



**HAL**  
open science

# L'apprentissage implicite d'une grammaire artificielle chez l'enfant avec et sans retard mental : rôle des propriétés du matériel et influence des instructions

Arnaud Witt

► **To cite this version:**

Arnaud Witt. L'apprentissage implicite d'une grammaire artificielle chez l'enfant avec et sans retard mental : rôle des propriétés du matériel et influence des instructions. Psychologie. Université de Bourgogne, 2010. Français. NNT : 2010DIJOL019 . tel-00651503

**HAL Id: tel-00651503**

**<https://theses.hal.science/tel-00651503>**

Submitted on 13 Dec 2011

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Université de Bourgogne  
Laboratoire d'Etude de l'Apprentissage et du Développement  
C.N.R.S. – U.M.R. 5022

Ecole doctorale Environnement, Santé, STIC (E2S)

# **L'apprentissage implicite d'une grammaire artificielle chez l'enfant avec et sans retard mental: rôle des propriétés du matériel et influence des instructions**

**Thèse de Doctorat de l'Université de Bourgogne**  
- Mention Psychologie -

Présentée par **Arnaud WITT**

Sous la direction du Professeur **Annie VINTER**

Membres du Jury:

Professeur Michel FAYOL (Université de Clermont-Ferrand – France)

Professeur Thierry MEULEMANS (Université de Liège – Belgique)

Pierre PERRUCHET, DR CNRS (Université de Bourgogne – France)

Professeur Annie VINTER (Université de Bourgogne – France)



- 24 Septembre 2010 -







Université de Bourgogne  
Laboratoire d'Etude de l'Apprentissage et du Développement  
C.N.R.S. – U.M.R. 5022

Ecole doctorale Environnement, Santé, STIC (E2S)

# **L'apprentissage implicite d'une grammaire artificielle chez l'enfant avec et sans retard mental: rôle des propriétés du matériel et influence des instructions**

**Thèse de Doctorat de l'Université de Bourgogne**  
- Mention Psychologie -

Présentée par **Arnaud WITT**

Sous la direction du Professeur **Annie VINTER**

Membres du Jury:

Professeur Michel FAYOL (Université de Clermont-Ferrand – France)

Professeur Thierry MEULEMANS (Université de Liège – Belgique)

Pierre PERRUCHET, DR CNRS (Université de Bourgogne – France)

Professeur Annie VINTER (Université de Bourgogne – France)



- 24 Septembre 2010 -



## *Remerciements*

Je souhaite adresser mes remerciements

A Annie Vinter, pour m'avoir offert l'opportunité d'effectuer cette thèse, pour son encadrement, sa disponibilité et ses conseils qui ont permis l'achèvement de ce travail.

A Michel Fayol, Thierry Meulemans et Pierre Perruchet, pour m'avoir fait l'honneur d'être membres de mon jury et d'estimer mon travail.

A Stéphane Argon et Laurent Bergerot, pour la conception et la programmation de l'interface informatique utilisée dans ces travaux.

A Paul Molin et Pierre Perruchet, pour leur aide précieuse dans la programmation des outils statistiques qui ont permis l'établissement des proportions théoriques.

Aux responsables des établissements scolaires et spécialisés qui m'ont ouvert leurs portes, pour leur accueil, leur organisation et leur intérêt pour mes recherches. Plus particulièrement, à Mme Tomaselli, Directrice de l'Institut Médico-Educatif les Ecayennes, ainsi qu'aux directeurs et enseignants des écoles maternelle et élémentaire d'Hauteville-lès-Dijon, pour m'avoir accueilli à plusieurs reprises.

Aux enfants, pour leur participation enthousiaste à mes expériences.

A ma famille et mes amis, pour leurs encouragements.

A Viviane, pour son soutien et sa patience.

## Table des matières

### I. INTRODUCTION GENERALE.

Préambule .....	1
Introduction .....	3
<b>1. <u>Comment définir la notion d'apprentissage implicite?</u></b> .....	<b>3</b>
1.1. Plusieurs définitions de l'apprentissage implicite.....	3
1.2. Apprentissage implicite et mémoire implicite .....	4
1.3. Apprentissage implicite et apprentissage explicite .....	5
1.4. Processus automatiques vs contrôlés: le rôle de l'attention dans l'AI .....	6
<b>2. <u>Comment tester les capacités d'apprentissage implicite?</u></b> .....	<b>7</b>
2.1. L'apprentissage de grammaires artificielles (GA) .....	8
2.2. Quelques autres paradigmes classiques .....	9
2.2.1. Le paradigme de temps de réaction sériel .....	9
2.2.2. Le paradigme de covariation incidente .....	9
2.2.3. Le paradigme du contrôle de systèmes dynamiques .....	9
2.3. Les critiques à l'encontre des paradigmes classiques .....	10
2.4. Dissociations des influences conscientes et inconscientes.....	10
2.5. Les critères de neutralité de la NPP .....	12
<b>3. <u>Les principaux modèles théoriques de l'apprentissage implicite.</u></b> .....	<b>13</b>
3.1. La position abstractionniste .....	13
3.2. La position exemplariste .....	13
3.3. La position fragmentariste .....	14
3.4. L'apprentissage associatif .....	14
<b>4. <u>L'apprentissage implicite en tant que phénomène robuste.</u></b> .....	<b>15</b>
4.1. Les capacités d'AI face au développement.....	16
4.2. Préservation des capacités d'AI .....	17
4.2.1. Chez les individus présentant un retard mental.....	17
4.2.2. Chez les individus présentant des troubles neuropsychologiques.....	19
<b>5. <u>L'apprentissage implicite de grammaires artificielles: quelles pistes de travail?</u></b> .....	<b>20</b>
5.1. Tenter de départager les principales positions théoriques.....	20
5.2. Tester la robustesse des capacités d'apprentissage implicite: Neutralité et perméabilité de la procédure face aux influences explicites. ....	22
5.2.1. Face au développement .....	23
5.2.2. Face au retard mental .....	23
5.3. Examiner l'appréhension du matériel et la formations de la connaissance.....	24
5.3.1. Chez l'enfant en développement normal .....	24
5.3.2. Chez l'enfant présentant un retard mental .....	24
5.3.3. A travers le rôle de la saillance et de la fréquence du matériel .....	25

### II. PARTIE EXPERIMENTALE.

**Expérience 1:** Le rôle des unités saillantes du matériel dans l'apprentissage implicite d'une grammaire artificielle: une tentative de départager les modèles théoriques.

Introduction .....	28
Méthode.....	35
Résultats .....	45
1. <u>Apprentissage des unités saillantes (répétitions ADJ et non-ADJ) correctes.</u> .....	45
2. <u>Production de drapeaux entiers corrects.</u> .....	49

3. <u>Codage de la structure de répétition, indépendamment de la couleur</u> .....	49
4. <u>Codage de la position des unités saillantes</u> .....	52
5. <u>Production des autres unités correctes</u> .....	53
<b>Discussion</b> .....	59
<i>Apprentissage des unités saillantes aux vues des principaux modèles théoriques de l'apprentissage implicite</i> .....	59
<i>Apprentissage des unités "neutres" selon les différentes théories de l'Apprentissage implicite</i> .....	63
<i>Apprentissage implicite et développement</i> .....	64

**Expérience 2:** La perméabilité des procédures à l'influence des processus conscients: une tentative d'expliquer les effets d'âge observés en situation d'apprentissage implicite.

<b>Introduction</b> .....	68
<b>Méthode</b> .....	71
<b>Résultats</b> .....	77
1. <u>Performances au test de génération explicite</u> .....	77
2. <u>Performances au test de génération explicite des unités composant les drapeaux</u> .....	90
3. <u>Performances au test de reconnaissance</u> .....	95
<b>Discussion</b> .....	98
<i>Influence des processus conscients, capacités d'AI et âge des sujets</i> .....	99
<i>Apprentissage aux tests de génération explicite et de reconnaissance</i> .....	101

**Expérience 3:** Les capacités d'apprentissage implicite chez l'enfant présentant un retard mental: étude d'une procédure hautement implicite (génération implicite) ou perméable aux influences explicites (génération explicite et reconnaissance).

<b>Introduction</b> .....	105
<b>Méthode</b> .....	112
<b>Résultats</b> .....	114
1. <u>Apprentissage des unités saillantes, répétitions ADJ et non-ADJ, correctes</u> .....	114
2. <u>Production de drapeaux entiers corrects</u> .....	116
3. <u>Codage de la structure de répétition, indépendamment de la couleur</u> .....	116
4. <u>Codage de la position des unités saillantes</u> .....	118
5. <u>Production des autres unités correctes</u> .....	118
<b>Discussion</b> .....	121

**Expérience 4:** L'introduction d'influences conscientes: tests de génération explicite et de reconnaissance

<b>Méthode</b> .....	123
<b>Résultats</b> .....	126
1. <u>Performances au test de génération explicite:</u> <u>Production d'un drapeau entier vu en phase d'entraînement</u> .....	126
2. <u>Performances au test de génération explicite des unités saillantes du matériel</u> .....	129

3. <u>Performances au test de reconnaissance</u> .....	130
<b>Discussion</b> .....	131
<i>Capacités d'apprentissage implicite préservées et appréhension limitée du matériel</i> .....	131
<i>Influences de processus explicites et altérations des performances</i> .....	133

**Expérience 5:** Saillance perceptive et propriétés statistiques du matériel.

<b>Introduction</b> .....	136
<b>Méthode</b> .....	140
<b>Résultats</b> .....	145
1. <u>Apprentissage des unités fréquentes saillantes et non saillantes perceptivement</u> .....	145
2. <u>Apprentissage concurrentiel des bigrammes initiaux et des bigrammes en 2<sup>ème</sup> position (séries BIG: bigrammes fréquents; séries REP: répétitions)</u> .....	146
3. <u>Apprentissage des trigrammes initiaux</u> .....	149
<b>Discussion</b> .....	150
<i>L'influence de la saillance et des régularités statistiques dans l'apprentissage implicite de séquences</i> .....	151
<i>Segmentation du matériel et sélection des unités perceptives</i> .....	151
<i>Formations de chunks plus élaborés</i> .....	153

### III. DISCUSSION GENERALE.

<b>Discussion générale</b> .....	157
<u>Modèles théoriques de l'apprentissage implicite: une tentative de les départager</u> .....	157
<u>Apprentissage implicite et robustesse: quelles sont les conditions requises?</u> .....	161
<u>L'appréhension du matériel et la formation de la connaissance: quelles propriétés influencent ces processus?</u> .....	165
<u>Vers un modèle théorique hybride et adaptatif de l'apprentissage implicite</u> .....	169
<b>Conclusion générale</b> .....	170
<b>Bibliographie</b> .....	173
<b>Annexes</b> .....	194

*Liste des annexes*

Annexe 1: Liste exhaustive des bigrammes, trigrammes et quadrigrammes grammaticaux possibles de générer avec la grammaire à état fini utilisée dans nos expériences.

Annexe 2: Tableau pour le recueil papier-crayon des performances des sujets au test de génération explicite.

# **INTRODUCTION GENERALE**

## **I. INTRODUCTION GENERALE.**

### **Préambule:**

Le terme d'apprentissage implicite recouvre toutes les formes d'apprentissage qui opèrent à l'insu du sujet, sans que ce dernier soit conscient du fait qu'il est en train de modifier de manière stable son comportement. La variété des domaines impliquant ce type d'apprentissage (l'acquisition de langues maternelles, d'habiletés sensori-motrices ou de règles sociales...) confère à ce champ de recherche une place importante dans l'étude de la cognition humaine. En effet, il suffit de faire le constat selon lequel nous avons tous le sentiment d'avoir appris davantage par nos expériences répétées avec l'environnement, indépendamment de toute supervision fournissant explicitement les connaissances nécessaires aux adaptations comportementales requises. De ce fait, depuis les années 80, l'étude des phénomènes implicites connaît un essor considérable.

L'importance de la littérature concernant l'apprentissage implicite et l'hétérogénéité des situations à travers lesquelles il est investigué alimentent de nombreux débats théoriques et méthodologiques. Parmi les principales questions discutées, on retrouve celles de la nature des processus mis en œuvre et de la connaissance acquise, de l'implication de l'attention, ou de la robustesse des capacités d'apprentissage implicite face au développement, au niveau intellectuel ou aux troubles neuropsychologiques affectant les fonctions mnésiques.

A travers ce travail de recherche, nous tenterons d'apporter des éléments de compréhension concernant certains des principaux points faisant débat à ce jour. Pour cela, nous nous doterons d'un paradigme expérimental original, permettant de répondre à certaines critiques méthodologiques, et nous manipulerons les aspects qui ont fait l'objet de ces critiques afin d'en mesurer les effets. Par ailleurs, nous contrôlerons à la fois la structure profonde et superficielle du matériel exposé aux sujets, afin de déterminer ce qui est appris, et ainsi tenter de départager les principaux modèles théoriques de l'apprentissage implicite. Ce travail sera mené dans une perspective développementale et psychopathologique de manière à tester les postulats de robustesse communément prêtés aux processus implicites et à comprendre les résultats des rares études ne partageant pas ce consensus.

Pour satisfaire à la poursuite de nos objectifs, il a tout d'abord été nécessaire de fournir un cadre méthodologique satisfaisant aux exigences de l'étude des phénomènes d'apprentissage implicite, adapté à une population de jeunes enfants, et dont le matériel d'étude permette de différencier l'apprentissage des propriétés superficielles du codage des règles sous-jacentes (Expérience 1). Ensuite, des modifications ont été apportées par l'introduction de consignes explicites en phase test, afin d'établir si la robustesse des performances face à l'âge pouvait être compromise par l'intrusion d'influences conscientes (Expérience 2). Ces deux situations ont ensuite été transposées chez des enfants présentant un retard mental. Ainsi, nous avons pu observer si la nature hautement implicite de la tâche garantissait la préservation des performances d'apprentissage en dépit d'un profil cognitif

déficitaire (Expérience 3), et examiner dans quelle mesure des contaminations explicites altéraient les performances de ces sujets (Expérience 4). Pour terminer, il convenait de se doter d'une situation appropriée à l'investigation du rôle de la saillance et de la fréquence statistique dans l'appréhension du matériel d'étude, à travers la segmentation des primitives perceptives de base et la formation de chunks (Expérience 5).

