

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
Groupe	2	968,129	484,065	2,177	,1185
sexe	1	19,268	19,268	,090	,7605
ordre	1	149,015	149,015	,720	,3973
version	1	1412,816	1412,816	6,860	,0102
Groupe * sexe	2	318,448	159,224	,772	,4647
Groupe * ordre	2	1574,278	787,139	3,817	,0251
Groupe * version	2	93,251	46,625	,081	,9227
sexe * ordre	1	53,321	53,321	,259	,6122
sexe * version	1	426,878	426,878	2,070	,1592
ordre * version	1	62,529	62,529	,305	,5822
Residual	104	21448,860	206,259		

Dependent Variable: Score Miror

Annexe 9: Expérience 8, Rotation mentale Tableaux ANOVA

LE DEVELOPPEMENT DES HABILETES COGNITIVES DE L'ENFANT PAR LA PRATIQUE DU JEU D'ECHECS :

expé Tous de Mains - Temps de réponse

analyse effectuée le 16/07/2001

Type III Sums of Squares

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
groups	2	5547576,750	1772788,875	6,51E	,0021
sexe	1	313209,028	313209,028	1,151	,2856
ordre	1	32708,242	32708,242	,308	,5803
version	1	1132092,928	1132092,928	4,344	,0385
groups * sexe	2	1121651,721	560845,860	2,051	,1324
groups * ordre	2	120461,968	60230,984	,221	,801E
groups * version	2	32625,068	16312,534	,090	,941E
Residual	107	28118149,101	272132,235		

Dependent: TR normal

Type III Sums of Squares

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
groups	2	2025529,274	1012764,637	2,751	,0604
sexe	1	1822967,955	1822967,955	4,952	,0292
ordre	1	918949,591	918949,591	2,491	,1175
version	1	364215,644	364215,644	,889	,3221
groups * sexe	2	539994,025	269997,013	,733	,482E
groups * ordre	2	452525,016	226262,508	,615	,542E
groups * version	2	161256,971	80628,485	,219	,8087
Residual	107	36387380,564	363106,360		

Dependent: TR miracle

analyse d'écrou à 16/07/2001

Type III Sum of Squares

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
Groupe	2	280,700	140,350	,101	,4074
sexe	1	5,595	5,595	,224	,3787
ordre	1	163,701	163,701	,441	,3047
version	1	17,046	17,046	,274	,7866
Groupe * sexe	2	676,586	338,293	1,294	,1556
Groupe * ordre	2	620,352	310,176	1,341	,2662
Groupe * version	2	756,091	378,045	1,534	,2002
sexe * ordre	1	65,789	65,789	,324	,3982
sexe * version	1	27,084	27,084	,121	,7007
ordre * version	1	621,927	621,927	3,352	,0629
Residual	104	24065,304	231,397		

Dependent: Score Normal

Type III Sum of Squares

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
Groupe	2	898,129	449,065	2,127	,1186
sexe	1	19,260	19,260	,098	,7605
ordre	1	149,015	149,015	,723	,3975
version	1	1412,610	1412,610	6,950	,0109
Groupe * sexe	2	316,443	158,222	,772	,4667
Groupe * ordre	2	1674,276	837,138	3,817	,0251
Groupe * version	2	33,231	16,616	,081	,9227
sexe * ordre	1	53,321	53,321	,259	,6122
sexe * version	1	425,075	425,075	2,070	,1532
ordre * version	1	62,823	62,823	,305	,5822
Residual	104	21448,680	206,253		

Dependent: Score Miroir

Annexe 10

Tableau de corrélation entre les Zscores aux séquences échecs et les scores aux épreuves-contrôle

LE DEVELOPPEMENT DES HABILETES COGNITIVES DE L'ENFANT PAR LA PRATIQUE DU JEU D'ECHECS :

Langage	Compréhen	Attention	Imagerie	moy 4 épr	séquences	
0,380	-0,112	-0,048	0,297	0,458		Prise, Interposition, Fuite **
0,313	-0,104	0,171	0,301	0,407	Seq 27	Eviction d'un pion de la garde du Roi
0,141	0,388	0,246	0,371	0,308	Seq 14	Clouage, Interposition, Fuite **
0,260	-0,009	0,135	0,114	0,266	Seq 35	Case d'attaque et éviction
0,307	0,127	0,103	0,028	0,258	Seq 9	Interception **
0,226	0,156	0,186	0,147	0,257	Seq 30	Axes de symétries
0,099	0,306	0,217	0,308	0,241	Seq 16	Mats en 1 combinant 2 pièces
0,140	-0,036	0,033	0,154	0,192	Seq 34	But et sous but
0,373	0,264	0,258	-0,215	0,181	Seq 17	Combinaison de 2 pièces
0,115	-0,036	-0,029	0,145	0,168	Seq 29	Mats latéraux
0,110	-0,206	-0,012	0,150	0,166	Seq 28	Le sacrifice de dame pour mater **
-0,035	0,124	0,193	0,320	0,141	Seq 7	Choix de la pièce ou du coup **
0,189	-0,044	-0,064	-0,065	0,115	Seq 22	Eviction d'un défenseur, choix de case
0,115	0,155	0,237	0,046	0,115	Seq 6	Potentiels et questionnement
0,187	0,112	-0,027	-0,107	0,091	Seq 26	Eviction d'un défenseur, case d'attaque
0,036	0,089	0,302	0,115	0,089	Seq 10	Interposition **

Langage	Compréhension	Attention	Imagerie	moy 4 épr	séquences	
0,089	-0,048	-0,065	0,022	0,082	Seq 13	Clouage
0,070	0,028	0,069	-0,012	0,049	Seq 20	La case d'attaque
0,156	0,361	0,205	-0,149	0,045	Seq 11	Promotion
0,116	0,201	-0,138	-0,104	0,037	Seq 31	Sacrifice de Dame et réseau **
0,116	-0,032	-0,130	-0,118	0,029	Seq 33	L'attaque avec 2 Cavaliers
0,118	0,156	0,239	-0,131	0,024	Seq 24	Mise en jeu de la pièce qui mate
0,195	-0,151	0,046	-0,255	0,020	Seq 18	Puissance **
-0,017	-0,188	-0,099	0,025	0,000	Seq 36	Echec à la découverte et échec double
0,162	-0,272	-0,353	-0,255	-0,006	Seq 23	Mats en 1 révision
-0,012	0,087	0,061	-0,008	-0,014	Seq 4	Protection de la pièce **
0,003	0,343	0,150	-0,032	-0,014	Seq 15	Echec à la découverte
0,115	0,236	-0,147	-0,222	-0,026	Seq 32	L'attaque avec 2 Fous
-0,029	-0,064	0,195	-0,010	-0,028	Seq 3	Protection de la pièce qui mate **
-0,097	0,379	-0,080	0,083	-0,033	Seq 5	Case de fuite **
-0,083	-0,170	0,136	0,037	-0,046	Seq 25	La bonne défense
-0,129	0,031	0,267	0,015	-0,094	Seq 2	Mats simples
0,121	0,435	0,167	-0,387	-0,109	Seq 21	Eviction d'un défenseur
-0,108	0,290	0,139	-0,085	-0,130	Seq 1	Déplacement des pièces
-0,242	-0,237	-0,145	-0,140	-0,266	Seq 19	Puissance, les risques **