Nous commencerons par définir le cadre théorique nécessaire à la compréhension des questions qui ont motivé les travaux menés dans cette thèse. Puis, nous présenterons successivement les 5 études que nous avons préalablement énoncées. Les principaux résultats et leurs implications théoriques seront discutés, notamment au regard des principaux modèles théoriques de l'apprentissage implicite, de la robustesse des processus implicites face à l'âge et au retard mental, ainsi que de l'appréhension du matériel et de la formation de la connaissance. Pour terminer, nous proposerons des pistes de travail et nous examinerons dans quelle mesure il est nécessaire de faire converger les différents modèles théoriques vers une conception hybride et adaptative de l'apprentissage implicite.

**Introduction:**

Dans un premier temps, la notion d'apprentissage implicite (AI) sera définie, puis discriminée des phénomènes de mémoire implicite et d'apprentissage explicite, avant d'examiner la distinction entre processus automatiques et contrôlés et de préciser l'implication de l'attention dans l'apprentissage implicite. Dans une seconde partie, nous aborderons les paradigmes expérimentaux permettant d'appréhender les capacités d'apprentissage implicite, leurs défauts méthodologiques et les moyens proposés pour y remédier. La section suivante sera consacrée aux principales interprétations théoriques qui ont émergé. Nous considérerons ensuite la robustesse des processus implicites face au développement, au retard mental, et à divers troubles d'origine neuropsychologique affectant les capacités mnésiques. Pour finir, un aperçu de la littérature concernant l'apprentissage de grammaires artificielles nous permettra d'introduire notre problématique au regard du cadre théorique préalablement dressé et des questions qu'il suscite.

**1. Comment définir la notion d'apprentissage implicite?**

Perruchet et Nicolas (1998) soulignent le fait que l'origine "morcelée" du domaine d'étude de l'apprentissage implicite participe à la difficulté que l'on peut éprouver à définir précisément cette notion. En effet, rassembler au sein d'une même problématique (Reber, 1989a), l'apprentissage de grammaires à états finis (Reber, 1967), le contrôle de systèmes complexes (Broadbent, 1977), et l'acquisition d'habiletés sensori-motrices (Nissen & Bullemer, 1987), impliquent une hétérogénéité des situations expérimentales, sollicitant probablement des processus de natures différentes. Aussi, nous comprenons mieux l'émergence de plusieurs définitions de la notion d'apprentissage implicite, qui diffèrent notamment sur la nature des processus impliqués.

**1.1. Plusieurs définitions de l'apprentissage implicite.**

La littérature propose de nombreuses définitions de l'apprentissage implicite, confrontées au sein d'ouvrages entièrement dédiés à ce domaine d'étude (e.g., Berry & Dienes, 1993; Meulemans, 1998a; Stadler & Frensch, 1998). Stadler et Frensch (1998, p.50) ont entrepris de répertorier quelques unes des définitions les plus connues. Stadler distingue les conceptions où le processus d'acquisition et l'accès à la connaissance sont tous deux considérés comme implicites (e.g., Cleeremans & Jiménez, 1996; Seger, 1994, Shanks & St. John, 1994). C'est le cas, par exemple, de Reber (1993, p.12), pour qui l'acquisition et la base de connaissance qui en résulte seraient "tout à fait indépendantes de la conscience", ou de Lewicki, Czyzewska et Hoffmann (1987, p.523), pour qui "les sujets sont capables d'acquérir une connaissance spécifique mais ne sont pas capables de l'exprimer et ne sont pas conscients d'avoir appris quelque chose". En revanche, comme en témoigne la définition de Dulany (1997, p.189), selon laquelle "l'apprentissage implicite consisterait en l'établissement et l'utilisation de relations entre des contenus non propositionnels mais entièrement conscients", la nature de la

connaissance acquise n'est pas toujours décrite comme implicite (voir aussi Perruchet & Vinter, 1998a), ni même considérée (Buchner & Wippich, 1998; Stadler & Frensch, 1994, p.423).

Par ailleurs, ce qui est entendu par la notion d'implicite diffère entre les définitions. Pour certaines, le terme d'implicite est synonyme d'inconscient (Berry & Broadbent, 1988, p.251; Lewicki et al., 1987; Reber, 1993; Shanks & St. John, 1994) tandis que pour d'autres, il réfère davantage à des processus non intentionnels ou automatiques (Cleeremans & Jiménez, 1996; Perruchet & Vinter, 1998a, p.496), ou encore incidents (Seger, 1994).

Dans le cadre de cette thèse, nous nous sommes référés à la définition proposée par Perruchet et Vinter (1998a, p.496). Selon eux, "l'apprentissage désigne un mode adaptatif par lequel le comportement des sujets se montre sensible aux caractéristiques structurales d'une situation à laquelle ils ont été préalablement exposés, sans que l'adaptation qui en résulte soit due à une exploitation intentionnelle de la connaissance explicite des sujets concernant ces caractéristiques". Ici, l'adaptation comportementale résulte d'une sensibilité aux régularités structurelles de la situation à travers l'action de processus inconscients. A bien des égards, les termes dans lesquels cette conception de l'AI est formulée semblent être moins soumis à controverse. Tout d'abord, l'absence d'exploitation intentionnelle rapproche la façon de conceptualiser la notion d'"implicite" dans les domaines de l'apprentissage et de la mémoire implicites, cette dernière étant généralement définie par le rappel non intentionnel d'une connaissance antérieure. De plus, ce terme évite d'utiliser celui d'inconscient autrement que pour qualifier les processus associatifs. En effet, on conçoit aisément que des processus associatifs de base puissent opérer en dehors d'un contrôle conscient, puisqu'ils sont décrits chez les animaux. Par ailleurs, Perruchet et Vinter (1998a) ne considèrent pas l'absence de connaissance explicite comme un critère déterminant de l'apprentissage implicite, évitant ainsi de se confronter au débat concernant la nature implicite de la connaissance (e.g., Shanks & St. John, 1994).

La connaissance acquise étant parfois assumée comme étant explicite, il convient de préciser ce qui distingue l'apprentissage implicite de *l'apprentissage explicite*. Avant cela, les phénomènes d'apprentissage et de *mémoire implicites* seront différenciés, puisque le caractère non intentionnel de l'exploitation de la connaissance caractérise ces deux domaines. Enfin, le caractère non intentionnel sur lequel l'accent est mis dans la définition de Perruchet et Vinter (1998a) comporte certains critères décrits dans le cadre de l'automatisme (Hasher & Zacks, 1979, 1984). Aussi, il convient donc de qualifier *les processus automatiques et contrôlés*, et le lien entre apprentissage implicite et *attention*.

## **1.2. Apprentissage implicite et mémoire implicite.**

On peut suggérer que l'apprentissage implicite s'intéresse davantage, mais non exclusivement, à l'acquisition de la connaissance, tandis que le terme de mémoire concerne principalement des mécanismes de rétention et de récupération. Selon Ceccaldi, Clarke et Meulemans (2008), les notions d'apprentissage et de mémoire implicites correspondent respectivement au fait "que nous sommes sensibles, sans nous en apercevoir, aux régularités du monde qui nous entoure, que nous sommes

capables d'apprendre des relations statistiques et probabilistes qui fondent l'organisation de la structure du monde environnant", et au fait de "pouvoir accéder à notre insu à des informations apprises antérieurement".

Reber (1993) s'interroge sur l'indépendance entre l'étude de l'apprentissage implicite et celle de la mémoire implicite, alors que ces domaines sont interconnectés du fait que: "il ne peut y avoir d'apprentissage sans capacité mémorielle... et réciproquement, il ne peut y avoir de mémoire d'informations en l'absence d'acquisition". Bien qu'il reconnaisse avoir contribué à la séparation de ces deux domaines, Reber se félicite de l'émergence de travaux les réunissant (e.g., Roediger, 1990; Nissen, Willingham, & Hartman, 1989; Knowlton, Ramus, & Squire, 1992). Meulemans (1998a, p.17) reconnaît également qu'il est probablement difficile de délimiter clairement la frontière entre mémoire implicite et apprentissage implicite, au regard des caractéristiques communes à ces deux phénomènes selon Berry et Dienes (1991) (robustesse, indépendance aux mécanismes explicites, bon maintien dans le temps, dépendance aux caractéristiques de surface, et aux variations du type de traitement effectué en phase d'étude). Il émet néanmoins un argument de distinction basé sur la possible implication de processus d'abstraction et d'effets du type de traitement réalisé en phase d'étude dans le cas de l'apprentissage implicite. Seger (1994) propose d'autres distinctions entre ces deux phénomènes. En effet, il semble qu'il existe une différence (quantitative) concernant les traitements réalisés lors des tâches d'apprentissage et de mémoire (Seger, 1994). Dans le premier cas, la phase d'étude fournit une exposition répétée à des stimuli multiples, tandis que dans la tâche prototypique d'amorçage, l'exposition consiste à présenter des stimuli uniques. Enfin, le matériel ne présente rien de connu du sujet dans les tâches d'apprentissage implicite, contrairement aux tâches de mémoire implicite (Reber, 1993), et dans ces dernières, aucun lien n'est explicitement fait entre la phase d'étude et la phase test, tandis que ça peut être parfois le cas dans les tâches d'apprentissage (Seger, 1994).

Ainsi, les caractéristiques des situations que nous proposerons dans ce travail s'inscrivent davantage dans les spécificités des tâches d'apprentissage implicite, que nous venons de distinguer de celles des tâches de mémoire. De ce fait, nous interprèterons plutôt les résultats en termes d'apprentissage implicite.

### **1.3. Apprentissage implicite et apprentissage explicite.**

Seger (1994) définit l'apprentissage implicite en partie par opposition à l'apprentissage explicite, à travers notamment l'absence d'intervention de processus conscients de testing d'hypothèse et le fait que des capacités d'apprentissage implicite sont préservées chez des patients amnésiques (e.g., Nissen et al., 1989), présentant pourtant une altération de la mémoire épisodique, donc explicite. En effet, une certaine robustesse caractérise les processus implicites, alors que les performances aux tâches explicites seraient sensibles aux effets d'âge, voire au vieillissement (Howard & Howard, 1992), au retard mental (e.g., Atwell, Conners, & Merrill, 2003), aux troubles neuropsychologiques affectant les capacités mnésiques explicites (e.g., Abrams & Reber, 1988; Nissen et al., 1989), et de

manière générale aux différences individuelles (Reber, Walkenfeld, & Hernstadt, 1991). Etant donné la robustesse générale des processus implicites face à toutes sortes de variables, nous consacrerons une section de l'introduction spécifiquement à cette question.

Cette robustesse s'expliquerait par l'antériorité des processus implicites sur les processus explicites (Reber, 1993), défendue par divers arguments "évolutionnistes" en faveur d'une dissociation entre processus explicites et implicites (Reber & Allen, 2000; Reber, Allen, & Reber, 1999). La primauté des processus implicites conférerait également une certaine précocité aux capacités d'apprentissage implicite, qui ressort effectivement de certains travaux (e.g., Rovee-Collier, 1990; Perruchet & Vinter, 2000; Saffran, Johnson, Aslin, & Newport, 1999). Une autre forme de robustesse a été rapportée concernant les capacités de maintien de l'information, puisqu'il apparaît que la trace mnésique implicite perdure dans le temps, alors que celle résultant d'une acquisition explicite décline et devient inaccessible (Allen & Reber, 1980; Mathews, Buss, Stanley, Blanchard-Fields, Cho, & Druhan, 1989; Nissen et al., 1989). Toutefois, la connaissance acquise implicitement est moins accessible verbalement et donc moins manipulable que les connaissances explicites d'une situation. En revanche, la connaissance implicitement acquise n'en demeure pas pour autant complètement "non adaptative" à en croire les phénomènes de transfert caractéristiques de l'apprentissage implicite (e.g., Berry & Dienes, 1993; Reber, 1989a).

#### **1.4. Processus automatiques et contrôlés: le rôle de l'attention.**

Puisque les processus automatiques ont été redéfinis en termes d'absence d'intentionnalité (Hasher & Zacks, 1979, 1984) et que les traitements non intentionnels qualifient en partie la définition de l'apprentissage implicite que nous avons décidé d'adopter (Perruchet & Vinter, 1998a), il convient de préciser la distinction qui est classiquement proposée entre processus automatiques et contrôlés (Schneider & Shiffrin, 1977). Selon les théories de l'automatisme (Schneider & Shiffrin, 1977, 1985; Logan, 1988), un traitement automatique de l'information, sans attention, s'oppose à un mode de traitement contrôlé, faisant intervenir l'attention. Le premier type de traitement donnerait lieu à des capacités "illimitées" et stables, tandis que le second conduirait à des capacités limitées et flexibles. Dans l'objectif de clarifier une terminologie prêtant à confusion, Perruchet (1988, p. 82) propose "d'utiliser de façon équivalente les termes conscient et attentionnel, pour les opposer à inconscient et automatique. Par contre, l'opposition ici désignée doit être soigneusement distinguée de celle qui concerne l'intention d'apprendre, à laquelle il convient de se référer par les termes d'intentionnel et d'incident".

Comme le fait remarquer Meulemans (1998a, p. 18), certaines caractéristiques des processus automatiques se retrouvent dans des situations d'apprentissage implicite. Le principe selon lequel les processus automatiques ne requièrent pas d'attention (Schneider & Shiffrin, 1977) et les postulats avancés par Reber (1993) ont certainement participé au fait que l'on suggère une implication des processus automatiques dans les mécanismes impliqués en situation d'apprentissage implicite (e.g.,

Cleeremans & Jiménez, 1998; Frensch, 1998; Perruchet & Gallego, 1997). Pourtant, des effets d'interférence ont été mis en évidence suite à l'introduction d'une tâche secondaire pendant la phase d'apprentissage (Dienes, Altman, Kwan, & Goode, 1995; Dienes, Broadbent, & Berry, 1991). Toutefois, ces effets ont été attribués à des "intrusions" explicites dans la mesure de l'apprentissage implicite (Curran & Keele, 1993; Jiménez, Méndez, & Cleeremans, 1996a, 1996b) ou à d'autres effets propres à la situation de double tâche (Stadler, 1995). Selon Stadler (1995), le maintien des performances en situation de double tâche ne signifierait pas forcément une absence d'attention lors de l'apprentissage, car rien ne garantit que la tâche secondaire capture toutes les ressources attentionnelles disponibles. En effet, l'apprentissage implicite de séquences par exemple peut avoir lieu s'il reste suffisamment d'attention à allouer à l'encodage de la séquence (Hsiao & Reber, 1998). Perruchet (2008, p. 610) a listé des études récentes dans lesquelles "des covariations et régularités simples ne peuvent être correctement apprises sans un minimum d'implication attentionnelle" (e.g., Jiménez & Méndez, 1999; Hoffmann & Sebal, 2005; Pacton & Perruchet, 2008; Rowland & Shanks, 2006).

En partant de la distinction que font Johnston et Dark (1986) entre deux manières d'envisager l'attention, comme "effort mental" et "traitement sélectif", Jiménez et Méndez (1999) ont montré que si la division de l'attention n'affecte pratiquement pas les capacités d'apprentissage implicite, l'attention sélective reste nécessaire. Dans une étude sur l'encodage incident des couleurs des objets et des vêtements (Patel, Blades, & Andrade, 2002), les résultats suggèrent la nécessité que l'attention soit dirigée sur l'objet contenant l'information pour que celle-ci fasse l'objet d'un encodage automatique. Ainsi, le codage résulterait de processus associatifs indépendants de la charge attentionnelle mais nécessitant cependant la présence simultanée des informations à encoder en mémoire de travail (Jiménez & Méndez, 1999), ou leur traitement conjoint dans le focus attentionnel (Perruchet & Vinter, 1998a, 1998b, 2002). S'il est communément admis que l'attention est nécessaire à l'apprentissage (e.g., Reber, 1989a, 1993; Perruchet, 2008), certains auteurs postulent que l'apprentissage implicite serait la conséquence automatique de l'attention sélective (Perruchet & Vinter, 2002; Whittlesea & Dorken, 1993; Tanaka, Kiyokawa, Yamada, Dienes, & Shigemasa, 2008).

Compte tenu des éléments qui permettent de distinguer l'apprentissage implicite des divers domaines que nous venons de présenter, son étude a donc nécessité la création de situations expérimentales originales.

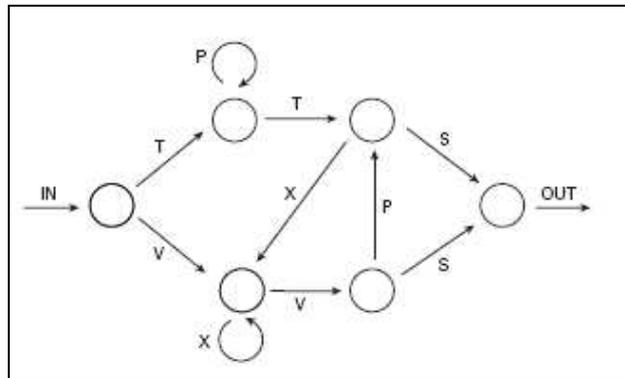
## **2. Comment tester les capacités d'apprentissage implicite?**

La plupart des études conduites dans le domaine de l'apprentissage implicite ont été menées en laboratoire, et auprès de populations adultes. Un des paradigmes prototypiques utilisés est celui de l'apprentissage de grammaires artificielles (GA, Reber, 1967), auquel nous nous intéresserons tout particulièrement. En effet, ce paradigme sera employé dans les 5 expériences qui composent ce travail de recherche. Néanmoins, nous devons aborder brièvement trois autres situations expérimentales

classiquement employées dans l'étude de l'apprentissage implicite et que nous serons amenés à évoquer plus tard: les tâches de temps de réaction sériel (Nissen & Bullemer, 1987), les tâches de covariations incidentes (Lewicki, 1986) et les tâches de contrôle de systèmes dynamiques (Berry & Broadbent, 1984).

### 2.1. L'apprentissage de grammaires artificielles (GA).

Reber (1967) est à l'origine de ce paradigme, dans la poursuite des travaux de Chomsky et Miller (1958) dans le cadre de l'apprentissage des langues maternelles (pour plus de détails, voir Nicolas, 1996). Dans la phase d'étude, les participants sont exposés à un ensemble de séquences grammaticales générées par une grammaire à état fini, définissant les règles transitionnelles entre les différents éléments, par exemple, des consonnes écrites (voir Figure 1).



**Figure 1.** Exemple de grammaire artificielle utilisée par Reber (1967) et permettant de générer des séquences de consonnes dites «grammaticales». Les règles transitionnelles sont déterminées par les enchaînements autorisés par cette grammaire et symbolisés par les flèches. Les séquences grammaticales suivent ces flèches depuis l'entrée (IN) jusqu'à la sortie (OUT) (par exemple: TPPTS, VXVPS). Les flèches bouclées indiquent que la consonne qui y ait associée peut être potentiellement répétée autant de fois qu'on le souhaite. A l'inverse, des séquences non grammaticales consisteraient à violer une ou plusieurs des règles transitionnelles définies par la grammaire (par exemple: XPPTS, VXPS).

Le caractère implicite de l'apprentissage réside dans le fait que les participants ignorent l'existence de la grammaire durant la phase d'étude. Par exemple, dans le paradigme original, on demande simplement aux sujets de mémoriser une liste de séquences issues de la grammaire. Lors de la phase test, ils sont informés de l'existence de règles déterminant la constitution des séries et sont invités à discriminer des nouvelles séquences grammaticales (e.g., des séquences grammaticales non vues en phase d'apprentissage) de séquences non grammaticales (e.g., des séquences qui violent une ou plusieurs règles). Les résultats montrent que les participants reconnaissent les séquences grammaticales à un niveau supérieur au hasard, comme s'ils avaient découvert les règles de la grammaire, en dépit du fait qu'ils sont incapables de verbaliser quoique ce soit à propos de ces règles.

Pour amener ce paradigme à la portée de l'enfant, les lettres peuvent être remplacées par des symboles ou des couleurs et on peut faire reproduire les séquences à l'enfant, puis en phase test, lui faire reconnaître celles-ci parmi d'autres jamais vues. L'apprentissage de grammaire artificielle demeure à ce jour l'un des paradigmes les plus utilisés dans ce champ d'étude. Toutefois, d'autres situations expérimentales ont été proposées.

## **2.2. Autres paradigmes classiques.**

### **2.2.1. Le paradigme de temps de réaction sériel.**

Le paradigme de temps de réaction sériel (TRS: Nissen & Bullemer, 1987) ou appelé apprentissage de séquences répétées, consiste à faire croire au sujet qu'il participe à une tâche de temps de réaction plutôt que d'apprentissage. Généralement, on demande aux participants de réagir le plus vite possible à l'apparition de stimuli à différentes positions sur un écran partagé en 4 quadrants, en appuyant sur des touches correspondant aux 4 emplacements possibles. Pour le groupe expérimental, l'ordre d'apparition des stimuli suit une règle qui se répète tout au long de l'expérience. A mesure de la passation, les sujets sont censés apprendre implicitement cette règle et faire ainsi diminuer leurs temps de réaction davantage que les sujets du groupe contrôle, pour qui la séquence d'apparition est complètement aléatoire.

### **2.2.2. Le paradigme de covariation incidente.**

Le paradigme de covariation incidente (Lewicki, 1986) se différencie principalement des tâches de TRS par la complexité des situations qu'elles font intervenir. Les participants doivent déterminer l'emplacement d'une cible régi par des règles de covariations. Par exemple, dans la tâche utilisée par Fletcher, Maybery, et Bennett (2000), les sujets doivent localiser l'image cible (une maison) à l'intérieur d'une matrice, dont la position dépend à la fois du comportement adopté par l'expérimentateur (approcher par la droite ou la gauche) et de la couleur du dispositif (bleu ou rouge). En phase test, la sensibilité aux covariations acquise durant la phase d'exposition doit permettre au sujet de deviner, au-delà du hasard, l'emplacement de la cible à l'intérieur d'une matrice où les images sont recouvertes par des encarts.

### **2.2.3. Le paradigme de contrôle de systèmes dynamiques.**

Le paradigme de contrôle de systèmes dynamiques (CSD, Berry & Broadbent, 1984) consiste à faire apprendre aux participants à contrôler un environnement simulé par ordinateur, gouverné par une équation inconnue des sujets. Pour cela, ils doivent agir sur des variables de la situation afin d'atteindre le but fixé par l'expérimentateur. Par exemple, une des situations proposées par Berry et Broadbent (1984), consiste à maintenir une production de 9000 tonnes de sucre par jour dans une usine dont on peut faire varier le nombre d'ouvriers. Au fur et à mesure que cette variable est manipulée, la production varie. On observe généralement que la capacité des sujets à contrôler le

système augmente avec la pratique bien qu'ils soient incapables de répondre précisément aux questions évaluant leurs connaissances explicites sur ce système.

### **2.3. Les critiques à l'encontre des paradigmes classiques.**

Afin de mettre en évidence un effet d'apprentissage implicite, il est indispensable de s'assurer de la nature inconsciente des traitements qui opèrent chez le sujet. S'il est admis que cela est difficile (Jacoby, 1991), il semble que ce soit en partie dû au fait que les paradigmes classiques comportent des défauts. Le premier défaut réside dans le fait que les influences que l'on pourrait attendre de connaissances explicites auraient exactement les mêmes effets sur le comportement que ceux induits par des influences inconscientes (Meulemans, 1998a; Vinter & Perruchet, 1999). Le second problème concerne le fait que les influences inconscientes sont généralement évaluées d'après un changement comportemental qui a nécessité une centration explicite (Vinter & Perruchet, 1999). Pour illustrer cela à travers le paradigme de grammaire artificielle, la performance attendue, que l'abstraction des règles qui régissent la grammaire soit consciente ou inconsciente, correspondrait à un jugement de grammaticalité correct. De plus, on demande explicitement au sujet d'émettre un jugement de grammaticalité ou de préférence, alors que ces mêmes éléments pertinents servent à mesurer les influences inconscientes.

Une des difficultés majeures à rendre compte de la nature inconsciente des traitements ayant été mise en évidence, les paradigmes doivent dorénavant répondre aux exigences d'une étude sur les processus implicites. La nécessité de dissocier les influences conscientes et inconscientes au sein des tâches d'apprentissage a donc mené à l'établissement de différentes procédures.

### **2.4. Dissocier les connaissances conscientes et inconscientes.**

Comme nous avons pu l'observer à travers les différentes définitions de la notion d'apprentissage implicite, la plupart d'entre elles attribue un statut inconscient à la connaissance acquise, tandis que pour d'autres, la connaissance est décrite comme explicite. Reber (1989b) a proposé que la nature implicite de la connaissance soit démontrée par davantage de connaissances résultant de la mesure implicite plutôt que de la mesure explicite, laquelle pourrait même être envisagée comme nulle. Toutefois, certains auteurs s'accordent sur le fait qu'il apparaît illusoire d'apprendre en l'absence totale de connaissances conscientes quelle que soit la situation (Meulemans, 1998a; Perruchet, 2008).

Des travaux ont toutefois cherché à dissocier les connaissances conscientes et inconscientes. Dans la poursuite de cet objectif, Jacoby a proposé la procédure de dissociation des processus (Jacoby, 1991, 1998; Jacoby, Toth, & Yonelinas, 1993) qui a pour but de mesurer séparément les contributions de processus contrôlés (conscients) et celles de processus automatiques (inconscients) pour une même tâche. Pour cela, deux conditions test sont opposées. L'une dite d'inclusion correspond à un test explicite de mémoire pour lequel la performance peut s'expliquer par la somme de connaissances

explicites et implicites. L'autre dite d'exclusion consiste à demander aux sujets de ne pas donner comme réponses des items déjà étudiés. Les items déjà vus donnés malgré cette consigne reflèteraient l'influence automatique et inconsciente de la mémoire. La contribution consciente est donc obtenue par la différence entre les performances à la tâche d'inclusion et celle d'exclusion, alors que la contribution inconsciente est mesurée par la tâche d'exclusion et comparée à une mesure de référence appropriée. Les résultats initiaux montrent des performances indépendantes du type d'instructions et une production d'items déjà vus relativement importante pour la tâche d'exclusion. Toutefois, d'autres travaux ne reproduisent pas ce pattern de résultats et montrent une production de séquences d'entraînement plus importante dans la tâche d'inclusion que dans la tâche d'exclusion (e.g., Wilkinson & Shanks, 2004).

La méthode généralement employée consiste donc à ajouter une mesure explicite à la mesure implicite consécutive à la phase d'étude. On peut également citer les tâches d'évocations verbales. Dans certains cas, les évocations verbales n'ont pas rapportées de connaissances conscientes des règles régissant la situation (e.g., Czyzewska, Hill, & Lewicki, 1991; Lewicki, Hill, & Czyzewska, 1992; Frick & Lee, 1995; Reber, 1967; Seger, 1994), alors que dans d'autres études, des rapports verbaux témoignent d'une connaissance conscience relative, par exemple, à la présence de certains bigrammes et trigrammes dans le cas d'apprentissage de GA (Mathews et al., 1989; Meulemans & Van der Linden, 1997a, Reber & Allen, 1978). Perruchet et Pacteau (1990) proposent d'expliquer l'absence de connaissance consciente au sein des rapports verbaux, par le fait que l'on interroge souvent les sujets en évoquant un format de connaissances, les règles par exemple, qui ne sont pas utilisées lors de la tâche. En effet, une autre forme de connaissances, des bigrammes ou trigrammes par exemple, permettraient néanmoins de produire des comportements adaptés à la tâche de jugement de grammaticalité (Perruchet, 1994; Perruchet & Amorim, 1992; Perruchet & Pacteau, 1990, 1991). Pour résoudre ce problème, Shanks et St. John (1994) ont proposé que, pour être recevables, les mesures de connaissances explicites doivent satisfaire aux critères *d'information* et de *sensibilité*. Selon le premier, la connaissance induisant la performance au test explicite doit également rendre compte de la performance à la tâche implicite. Le second critère stipule que la mesure doit pouvoir rendre compte de toute la connaissance consciente pertinente. Ainsi, lorsque les études engagent des mesures explicites sensibles à la connaissance acquise (e.g., Perruchet & Pacteau, 1990; Meulemans & Van der Linden, 1997a), celle-ci serait accessible à la conscience.

D'autres biais ont participé à minimiser la nature explicite de la connaissance. Généralement, le test explicite est administré après la tâche d'apprentissage implicite. Dans une étude employant ce type de procédure, Destrebecqz et Cleeremans (2001), rapportent des performances à la tâche explicite correspondant au hasard. En revanche, en administrant simultanément les deux types de tests, Shanks, Wilkinson et Channon (2003) ont mis en évidence de bonnes performances au test explicite, comparables à celle obtenues au test implicite. Ainsi, l'administration tardive des tests explicites fournirait une mesure faussée de la connaissance explicite sensible au phénomène d'oubli.

Perruchet (2008) convient que les contrôles apportés aux procédures de dissociation ne permettent pas d'attester d'une absence de connaissances conscientes. L'absence de tests "purs" quant aux connaissances qu'ils mesurent rend la tâche vaine, que ce soit pour établir clairement l'absence de connaissances conscientes ou inconscientes. Puisque la nature de la connaissance acquise sera de par ce fait à jamais controversée, l'absence d'intentionnalité apparaît comme un critère d'autant plus déterminant pour définir les situations d'apprentissage implicite, que l'on devrait, par conséquent, qualifier plus justement d'apprentissage incident. Il semble donc dorénavant important de se focaliser sur des procédures visant à limiter l'exploitation intentionnelle de connaissances conscientes, fatalement présentes au sein de toutes situations que l'on pourrait proposer aux sujets. Dans la poursuite de cet objectif, Vinter et Perruchet (1999) ont proposé la "Neutral Parameter Procedure" (NPP).

### **2.5. Les critères de neutralité de la NPP.**

Lorsqu'on cherche à mesurer l'adaptation comportementale à une situation d'apprentissage implicite, il convient de s'assurer que les performances ne résultent pas d'une exploitation intentionnelle de la connaissance acquise par le sujet. Vinter et Perruchet (1999) ont donc proposé de limiter les contaminations explicites durant les tâches d'apprentissage. Pour ce faire, la "Neutral Parameter Procedure" (NPP) contraint les situations expérimentales au respect des deux critères de neutralité suivants:

- "le critère de neutralité des consignes de la tâche", selon lequel les consignes doivent être centrées sur un aspect comportemental différent de celui servant à évaluer l'apprentissage de la tâche.
- "le critère de neutralité du comportement mesuré", nécessitant que le comportement que l'on cherche à obtenir par influences inconscientes, soit différent de celui que le sujet cherche à atteindre consciemment.

En appliquant les principes de la NPP, Vinter et Perruchet (1999, 2000) ont mis en évidence un apprentissage implicite chez des enfants âgés de 4 à 10 ans, ainsi que chez l'adulte, lors d'une tâche graphique de traçage. Néanmoins, cette tâche basée sur la présence d'un principe grapho-moteur appelé le "Starting Rotation Principle" (SRP, Van Sommers, 1984) fait appel à des facultés motrices particulières intervenant dans l'exercice du tracé de formes géométriques. Par conséquent, l'effet d'apprentissage observé pourrait être spécifique aux caractéristiques grapho-motrices à cette tâche.

Pour cette raison, nous tenterons d'appliquer les critères de la NPP à un paradigme classiquement employé dans l'étude de l'apprentissage implicite, le paradigme de grammaire artificielle (GA). De cette manière, nous tenterons de satisfaire, à la fois, aux critiques à l'encontre des paradigmes classiques et de la particularité de la tâche utilisée par Vinter et Perruchet (1999, 2000). La nature hautement implicite de la situation d'apprentissage et le recours à un aspect comportemental moins spécifique devraient permettre une meilleure généralisation de nos résultats à l'ensemble des processus implicites.

### 3. Les principaux modèles théoriques de l'apprentissage implicite.

Récemment, Pothos (2005, 2007) a précisé que parmi les théories de l'apprentissage implicite qui ont émergé depuis une quarantaine d'années, on peut raisonnablement distinguer et regrouper ces différentes positions selon la forme de la connaissance, le statut explicite ou implicite de la connaissance acquise, et relativement à ces critères, aux concepts de règles, de similarité ou d'apprentissage associatif. Ainsi, parmi les conceptions que Pothos (2007) a considérées au regard de l'apprentissage de grammaire artificielle, nous nous intéresserons à quatre des principaux modèles théoriques représentatifs de la diversité des explications qui tentent de rendre compte des capacités d'apprentissage implicite.

#### 3.1. La position abstractionniste.

Cette première position est défendue par Reber (1967, 1989a), et d'après elle, l'apprentissage implicite s'explique par un processus inconscient d'abstraction des règles qui régissent la situation. Face à un matériel structuré, mais dont les règles sont trop complexes pour être découvertes par la mise en œuvre de stratégies conscientes, les sujets pourraient extraire ces règles de manière inconsciente lors d'une exposition répétée aux régularités de l'environnement. Reber (1967) observe que les sujets peuvent juger de la grammaticalité de nouvelles chaînes de caractères, bien au-delà du hasard (77%), ce qui selon lui atteste d'une abstraction des caractéristiques structurales profondes de la grammaire et non des caractéristiques superficielles du matériel. Les performances de transfert observées d'abord par Reber (1969), puis largement répliquées (e.g., Altmann, Dienes, & Goode, 1995; Brooks & Vokey, 1991; Dienes & Altmann, 1997; Gomez & Schvaneveldt, 1994; Mathews et al., 1989; Tunney & Altmann, 1999) confirment l'idée d'abstraction de règles. En effet, les sujets parviennent à discriminer les stimuli grammaticaux, même si les symboles utilisés en phase de test sont différents de ceux de la phase d'apprentissage, du moment que la structure syntaxique du matériel est respectée. Toutefois, des interprétations alternatives des phénomènes de transfert ont également été proposées (e.g., Brooks & Vokey, 1991; Dienes, Altmann, & Gao, 1999; Tunney & Altmann, 2001). Dans une étude où les participants devaient réarranger des anagrammes, au lieu de la traditionnelle tâche de jugement de grammaticalité, Reber et Lewis (1977) ont observé que la fréquence de production de bigrammes grammaticaux en phase test était corrélée à l'ensemble des items grammaticaux et non à ceux vus en apprentissage. Si ces résultats confortent l'apprentissage de la structure grammaticale plutôt que des caractéristiques de surface des items, des critiques méthodologiques relativiseront par la suite ces interprétations (Perruchet, Gallego & Pacteau, 1992).

#### 3.2. La position exemplariste.

Cette position proposée par Brooks (1978) s'oppose à la position défendue par Reber. Il n'y aurait pas d'abstraction de la règle, mais mémorisation d'items entiers pendant la phase d'étude. Lors

de la phase test, les sujets procéderaient à une comparaison entre les items présentés et ceux stockés en mémoire. Le jugement de grammaticalité serait en fait basé sur le degré de similarité entre les exemplaires de la phase d'étude et ceux présentés en phase test (Brooks & Vokey, 1991; Vokey & Brooks, 1992, 1994), la similarité étant définie par le nombre d'éléments qu'ils partagent en commun. C'est en fait cette comparaison qui guiderait la décision de grammaticalité. D'autres résultats attestent que les jugements seraient basés à la fois sur la grammaticalité et la similarité des items tests (McAndrews & Moscovitch, 1985). Toutefois, l'idée de mémorisation d'items entiers semble poser problème en termes de ressources attentionnelles dans ce type de tâche. C'est ce qui a conduit à la principale critique et à l'émergence d'une troisième position assez proche.

### **3.3. La position fragmentariste.**

Perruchet (1994) s'oppose à l'idée de mémorisation d'items entiers et d'autant plus à l'idée d'abstraction de règles, et propose que le sujet mémorise uniquement des fragments des items, appelés "chunks" (bigrammes, trigrammes), qui suffisent à contenir les principales règles structurant le matériel. Plusieurs arguments convergent vers une segmentation du matériel pendant la phase d'entraînement. Tout d'abord, les rapports verbaux des participants après la phase d'apprentissage font généralement allusion à des bigrammes et trigrammes appartenant aux séquences d'études (Mathews et al., 1989; Meulemans & Van der Linden, 1997a; Reber & Allen, 1978). Ensuite, Servan-Schreiber et Anderson (1990) ont rapporté que les participants à qui on demande d'écrire les items pendant la phase d'étude ont tendance à former spontanément des sous-groupes de lettres. Plus récemment, Tunney (2005, 2010) conclut que si le jugement de grammaticalité et le degré de confiance sont bien fondés sur une comparaison explicite avec les représentations épisodiques des items d'entraînement, en accord avec le principe de similarité, cette dernière reposerait sur des informations structurales simples, telles que les débuts et fins de séquences et les patterns de répétitions.

Ainsi, plusieurs études rendent compte de résultats donnant l'impression d'un apprentissage de règles ou d'items entiers en avançant des arguments fragmentaristes (e.g., Perruchet, 1994; Perruchet & Pacteau, 1990; Perruchet et al. 1992). Une position proposant la mémorisation de fragments, ou chunks, plutôt que de règles complexes ou d'exemplaires, semble effectivement plus parcimonieuse. Toutefois, cela pose la question de la nature implicite des apprentissages, puisque certains éléments sont explicitement évoqués.

Une dernière position, l'apprentissage associatif (Perruchet & Vinter, 1998a, 1998b, 2002) semble mieux rendre compte de ce paradoxe.

### **3.4. L'apprentissage associatif.**

Dans cette approche proposée par Perruchet et Vinter (1998a, 1998b, 2002), l'apprentissage implicite serait expliqué par la mise en œuvre de traitements associatifs inconscients. Le sujet segmenterait le matériel en petites unités composées d'éléments primitifs, ceci sur la base de

perceptions et représentations conscientes. Ce "parsing" serait dû à des traitements non intentionnels, automatiquement déclenchés par la présence d'unités dans un même focus attentionnel, comme en rend compte le modèle "Parser" décrit par Perruchet et Vinter (1998b) dans le cadre de l'apprentissage d'un langage artificiel. D'après ce modèle, les propriétés perceptives du matériel participent à la formation d'unités représentationnelles, qui à leur tour guident la perception. Ainsi, les unités sensorielles intériorisées en représentations, forment des unités subjectives, rendant compte de la structure du matériel. Les traitements associatifs inconscients modifient la perception et la représentation consciente du sujet à l'égard de son environnement, ce qui est responsable de son adaptation et donc de ses performances. Ici, c'est donc la nature des traitements (associatifs) qui est considérée comme inconsciente et non celle de la connaissance acquise elle-même. Ceci permet d'expliquer la part d'explicite qui ressort de certaines études.

Dans la poursuite de la notion d'apprentissage associatif, Perruchet et Vinter (2002) ont cherché à expliquer "pourquoi l'expérience phénoménale des personnes adultes consistent en des perceptions et représentations du monde qui sont généralement isomorphes à la structure du monde, sans avoir besoin de recourir à un puissant inconscient cognitif" (p. 297). A travers le concept de conscience auto-organisatrice (Self-Organizing Consciousness "SOC", Perruchet & Vinter, 2002), ces auteurs ont proposé que l'isomorphisme des représentations résulte d'une organisation progressive qui émerge de la mise en œuvre de processus associatifs élémentaires qui opèrent sur la base des représentations conscientes du monde. A l'aide de ce concept, il est possible de rendre compte d'adaptations comportementales à des situations régies par des règles, même complexes, sans avoir toutefois recours à une connaissance de ces règles sous une forme inconsciente et hautement sophistiquée. Ici, ce sont les représentations conscientes qui sont isomorphes à la structure de la situation, dont la formation peut être tout à fait expliquée par la mise en œuvre des principes élémentaires de l'apprentissage associatif.

Par ailleurs, le caractère élémentaire et le statut inconscient des traitements associatifs responsables de l'adaptation comportementale des sujets, sont des arguments permettant d'expliquer la robustesse inhérente aux capacités d'apprentissage implicite (Reber, 1993).

#### **4. La robustesse des capacités d'apprentissage implicite.**

Le fait que la majorité des études ait été menée chez l'adulte ne doit pas occulter combien l'AI est impliqué dans de nombreuses acquisitions quotidiennes durant la petite enfance. L'apprentissage implicite a été décrit comme responsable d'au moins certains aspects dans l'apprentissage de la langue maternelle et d'une seconde langue (Chandler, 1993; Carr & Curran, 1994), la catégorisation, l'acquisition de la lecture et du comptage (Pacton, Perruchet, Fayol, & Cleeremans, 2001), l'adaptation aux contraintes physiques de l'environnement (Krist, Fieberg, & Wilkening, 1993) et l'acquisition d'habiletés sociales (Reber, 1993). Les contextes réels d'apprentissage dans lesquels les

enfants acquièrent des connaissances propres à ces divers domaines présentent des régularités structurelles, et la plupart de ces acquisitions sont "spontanées", et donc, rarement guidées par des consignes données par un superviseur. La similarité entre les caractéristiques définissant les situations d'AI et les contextes d'apprentissage réels des acquisitions précoces chez l'enfant font de l'AI un processus d'apprentissage hautement pertinent dans une perspective développementale.

#### **4.1. Les capacités d'AI face au développement.**

Compte tenu du constat qui vient d'être fait concernant l'importance des apprentissages implicites dans le développement cognitif de l'enfant, on ne peut que s'étonner de la rareté des études qui adoptent une approche développementale. Toutefois, la plupart d'entre elles ont mis en avant que la capacité à réaliser un apprentissage implicite est présente tôt chez l'enfant et résiste aux effets d'âge (e.g., Reber, 1993; Meulemans, Van der Linden, & Perruchet, 1998; Thomas & Nelson, 2001; Vinter & Perruchet, 2000). Concernant la précocité des apprentissages, Rovee-collier (1990) a montré que des bébés de 3 mois apprennent de manière incidente la relation qui unit un événement en réponse d'un comportement moteur particulier. Dans une approche qui nous intéresse davantage, Gomez et Gerken (1999) ont adapté le paradigme de GA chez des jeunes enfants de 21 mois, en remplaçant les consonnes écrites par des syllabes présentées de manière auditive, et ont rapporté une préférence pour les séquences grammaticales, familières ou nouvelles, plutôt que pour celles non grammaticales. Saffran, Aslin et Newport (1996) ont quant à eux mis en évidence que des enfants de 8 mois devenaient sensibles aux composantes fondamentales de la structure d'un langage artificiel, ou de séquences non langagières (Saffran et al., 1999). Les mêmes capacités précoces d'apprentissage statistique ont été révélées chez des enfants dans le cas d'arrangements visuels (Fiser & Aslin, 2002) ou de séquences spatiotemporelles (Kirkham, Slemmer, Richardson, & Johnson, 2007). L'apprentissage de règles a été observé chez des jeunes enfants capables de distinguer des patterns basés sur la présence de répétitions, de type ABA, AAB ou ABB (Endress, Scholl, & Mehler, 2005; Johnson, Kirkham, Fernandes, Franck, Kirkham, Marcus, Rabagliati, & Slemmer, 2009; Kirkham, Slemmer, & Johnson, 2002; Marcus, Fernandes, & Johnson, 2007; Marcus, Vijayan, Bandi Rao, & Vishton, 1999). Bremner, Mareschal, Destrebecqz et Cleeremans (2007) ont également observé que des enfants de 2 ans étaient capables d'apprendre implicitement des séquences spatiales. Lewicki (1986) (voir aussi, Czyzewska et al. (1991), cité dans Lewicki et al., 1992) a aussi obtenu des performances d'apprentissage chez des enfants de 4-5 ans à l'aide du paradigme de covariation incidente.

En ce qui concerne le développement des capacités d'apprentissage implicite, une étude menée par Roter (1985), citée par Reber (1993), marque le point de départ du postulat d'indépendance des processus d'apprentissage implicite face à l'âge. En effet, dans une tâche de grammaire artificielle menée chez des enfants de 6-7 ans, 9-11 ans, et 12-15 ans, aucune différence de performances n'a été observée avec l'âge. Concernant ce paradigme de GA, d'autres travaux moins connus confirment

l'invariabilité des performances avec l'âge chez des enfants de 9 à 11 ans (Fischer, 1997), et de 7 à 12 ans (López-Ramón, 2007). La robustesse de ces processus a également été testée à travers le paradigme de temps de réaction sériel (Nissen & Bullemer, 1987), dans une étude conduite par Meulemans et al. (1998) auprès d'enfants âgés de 6-7 ans, 10-11 ans, ainsi que chez des adultes. Ces auteurs ont observé que les enfants les plus jeunes apprenaient aussi bien la séquence que les adultes. Depuis, d'autres travaux utilisant ce même paradigme ont confirmé ces résultats (Karatekin, Marcus, & White, 2007; Litke, 2001; Thomas & Nelson, 2001).

Toutefois, certaines études ont montré des effets contradictoires. L'étude de Maybery, Taylor et O'Brien-Malone (1995) basée sur le paradigme de covariation incidente, met en évidence une amélioration des performances entre 6 et 12 ans. Ces résultats sont soutenus par l'étude de Fletcher et al. (2000), reprenant la même procédure et montrant une variation des performances avec l'évolution de l'âge mental entre 6 et 12 ans. Cependant, différentes critiques méthodologiques ont été adressées à ces travaux (Meulemans, 1998a; Vinter & Perruchet, 1999). Ces critiques concernent les défauts méthodologiques des paradigmes classiques que nous avons pointés précédemment.

Les effets d'âge pourraient être la conséquence de contaminations explicites, que la "Neutral Parameter Procedure" (Vinter & Perruchet, 1999) propose de limiter. Ainsi, lorsque Vinter et Perruchet (1999, 2000) appliquent les critères de la NPP (c'est également le cas des procédures utilisées par Meulemans et al. (1998, voir aussi Thomas & Nelson (2001)) à travers une tâche graphomotrice basée sur le SRP (Van Sommers, 1984), ces auteurs constatent un apprentissage invariant chez les enfants, âgés de 4 à 10 ans, et les adultes. Par ailleurs, des travaux dans le domaine du vieillissement indiquent des capacités d'AI préservées (e.g., Howard, Howard, Dennis, LaVine, & Valentino, 2008) tandis qu'un déficit de l'apprentissage est toutefois observé dans le cas de matériel à structure complexe (Bennett, Howard, & Howard, 2007). D'autres travaux semblent donc nécessaires à une meilleure compréhension du lien entre âge des sujets et performances aux tâches implicites.

Une autre approche visant à clarifier la dissociation entre processus explicites et implicites, et à mieux établir la robustesse de ces derniers, est l'étude des phénomènes implicites dans une perspective psychopathologique que nous allons maintenant aborder.

## **4.2. Préservation des capacités d'AI.**

### **4.2.1. Chez les individus présentant un retard mental.**

La littérature, quant à la relation établie entre les processus implicites et le retard mental, argumente majoritairement en faveur d'une certaine invariabilité des performances aux tâches implicites face au niveau intellectuel, conformément au postulat de Reber (1993). Une première série d'études a examiné le lien entre QI et performances d'apprentissage implicite. Celles-ci ont révélé des corrélations non significatives, à travers divers paradigmes expérimentaux classiquement utilisés dans ce champ d'étude, telles que des tâches de GA (Reber et al., 1991; McGeorge, Crawford, & Kelly, 1997, López-Ramón, Introzzi, & Richard's, 2009), des tâches de temps de réaction sériels (Feldman,

Kerr, & Streissguth, 1995; Atwell et al., 2003), une tâche de contrôle de systèmes complexes (Myers & Conner, 1992), ou à travers ces trois paradigmes à la fois (Gebauer & Mackintosh, 2007). Dans le cas d'appariement sur l'âge mental entre enfants avec et sans retard mental, Vicari, Bellucci et Carlesimo (2000) ont montré des capacités identiques dans une tâche de temps de réactions sériels. D'autres résultats indiquent une préservation des capacités chez des enfants présentant un retard de développement dans des tâches de mémoire implicite (Burack & Zigler, 1990; Perrig & Perrig, 1995; Takegata & Furutuka, 1993; Wyatt & Connors, 1998). Maybery et al. (1995) ont également mis en évidence une absence de corrélation entre les performances lors d'une tâche de covariation incidente et le QI (compris entre 78 et 125) des participants (classés en trois groupes: QI faible, moyen ou élevé). Ces auteurs relativisent toutefois les postulats de Reber (1993), en montrant un effet de l'âge entre 6 et 12 ans. En revanche, la reconduction de ces travaux par Fletcher et al. (2000), chez des enfants âgés de 9 ans 5 mois d'âge chronologique moyen divisés en deux groupes selon l'âge mental et le QI (5 ans 8 mois: QI = 60; 12 ans 4 mois: QI = 120), contredit radicalement les travaux précédents en indiquant une corrélation entre l'âge mental (ou le QI) et les performances à des tâches d'apprentissage, aussi bien explicite qu'implicite.

Les nombreux arguments faisant état de la robustesse des processus d'apprentissage implicite face à l'âge, au QI, ou encore face aux troubles neurologiques entraînant un déficit de la mémoire (patients cérébro-lésés, amnésiques, malades d'Alzheimer) (voir Meulemans, 1998a) ont conduit certains auteurs à investiguer les résultats contradictoires apportés par Fletcher et al. (2000). La composante conceptuelle intervenant aussi bien dans les tâches explicites qu'implicites a été directement mise en cause (Vinter & Detable, 2003) pour expliquer les mauvaises performances, les sujets présentant un retard mental étant déficitaires dans le traitement de cette composante (Bebko & Luhaorg, 1998). Komatsu, Naito et Fuke (1996) ont montré que des sujets présentant un retard mental obtenaient des performances comparables à un groupe contrôle sans retard mental uniquement lorsque la tâche de mémoire implicite sollicitait des traitements "perceptuels", tandis qu'ils étaient moins performants que le groupe contrôle dans une tâche faisant davantage intervenir des traitements conceptuels. Par ailleurs, les difficultés des sujets lors de ces tâches pourraient être assimilées à celles qu'ils rencontrent dans les tâches explicites, étant donné que les paradigmes classiques permettent l'intrusion involontaire d'influences explicites au sein de la procédure (Meulemans, 1998a; Vinter & Perruchet, 1999). Ainsi, Vinter et Detable (2003) ont suggéré qu'une tâche faisant appel à des composantes motrices et perceptives uniquement et limitant la contamination d'influences explicites, telle que développée dans les travaux de Vinter et Perruchet (1999, 2000), montrerait des processus d'apprentissage implicites efficaces chez les individus avec retard mental. De cette manière, Vinter et Detable (2003) ont pu mettre en évidence une préservation des capacités d'apprentissage implicite chez les enfants et adolescents présentant un retard mental léger et moyen, ainsi que des capacités de maintien dans le temps (Detable & Vinter, 2004) et de transfert (Detable & Vinter, 2006) de la connaissance acquise. Des capacités d'apprentissage comparables à celles d'enfants tout-venant ont été

observées lors d'une tâche de traçage reposant sur le principe grapho-moteur du SRP. Toutefois, ici aussi la spécificité sensori-motrice de la tâche limite la généralisation à d'autres aspects comportementaux.

#### **4.2.2. Chez les individus présentant des troubles neuropsychologiques.**

Ceccaldi et al. (2008) ont souligné l'intérêt d'étudier les phénomènes implicites dans une perspective neuropsychologique. En effet, l'observation de capacités d'apprentissage implicite préservées chez des patients amnésiques, dont les performances aux tâches de mémoire explicite sont altérées (e.g., Knowlton et al., 2003; Meulemans & Van der Linden, 2003), contribue à établir la dissociation entre les mécanismes explicites et implicites de mémoire et d'apprentissage. Selon Reber (1992), puisque les systèmes cognitifs apparaissant plus tôt au cours de l'évolution devraient montrer une plus grande robustesse aux dommages neuropsychologiques, l'apprentissage implicite devrait être efficient face à des atteintes affectant les traitements explicites. Cette prédiction est également avancée par Malone & Maybery (1998). Ces dernières décennies, de nombreux travaux ont examiné cette dissociation dans une approche neuropsychologique (Meulemans, 1998a). Parmi les diverses pathologies investiguées, on peut citer la maladie d'Alzheimer ou de Parkinson par exemple. Grâce au paradigme de GA, Reber, Martinez et Weintraub (2003) observent des capacités d'apprentissage implicite chez des patients atteints d'un stade léger de la maladie d'Alzheimer identiques à celles de participants contrôles, contrairement à la tâche explicite de connaissance des règles révélant des performances altérées par la maladie. Récemment, Moussard, Bigand, Clément et Samson (2008) ont sondé, à l'aide de stimuli musicaux, les capacités d'apprentissage implicite chez des participants sains très âgés et chez d'autres atteints de la maladie d'Alzheimer à des stades sévères de démence. Les résultats confirment la dissociation classiquement observée entre les processus d'apprentissage explicites et implicites (voir aussi pour d'autres procédures Eldridge, Masterman, & Knowlton, 2002; Knopman & Nissen, 1987; Willems, Adam, & Van der Linden, 2002; Grafman, Litvan, Gomez, & Chase, 1990). Ce type de pattern s'étendrait également aux individus porteurs de la maladie de Parkinson (e.g., Siegert, Taylor, Weatherall, & Abernethy, 2006). Ainsi, alors que les performances en apprentissage explicite déclinent avec l'âge et la sévérité de la pathologie, les performances d'apprentissage implicite demeurent efficientes dans de nombreux diagnostics affectant les fonctions mnésiques.

De plus, au-delà du seul intérêt de la dissociation des processus explicites/implicites, des différences de résultats au sein même des pathologies, par exemple chez les individus amnésiques dont seulement certains seraient capables de telles performances de mémoire et d'apprentissage implicites (Van der Linden, Cornil, Meulemans, Salmon, Ivanoiu & Coyette, 2001), peuvent apporter des éclairages concernant les processus et les substrats physiologiques qui sous-tendent ces capacités. Il se pourrait par exemple que les patients amnésiques performants aux tâches implicites soient les mêmes que ceux capables d'acquérir de nouvelles connaissances sémantiques (e.g., Van der Linden, Meulemans, &

Lorrain, 1994, Verfaellie, 2000). Tulving et Markowitsch (1998) ont proposé que ces capacités préservées se limitent aux patients amnésiques dont les lésions ne s'étendraient pas aux régions parahippocampiques. Nous n'entrerons pas plus dans ces considérations qui ne sont pas celles qui nous intéressent ici. Toutefois, ces hypothèses pourraient contribuer fortement à la compréhension des phénomènes d'apprentissage et de mémoire implicites, ainsi qu'à leur implication dans l'évaluation et la prise en charge de ce type de patients.

## **5. L'apprentissage implicite de grammaires artificielles: quelles pistes de travail?**

Le paradigme de GA (Reber, 1967) est sans doute l'un des plus utilisés avec celui de temps de réaction sériel (TRS: Nissen & Bullemer, 1987) dans le domaine de l'apprentissage implicite. Toutefois, la tâche de GA a été identifiée comme particulièrement appropriée, pour fournir une exposition aux sujets à la fois en termes de règles, d'exemplaires, ou de propriétés superficielles du matériel. Par ailleurs, son adaptation aux jeunes enfants ainsi qu'à ceux présentant un retard mental ne nécessite qu'un changement de symboles (remplacement des consonnes par des couleurs par exemple). Contrairement au TRS, cette tâche ne fait pas intervenir la rapidité d'exécution dans la phase test (speed processing) et n'implique pas d'habiletés sensori-motrices, potentiellement défaillantes chez certains sujets. De plus, les critères de la NPP n'ont encore jamais été appliqués à ce type de paradigme. Enfin, le rapprochement classiquement fait entre les GA et les situations écologiques, telle que l'exposition au langage, confère une plus grande généralisation aux résultats obtenus à l'aide de cette procédure.

A travers une revue des principales études menées grâce au paradigme de GA, puisque c'est précisément cette procédure que nous adapterons à nos besoins tout au long des 5 expériences présentées dans cette thèse, nous dresserons les différentes problématiques auxquelles nous nous sommes consacrés. Cette revue ne se veut bien sûr pas exhaustive au regard de la quantité importante de travaux consacrés à l'apprentissage de GA<sup>1</sup>.

### **5.1. Tenter de départager les principales positions théoriques.**

Nous avons déjà entrevu quelques interprétations des performances de jugement de grammaticalité suite à des tâches de GA. Les principales théories ont tenté de rendre compte de ces résultats en terme d'abstraction inconsciente de règles (Reber, 1967, 1989a), de mémorisation d'exemplaires (Brooks, 1978; Brooks & Vokey, 1991), de fragments (Perruchet & Pacton, 1990, Perruchet, 1994), ou encore de formations d'unités cognitives isomorphes à la situation (Perruchet & Vinter, 1998, 1999, 2002). Nombreux sont les auteurs qui proposent un apprentissage associatif ou statistique des régularités du matériel (e.g., Dulany, Carlston, & Dewey, 1984; Servan-Schreiber &

---

<sup>1</sup> Pothos (2007) relève 125 références contenant le terme "*artificial grammar learning*" suite à une recherche PsycINFO rien que dans les titres et abstracts.

Anderson, 1990; Perruchet & Pacteau, 1990, Perruchet, Vinter, Pacteau & Gallego, 2002). Cette perspective continue d'être alimentée par de nombreux travaux concernant par exemple, le rôle de la contingence (Perruchet & Peereeman, 2004), ou plus récemment, le rôle des probabilités transitionnelles plutôt que de la fréquence d'occurrence dans la formation des chunks (Poletiek & Wolters, 2009), ou encore l'effet du taux de recouvrement des règles transitionnelles de la grammaire par les items d'étude (Poletiek & van Schijndel, 2009).

L'étude des phénomènes de transfert, identifiés comme une caractéristique centrale de l'apprentissage implicite (Reber, 1969), contribue au débat concernant ce qui est appris pendant la tâche de grammaire artificielle. Le transfert consiste à observer, bien que dans une moindre mesure, les mêmes performances que dans la forme classique de la tâche, malgré le fait que les symboles utilisés dans les phases d'étude et test diffèrent (e.g., Brooks & Vokey, 1991; Mathews et al., 1989; Reber, 1989a). Si ce phénomène est souvent rattaché à l'abstraction de règles, indépendamment des caractéristiques superficielles des items, Redington et Chacter (1996, 2002) apportent des arguments selon lesquels il n'est nul besoin de recourir à l'abstraction de règles. Selon eux, l'exploitation de certains bigrammes et trigrammes suffirait. En revanche, d'autres auteurs proposent que le transfert nécessite tout de même l'intervention d'un autre type de connaissance, abstraite, en plus des fragments (Gomez & Schvaneveldt, 1994; Manza & Reber, 1997). L'abstraction peut être en effet interprétée en termes d'analogies entre exemplaires, permettant de juger de leur similarité (Brooks & Vokey, 1991), ou entre chunks (Servan-Schreiber, 1991) sur la base d'analogies du type identique-différent (McClelland & Plaut, 1999). Les performances de transfert pourraient dépendre de la présence de répétitions d'éléments (Gomez, Gerken, & Schvaneveldt, 2000; Perruchet & Vinter, 2002), adjacents ou non adjacents (Lotz & Kinder, 2006), ainsi que de la distribution des éléments en première position (Tunney & Altmann, 1999).

Ainsi, le phénomène d'abstraction peut être dissocié des règles et se rapporter aux propriétés superficielles des items présentés. En revanche, l'apprentissage des règles demeure antagoniste à la sensibilité aux propriétés de surface du matériel. Malgré les quarante années qui nous séparent de l'étude originale de Reber (1967), l'abstraction de règles n'est pas encore totalement réfutée au profit de conceptions d'apprentissage plus parcimonieuses. Afin de contribuer au débat, étudier le rôle des propriétés de surface saillantes du matériel nous a paru approprié pour tenter de départager les principaux modèles de l'apprentissage implicite. Au regard de ce qui vient d'être dit sur l'importance des répétitions dans la formation de la connaissance et du constat selon lequel les grammaires artificielles autorisent généralement, et même favorisent, la présence de répétitions au sein des séquences d'étude, les répétitions adjacentes et non-adjacentes apparaissent comme des candidates idéales au codage superficiel du matériel. Les principes de continuité et de similarité empruntés aux théories gestaltistes (Attneave, 1954) confèrent à la répétition un statut perceptif particulier. Dans le cas d'apprentissage de grammaire simple de tonalités par exemple, Endress, Dehaene-Lambertz, et Mehler (2007) rapportent un apprentissage plus facile pour les séquences basées sur des répétitions,

que sur l'ordinalité des éléments. Monaghan et Rowson (2008) confirment ces résultats en comparant directement des séquences répétées et non-répétées. Marcus et al. (1999) observent également un bénéfice de la répétition dans l'apprentissage de séquences chez l'enfant. La répétition est également connue pour son effet de facilitation dans le domaine de la mémoire à court terme (e.g., Henson, 1998).

Dans notre première expérience, "Le rôle des unités saillantes du matériel dans l'apprentissage implicite d'une grammaire artificielle: une tentative de départager les modèles théoriques", nous examinerons l'apprentissage de la structure commune à deux types de séries d'items issus de la même grammaire à état fini, par rapport au codage des propriétés superficielles saillantes spécifiques à chaque type de séries (répétitions adjacentes pour l'un et répétitions non-adjacentes pour l'autre). Différentes prédictions qui découlent des principaux modèles théoriques seront ainsi testées.

## **5.2. Tester la robustesse des capacités d'apprentissage implicite: neutralité et perméabilité de la procédure face aux influences explicites.**

Comme nous l'avons dit, il existe un consensus concernant la robustesse des processus implicites face au développement, au niveau intellectuel et aux troubles neuropsychologiques, conformément au postulat de Reber (1993). Toutefois, des données contradictoires ont été fournies, notamment par deux études employant un autre paradigme que celui de GA (Fletcher et al., 2000; Maybery et al., 1995), mais qui ont toutefois reçu certaines critiques méthodologiques relatives à d'éventuelles contaminations explicites au sein des procédures utilisées (Meulemans, 1998a; Vinter & Perruchet, 1999). La tâche de grammaire artificielle dans sa forme classique est elle-même sujette à de nombreuses critiques. Buchner (1994) a considéré qu'elle relevait davantage d'un test direct de la connaissance, puisque le sujet est informé de l'existence de règles et pourrait engager un des processus consistant à rechercher ces règles pendant la tâche de classement. Manza et Bornstein (1995) confirment que les performances à la tâche de classement pourraient être dues à une réactivation explicite de la connaissance de la grammaire, par comparaison à une tâche de jugement constituant une mesure plus indirecte de la connaissance. Une des modifications souvent apportée aux paradigmes de grammaire artificielle concerne donc les consignes employées, que ce soit pendant la phase d'étude ou pendant la phase test (voir Meulemans, 1998a). Selon Whittlesea et Dorken (1993), les performances des sujets sont liées au type d'encodage, lui-même dépendant des consignes données en phase d'étude. Il convient donc d'administrer des consignes d'étude induisant le moins possible un type de traitement, "regarder" par exemple, s'il on veut observer un codage implicite "écologique" en dehors de toute supervision et utiliser des consignes en phase test limitant l'intervention de processus de "testing d'hypothèses" responsable de la récupération de la connaissance explicite.

Ainsi, garantir d'une part des procédures hautement implicites (Expériences 1 & 3) et manipuler l'intrusion d'influences explicites (Expériences 2 & 4) d'autre part, pourraient confirmer le postulat de

robustesse dans le premier cas, et vérifier ensuite l'implication des contaminations explicites au sein des procédures rapportant des effets d'âge ou de QI.

### **5.2.1. Face au développement.**

Peu d'études ont rendu compte des capacités d'apprentissage implicite dans une perspective développementale et seulement trois d'entre elles ont eu recours au paradigme de GA. Les trois études que nous avons identifiées (Fischer, 1997; López-Ramón, 2007; Roter, 1985, citée par Reber, 1993) s'accordent sur une invariabilité des résultats avec l'âge. Ainsi, l'Expérience 1 se dotera d'une procédure limitant les contaminations explicites par l'emploi d'une tâche de GA répondant aux critères de la NPP (Perruchet & Vinter, 1999). Ces précautions méthodologiques devraient nous permettre de confirmer la robustesse des processus implicites mis en œuvre entre les différentes classes d'âge observées.

La notion d'apprentissage associatif développée par Perruchet et Vinter (1998, 2000, 2002) repose sur une exploitation non intentionnelle d'unités subjectives formées sur la base de perceptions et de représentations conscientes du matériel. Ainsi, dans l'Expérience 2 "La perméabilité des procédures à l'influence des processus conscients: une tentative d'expliquer les effets d'âge observés en situation d'apprentissage implicite", l'emploi de consignes explicites en phase test devrait solliciter des processus de récupération de la connaissance intervenant pendant la phase d'apprentissage, et pourrait avoir pour conséquence l'émergence d'effets d'âge.

### **5.2.2. Face au retard mental.**

Il existe peu de travaux concernant l'étude de l'apprentissage implicite face au retard mental, ou plus largement, au niveau intellectuel, et encore moins utilisant le paradigme de grammaire artificielle (Gebauer & Mackintosh, 2007; López-Ramón et al., 2009; McGeorge et al., 1997; Reber et al. 1991). Les observations qui en résultent s'accordent sur la robustesse des capacités d'apprentissage implicite, tandis que les performances aux tâches explicites sont généralement corrélées au niveau intellectuel. Concernant les données mettant à mal le postulat de Reber (1993), au moins concernant l'invariabilité des performances face au développement, Maybery et al. (1995) ont rapporté une absence de corrélation entre les performances lors d'une tâche de covariations incidentes et le QI, alors que Fletcher et al. (2000) ont observé une corrélation entre l'âge mental (ou le QI) et les performances à des tâches d'apprentissage, aussi bien explicite, qu'implicite. Toutefois, nous connaissons les critiques adressées aux études de Maybery et al. (1995) et de Fletcher et al. (2000) (Meulemans, 1998a; Vinter & Perruchet, 1999) et nous proposerons de les tester également dans le cadre du retard mental.

Les mêmes adaptations de procédures, en ce qui concerne les consignes de tests des Expériences 1 (implicite) et 2 (explicite) chez l'enfant tout-venant, ont été respectivement appliquées au paradigme de GA administré aux enfants présentant un retard mental dans les Expériences 3 et 4

"Les capacités d'apprentissage implicite chez l'enfant présentant un retard mental: étude d'une procédure hautement implicite (génération implicite) ou perméable aux influences explicites (reconnaissance et génération explicite)". Ainsi nous pourrions vérifier dans quelle mesure les capacités d'apprentissage implicite sont observables lorsque la procédure limite les contaminations explicites (Expérience 3), tandis qu'une altération des performances est attendue lorsque les consignes encouragent une récupération explicite d'information (Expérience 4).

### **5.3. Examiner l'appréhension du matériel et la formation de la connaissance.**

Le modèle théorique par lequel nous tenterons de rendre compte des résultats de nos travaux est celui de l'apprentissage associatif (Perruchet & Viner, 1998a, 1998b, 2002) qui a mené au concept de conscience auto-organisatrice (Perruchet & Vinter, 2002). Selon Perruchet et Vinter (2002), l'isomorphisme des représentations résulte d'une organisation progressive qui émerge de la mise en œuvre de processus associatifs élémentaires qui opèrent sur la base des représentations conscientes du monde. Une manière de tester cette conception réside dans le fait d'observer si la seule mise en œuvre de processus associatifs de base peut rendre compte des performances de l'apprenant quel que soit son âge, et son niveau intellectuel par exemple, ou si d'autres modèles d'apprentissage sont nécessaires pour rendre compte des performances en fonction des caractéristiques de l'apprenant. Par ailleurs, nous devrions également apprécier une certaine "organisation progressive" à travers les productions, et vérifier si les différentes étapes de l'adaptation comportementale peuvent être expliquées par ces mêmes processus associatifs élémentaires.

#### **5.3.1. Chez l'enfant en développement normal.**

Lors des Expériences 1 et 2, des enfants de 5 à 8 ans ont été observés, non seulement pour vérifier le postulat d'invariabilité des capacités d'apprentissage implicite, mais également afin de sonder si, en dépit de performances équivalentes, les enfants d'âges différents mettent en œuvre des processus d'appréhension du matériel et de formation de la connaissance différents. En effet, différentes prédictions en fonction des principaux modèles théoriques seront testées. Nous avons voulu savoir dans quelle mesure les enfants les plus âgés étaient plus susceptibles que les enfants les plus jeunes d'engager des processus plus sophistiqués, tels que ceux d'abstraction. Ainsi, nous testerons si en fonction de l'âge, les performances de certaines classes d'âge rendent compte des prédictions de différents modèles théoriques.

#### **5.3.2. Chez l'enfant présentant un retard mental.**

Dans les Expériences 3 et 4 menées chez l'enfant présentant un retard mental, et principalement dans l'Expérience 3, où la limitation des contaminations explicites devrait préserver leurs capacités d'apprentissage, les déficits cognitifs liés au retard mental peuvent-ils contraindre le codage du matériel pendant la phase d'entraînement? Il se pourrait que les performances de cette

population se limitent aux associations les plus simples et les plus saillantes perceptivement, comme les répétitions adjacentes par exemple. Ainsi, nous observerons dans quelle mesure le profil cognitif déficitaire peut limiter l'appréhension du matériel.

### 5.3.3. A travers le rôle de la saillance et de la fréquence du matériel.

Si on admet au regard de nombreux travaux que les performances aux tâches de grammaire artificielle résultent d'un apprentissage de fragments plutôt que de séquences entières ou de règles (e.g., Perruchet, 1994, Perruchet & Pacteau, 1990; Perruchet et al., 1992), quelles contraintes du matériel guident la segmentation de ces fragments? Stadler (1992) a manipulé la fréquence de cooccurrence d'éléments adjacents et a montré un meilleur apprentissage des séquences à fortes contraintes statistiques. Il est donc admis que la fréquence élevée de cooccurrences d'éléments conduit à la formation de "chunks" (e.g., Dulany et al. , 1984; Perruchet & Pacteau, 1990; Servan-Schreiber & Anderson, 1990). On sait par ailleurs que la présentation simultanée plutôt que séquentielle favorise l'association entre éléments de la séquence (Saffran, 2002). Concernant l'apprentissage statistique du matériel, certains proposent un rôle plus important de la probabilité transitionnelle plutôt que de la fréquence de cooccurrence (Aslin, Saffran, & Newport., 1998; Fiser & Aslin, 2001; Poletiek & Wolters, 2009), tandis que d'autres auteurs accordent davantage d'importance aux effets de contingence (Perruchet & Peereman, 2004). Ainsi la distribution statistique du matériel déterminerait la saillance des différents chunks qui le composent. Selon l'hypothèse de formation compétitive de chunks (Servan-Schreiber, 1991), cette saillance conduirait à développer une familiarité pour certains bigrammes, puis progressivement à la formation de chunks plus élaborés.

Toutefois, cette saillance pourrait être autre que statistique, mais perceptive ou positionnelle. En effet, les participants sont également sensibles à l'apparente ressemblance d'ensemble d'éléments à des mots (Perruchet & Tillmann, 2010). La saillance particulière des unités placées en début et en fin de séquences (e.g., Conway & Christiansen, 2005, 2006, 2009; Druhan & Mathews, 1989; Dulany et al., 1984; Mathews et al., 1989; Perruchet & Pacteau, 1990; Reber & Lewis, 1977; Redington & Chacter, 1996) ou de la répétition (Endress et al., 2007; Marcus et al. , 1999; Monaghan & Rowson, 2008) leur confère un bénéfice d'apprentissage.

De plus, compte tenu des phénomènes de compétition et de blocage relatifs aux mécanismes associatifs (Perruchet & Vinter, 1998, p.510), et des différences de saillance évoquées, on peut se demander quelles propriétés du matériel sont susceptibles de capturer en premier l'attention des participants et de constituer ainsi un concurrent pour la formation des autres unités?

Pour répondre à ces questions l'Expérience 5: "Saillance perceptive et propriétés statistiques du matériel", propose d'examiner quelles caractéristiques du matériel peuvent guider l'appréhension du matériel et la formation de la connaissance.

Afin de mieux rendre compte de la poursuite des différents objectifs de cette thèse à travers les chapitres et les expériences qui vont être présentés, le Tableau 1 présente une vue d'ensemble de la partie expérimentale qui va suivre.

Tableau 1: Architecture de la partie expérimentale en fonction des liens entre chapitres, expériences et objectifs (les objectifs principaux apparaissent en gras).

<b>Chapitre</b>	<b>Expérience</b>	<b>Objectifs</b>
<b>Chapitre 1</b> : "Le rôle des unités saillantes du matériel dans l'apprentissage implicite d'une grammaire artificielle: une tentative de départager les modèles théoriques"	<b>Expérience 1</b> (N = 120)	<b>Départager les modèles théoriques</b>
		<b>Etudier la robustesse des capacités d'AI face au développement</b>
Etudier l'appréhension du matériel		
<b>Chapitre 2</b> : "La perméabilité des procédures à l'influence des processus conscients: une tentative d'expliquer les effets d'âge observés en situation d'apprentissage implicite"	<b>Expérience 2</b> (N = 120)	Départager les modèles théoriques
		<b>Etudier l'influence des instructions explicites</b>
Etudier l'appréhension du matériel		
<b>Chapitre 3</b> : "Les capacités d'apprentissage implicite chez l'enfant présentant un retard mental: étude d'une procédure hautement implicite (génération implicite) ou perméable aux influences explicites (reconnaissance et génération explicite)"	<b>Expérience 3</b> (N = 30 enfants avec retard mental: RM)	<b>Etudier la robustesse des capacités d'AI face au retard mental</b>
		Etudier l'appréhension du matériel
Etudier l'appréhension du matériel		
<b>Chapitre 4</b> : "Saillance perceptive et propriétés statistiques du matériel"	<b>Expérience 4</b> (N = 20 avec RM et 20 sans RM)	<b>Etudier l'influence des instructions explicites</b>
		<b>Etudier l'appréhension du matériel</b>

# **PARTIE EXPERIMENTALE**

## Chapitre 1

Le rôle des unités saillantes du matériel  
dans l'apprentissage implicite d'une grammaire artificielle:  
une tentative de départager les modèles théoriques.<sup>2</sup>

### Introduction

L'Expérience 1 vise à tester l'apprentissage des unités saillantes du matériel lors d'un épisode d'apprentissage implicite (AI), dans des conditions garantissant la nature "implicite" optimale de la tâche administrée. En effet, l'apprentissage de ces unités saillantes lors d'une tâche de grammaire artificielle, ou GA (Reber, 1967), respectant les critères de la Neutral Parameter Procedure, ou NPP (Vinter & Perruchet, 1999), nous a semblé être un moyen approprié d'appréhender, au moins en partie, la nature de la connaissance acquise dans ce type d'apprentissage, et par ce fait, de départager certains des principaux modèles théoriques de l'AI (Reber, 1967, 1989; Brooks, 1978; Perruchet, 1994; Perruchet & Vinter, 2002). Par ailleurs, l'apprentissage d'unités composant les items d'étude (bigrammes, trigrammes...), indépendamment de leur caractère saillant, a également fait l'objet de notre attention. Ainsi, à travers diverses hypothèses émanant des principales approches théoriques de l'AI, nous testons le concept de conscience auto-organisatrice (Perruchet & Vinter, 2002) en tant que modèle de référence pour rendre compte de l'ensemble des travaux réalisés dans cette thèse. Enfin, cette première expérience s'inscrit dans une perspective développementale à travers l'observation d'enfants âgés de 5 à 8 ans, afin de contribuer à une meilleure compréhension de la relation entre capacités d'apprentissage implicite et âge des sujets.

La littérature propose actuellement divers modèles théoriques de l'AI (voir Pothos, 2007; Perruchet, 2008). Nous nous intéresserons à quatre d'entre eux, à travers lesquels nous testerons différentes prévisions dans le but de définir ce que les enfants peuvent apprendre durant un épisode d'AI. Ces modèles peuvent être comparés au regard des performances comportementales obtenues lors d'un apprentissage de GA. Reber (1967, 1989a) défend une position abstractionniste et propose que l'AI résulte d'un processus inconscient hautement sophistiqué dédié à l'abstraction de règles. La connaissance ainsi acquise devrait être abstraite et devrait référer à la structure grammaticale profonde du matériel, et non aux caractéristiques superficiels des items vus en phase d'apprentissage. Comme

---

<sup>2</sup> Une partie de ces résultats fait l'objet de 2 articles soumis à publication (Witt & Vinter, Artificial learning in children: Abstraction of rules or sensitivity to perceptual features? et Witt & Vinter, Learning implicitly to produce avoided behaviours).

Manza et Reber (1997, p. 75) l'ont mentionné: "l'information de surface est extraite des stimuli, laissant comme information une représentation abstraite de la connaissance de base". Dans une autre approche, Brooks (1978; Vokey & Brooks, 1992), à travers la position exemplariste (ou "instance-based position"), propose que les participants mémorisent des items entiers ou des partis de ceux-ci durant la phase d'apprentissage. Les "exemplaires" stockés en mémoire fourniraient une connaissance suffisante à laquelle les items proposés en test sont comparés. Cette conception a été complétée par l'hypothèse de "similarité" (Brooks & Vokey, 1991), soutenant que les jugements de grammaticalité sont basés sur le degré de similarité entre les items mémorisés et ceux présentés en phase test. Perruchet (1994) a proposé un apprentissage de fragments d'items uniquement plutôt que d'items entiers, préférentiellement ceux qui apparaissent le plus fréquemment. La sensibilité aux régularités statistiques du matériel vu durant l'apprentissage serait suffisante pour produire une apparente sensibilité aux règles de la grammaire (Perruchet & Pacteau, 1990). Plus récemment, un modèle développé par Perruchet et Vinter (2002), la conscience auto-organisatrice (SOC), n'a pas encore été appliqué dans le cas d'apprentissage de GA. Dans cette perspective, les processus impliqués dans l'AI façonnent directement le comportement des participants et leur concomitante appréhension phénoménologique de la situation, par la formation d'unités cognitives qui deviennent progressivement isomorphes à la structure de la situation. Durant l'apprentissage, les participants deviendraient progressivement sensibles aux propriétés des items présentés, comme leurs propriétés statistiques ou encore leurs parties saillantes. Plus une unité est saillante, plus elle serait à même de capter l'attention et de créer une unité cognitive qui participerait à la formation de l'expérience phénoménologique individuelle. Plus cette unité est fréquente, de manière plus forte et plus stable l'unité cognitive qui en résulte s'en retrouve consolidée.

En résumé, ces modèles divergent sur plusieurs points. Le premier concerne la nature des processus engagés, processus inconscients d'abstraction selon Reber (1967), mémorisation et récupération consciente d'après Brooks (1978), segmentation non-intentionnelle activée par des processus attentionnels pour Perruchet (1994), à laquelle des mécanismes associatifs inconscients créant une expérience consciente s'additionnent dans la position défendue par Perruchet et Vinter (2002). Le second point de divergence réside dans la nature de la connaissance acquise, liée à la structure grammaticale selon la position abstractionniste, alors qu'elle réfère aux propriétés des stimuli d'après les autres conceptions. Manza et Reber (1997, p. 98) ont interprété cette opposition en contrastant une position où "la représentation est intimement liée à la forme physique du stimulus" avec une position selon laquelle les représentations "sont dépourvues d'information de surface spécifique mais retiennent une certaine connaissance structurale sous-jacente des stimuli". Ces modèles ont été testés dans le cadre d'apprentissage de GA, révélant des résultats contradictoires. Il est apparu que l'apprentissage des règles grammaticales serait permis lorsqu'un grand nombre d'items grammaticaux sont présentés en entraînement, tandis que l'apprentissage d'exemplaires (McAndrews & Moscovitch, 1985) ou de fragments (Meulemans et Van der Linden, 1997) serait favorisé par une exposition à un nombre réduit d'items. Toutefois, Johansson (2009) a récemment démontré qu'une

exposition prolongée au matériel grammatical conduit à des représentations plus fidèles aux propriétés des stimuli plutôt qu'à des représentations abstraites. Poletiek et van Schijndel (2009) ont révélé que c'est en fait la somme d'informations statistiques contenues au sein de la série d'items (son recouvrement statistique de la grammaire) plutôt que la taille de cette série qui influence la sensibilité aux règles grammaticales. Enfin, la troisième divergence s'intéresse à la taille des unités composant la connaissance acquise. Les participants apprendraient les règles qui gouvernent le matériel (Reber, 1967, 1989), des items entiers (Brooks, 1978), les fragments, bigrammes ou trigrammes, les plus fréquents (Perruchet, 1994), ou formeraient des unités cognitives qui composent le contenu de leur expérience phénoménologique après la phase d'entraînement (Perruchet & Vinter, 2002).

Une manière appropriée de départager ces quatre modèles théoriques consiste à examiner le rôle des propriétés saillantes du matériel exposé pendant la phase d'entraînement lors d'une tâche d'apprentissage d'une GA. Les propriétés saillantes auxquelles nous nous sommes intéressés concernent la présence de répétitions adjacentes et non-adjacentes. Les répétitions adjacentes (par exemple, BB) et non-adjacentes (par exemple, BRB) constituent des "bonnes formes" selon la théorie de la Gestalt (Attneave, 1954). En effet, elles satisfont aux principes de similarité et de continuité, qui revendiquent que les éléments semblant similaires et introduisant le moins de modifications sont groupés et tendent à être perçus ensemble. Ces caractéristiques contribuent ainsi à renforcer la saillance perceptive des propriétés de répétition. Le rôle bénéfique des répétitions adjacentes et non-adjacentes dans l'apprentissage de séquences de tonalités par exemple, par rapport à des séquences sans répétition, a été mis en évidence chez l'adulte. Endress et al. (2007) ont montré que dans des conditions de répétitions adjacentes et non-adjacentes (ABB ou ABA), où A et B correspondaient respectivement à des tonalités hautes (aigues) et basses (graves), les séquences de tonalités étaient apprises plus facilement qu'en condition ordinale, du type basse-haute-médium ou médium-haute-basse. Monaghan et Rowson (2008) ont comparé des séquences de tonalités répétées et non-répétées et ont confirmé les résultats précédents. Certains résultats rapportent également les bénéfices particuliers des structures répétitives dans l'apprentissage de séquences chez les enfants. Marcus et al. (1999) ont testé des enfants âgés de 7 mois dans une procédure de préférence pour la familiarité, avec des phrases composées sur la base de grammaires syllabiques. Dans la phase de familiarisation, la moitié des enfants ont été confrontés à des phrases générées par une grammaire syllabique de type "ABA" ("ga-ti-ga", par exemple) et l'autre moitié à des phrases issues d'une grammaire syllabique de type "ABB" ("ga-ti-ti", par exemple). En phase test, la moitié des nouvelles phrases étaient compatibles avec celles exposées aux enfants durant la phase de familiarisation et l'autre moitié était incompatible avec les phrases d'entraînement. Les résultats ont montré que les enfants regardaient plus longtemps les phrases incohérentes que les phrases cohérentes, et conduisirent les auteurs à suggérer que les enfants apprenaient des règles du type "pareil" ou "différent" entre certains éléments à l'intérieur des séquences.

Dans la présente expérience, nous avons utilisé une grammaire à état fini, directement inspirée de celle utilisée par Reber (1967), à partir de laquelle deux types d'items grammaticaux ont été

générés: le premier contenait un nombre important de répétitions adjacentes (séries ADJ) et le second comportait un nombre important de répétitions non-adjacentes (séries non-ADJ). Issues exactement de la même grammaire, ces deux types de séries étaient basés sur des règles abstraites identiques mais différaient au niveau de leurs propriétés de surface. Nous avons également suivi les recommandations de Perruchet et Reber (2003) conseillant l'adoption d'un groupe contrôle ayant subi une phase d'entraînement dans des conditions aussi proches que possible de celles administrées aux groupes expérimentaux. Ainsi, un groupe contrôle a été exposé à des items aléatoires, dont la moitié était appariée avec les séries ADJ et l'autre avec les séries non-ADJ. Nous avons réalisé cette grammaire avec des couleurs et généré des séquences de couleurs de manière à composer des drapeaux, au lieu de séquences de lettres comme habituellement dans ce type de tâche, puisque les participants de cette étude sont de jeunes enfants. La littérature actuelle traitant de l'encodage automatique des couleurs semble favorable au bon accomplissement d'un tel processus d'apprentissage, dans la mesure où les couleurs font directement l'objet de l'attention des participants (Patel, Blades & Andrade, 1999) et ne sont pas présentées comme une information périphérique (Park & James, 1983). En effet, quand la couleur réfère directement aux objets avec lesquels les participants interagissent, les enfants rappellent correctement la couleur des objets, que l'exposition soit brève (Pattel et al., 1999) ou longue (Hatwell, 1995; Ling & Blades, 1996), ou lorsque les items cibles sont présentés parmi d'autres objets (Ling & Blades, 2002). Ainsi, dans notre étude, les enfants ont été aléatoirement assignés à un groupe entraîné soit avec les séries ADJ (groupe ADJ), soit avec les séries non-ADJ (groupe non-ADJ), ou soit avec les séries aléatoires (groupe ALEA-contrôle). Quelles prédictions peuvent être faites à partir des quatre modèles théoriques présentés précédemment au regard des performances d'AI dans ces groupes?

La position abstractionniste suppose que la connaissance acquise durant la phase d'entraînement réfère à la structure grammaticale du matériel, et non aux caractéristiques de surface des items présentés. Un argument crucial a été apporté par Reber et Lewis (1977), qui ont observé que les performances des participants à la phase test corrélaient uniquement avec les items grammaticaux et non avec ceux composant les items d'apprentissage. Dans notre cas, les répétitions adjacentes et non adjacentes sont présentes dans les deux types de séries, mais à des fréquences différentes. D'un point de vue purement abstractionniste, la sensibilité aux règles ne peut pas relever d'une question de fréquence de l'information. La seule présence des deux types d'unités au sein de chaque série grammaticale devrait être suffisante pour l'abstraction de la règle. Ainsi, aucune différence entre les groupes ADJ et non-ADJ n'est attendue selon cette théorie, qui prédit des différences uniquement entre le groupe expérimental et le groupe contrôle. En revanche, les trois autres modèles théoriques prédisent des différences d'effets d'apprentissage entre les groupes ADJ et non-ADJ. Si les participants mémorisent des exemplaires (Brooks, 1978) ou des fragments (Perruchet, 1994) durant la phase d'entraînement, il est très vraisemblable que ces exemplaires ou fragments contiennent des répétitions adjacentes ou non-adjacentes. Par conséquent, le groupe ADJ devrait apprendre préférentiellement les répétitions adjacentes et le groupe non-ADJ les répétitions non-adjacentes. En effet, si la saillance guide le focus attentionnel des participants, les éléments composant les répétitions

devraient être plus facilement associés et renforcés de par leur fréquence (Perruchet & Vinter, 2002). Ce modèle prédit ainsi que le contenu de l'expérience phénoménologique des participants diffère en fonction de la nature des unités saillantes auxquelles ils ont été confrontés. Afin d'appréhender directement le contenu de l'expérience phénoménologique des participants, une tâche de génération implicite a été utilisée dans cette première expérience.

La seconde prédiction interroge dans quelle mesure les structures de répétition peuvent être apprises indépendamment de l'encodage de la couleur (répétitions incorrectes). Bien que les modèles basés sur l'apprentissage de règles s'opposent à ceux basés sur la sensibilité aux stimuli présentés en ce qui concerne la prédiction précédente, chacun de ces modèles conduit à la même prédiction à propos du codage des structures globale de répétition (XX ou XaX) indépendamment du codage de la couleur (Bleu-Bleu ou Bleu-jaune-Bleu). Les quatre modèles considérés envisagent cette possibilité. Le modèle abstractionniste considère le transfert des règles sous-jacentes comme une preuve de l'apprentissage de la grammaire (e.g., Gomez & Gerken, 1999). Cependant le transfert peut être interprété en terme d'analogie supposant une abstraction relative à des exemplaires (Brooks & Vokey, 1991) ou même à des fragments (Servan-Schreiber, 1991), en particulier s'il s'agit de structures répétitives (Gomez et al., 2000; Lotz & Kinder, 2006). De plus, tous ces modèles prédisent un apprentissage de la structure répétitive non-adjacente plus complexe que celui de la structure adjacente. En effet, la similarité entre XX et YY, par exemple, est plus forte qu'entre XaX et YbY. Abstraire une règle de dépendance de premier ordre (si X ensuite X) est une opération moins complexe que l'abstraction d'une règle de dépendance de second ordre (si X, ensuite  $n+1 = X$ ). Ainsi, si BB est une unité grammaticale, la sensibilité à CC peut signifier que la structure de répétition a été abstraite. Comme Perruchet et Vinter (2002) l'ont suggéré dans une discussion des résultats de Marcus et al. (1999), lorsqu'on est confronté à une unité du type ABB, l'expérience consciente qui résulte de l'exposition à une telle unité ne se limite probablement pas à la somme des éléments qui la composent, mais comprend une perception directe de la structure globale (du type "différent – pareil"). L'expérience directe de la relation formant une répétition adjacente (ou non-adjacente) est par conséquent très probable. Toutefois, associer deux éléments dans le cas de la répétition adjacente demeure moins complexe qu'associer trois éléments dans le cas de la répétition non-adjacente.

La prédiction suivante concerne l'encodage de la position. Pouvons-nous nous attendre à ce que les enfants n'apprennent pas seulement les unités grammaticales mais également leur position à l'intérieur des séquences grammaticales de couleurs auxquelles elles appartiennent? La réponse est clairement affirmative en ce qui concerne la théorie exemplariste, puisque les exemplaires contiennent intrinsèquement l'information propre à la position. Dans une perspective abstractionniste forte, la réponse serait également positive. La grammaire définit la position de chaque règle locale, et si elle peut être abstraite, la position devrait être par conséquent encodée. En revanche, l'approche fragmentariste, ainsi que le modèle SOC, ne prédisent pas facilement l'encodage de la position. Par définition, les fragments ne peuvent contenir d'information positionnelle, excepté peut-être pour les parties début et fin de chaque item qui pourraient recevoir une attention particulière de la part des

participants, et être préférentiellement encodées (dans notre cas, les parties saillantes étaient parfois positionnées au début ou à la fin des séquences présentées). Le même raisonnement peut être suivi pour le modèle SOC. La segmentation du matériel est guidée par la saillance, et il n'y a à priori pas de raison de supposer un encodage parallèle de la position des unités saillantes, excepté si celles-ci apparaissent à une position prégnante (début/fin).

Afin de compléter l'étude de l'apprentissage des unités saillantes du matériel, la production d'autres unités correctes composant les items d'étude a été observée indépendamment de leur saillance perceptive. Dans ce cas, nous ne distinguons plus les séries ADJ et non-ADJ, puisque l'effet recherché est ici seulement celui de la grammaticalité, mais uniquement le groupe expérimental (ADJ et non-ADJ) exposé aux séries grammaticales et le groupe contrôle exposé aux séries aléatoires. Dans un premier temps, la première couleur des drapeaux, les bigrammes, trigrammes et quadrigrammes corrects font l'objet de prédictions. Si les bigrammes, trigrammes et quadrigrammes peuvent être considérés conjointement, la première couleur est à rapprocher des parties début et fin de drapeaux quant aux prédictions des différents modèles.

Concernant l'apprentissage des bigrammes, trigrammes et quadrigrammes corrects, tous les modèles théoriques peuvent rendre compte d'une différence d'apprentissage en faveur du groupe expérimental exposé aux séries grammaticales. D'un point de vue abstractionniste (Reber, 1967, 1989), les performances des participants corrèleraient avec les items grammaticaux (Reber & Lewis, 1977). Or les unités composant les items exposés au groupe expérimental sont grammaticales, alors qu'aucune grammaire ne régit les items des séries aléatoires administrées au groupe contrôle. D'un point de vue fragmentariste, seules les unités qui composent les items grammaticaux présentés au groupe expérimental offrent des fréquences d'occurrence assez élevées pour guider la segmentation des fragments, ou des primitives perceptives à l'origine des unités cognitives qui constituent le contenu de l'expérience phénoménologique des participants selon le modèle SOC. Selon la position exemplariste, et plus particulièrement d'après l'hypothèse de similarité (Brooks & Vokey, 1991; Vokey & Brooks, 1992), le jugement grammatical serait basé sur le degré de similarité entre les items d'étude stockés en mémoire et ceux présentés en phase test. Ainsi, comme le proposent ces auteurs, la plus grande similarité entre les items grammaticaux conduirait aux performances de jugement classiquement observées. Toutefois, certains modèles peuvent également prédire un apprentissage dans un groupe contrôle. Par exemple, le modèle de Brooks (1978) n'est pas catégorique quant à la nécessité de la grammaticalité des items à mémoriser en phase d'entraînement. Par ailleurs, Vokey et Brooks (1992) précisent que la comparaison, lors de la tâche de jugement, ne s'effectue pas entre l'item test et un prototype reflétant la distribution des items d'étude, mais bien à un item d'étude particulier. Ceci laisse penser qu'un item appartenant à une série aléatoire serait mémorisé au même titre qu'un item grammatical et fournirait une base de comparaison semblable en phase test, permettant ainsi à un groupe contrôle de reconnaître certains items d'étude. Cette position n'est pas la seule à envisager un apprentissage d'items aléatoires par un groupe contrôle. Dans le cas d'un nombre assez restreint de bigrammes ou de trigrammes, par exemple, à l'intérieur des séries aléatoires, leurs fréquences

d'occurrence, même peu élevées, pourraient suffire à guider le processus de segmentation impliqué dans les modèles fragmentariste et SOC. Ainsi, seule la position abstractionniste reste hermétique à l'idée d'un apprentissage de séries ne répondant à aucune structure ou règle grammaticale.

Pour terminer, l'apprentissage des parties début et fin de drapeaux, à travers la production de la première couleur correcte, et des 1<sup>ers</sup> et derniers bigrammes et trigrammes corrects, se manifesterait par une production supérieure pour le groupe expérimental par rapport au groupe contrôle. La position abstractionniste envisage une telle issue, puisque les règles de la grammaire, dont seuls les items grammaticaux présentés au groupe expérimental sont dépositaires, contiennent les informations relatives aux parties début et fin de drapeaux. De plus, Reber et Allen (1978) rapportent l'importance des parties début et fin de drapeaux dans les justifications du jugement grammatical effectué par les participants. Le modèle de Brooks (1978) autorise l'apprentissage de ces parties intrinsèquement contenues dans les exemplaires mémorisés pour le groupe expérimental. Concernant les deux autres conceptions (Perruchet, 1994; Perruchet & Vinter, 2002), le codage des parties "prégnantes" des items tels que le début et la fin des drapeaux, évoqué précédemment, pourrait également conduire à un apprentissage de ces unités pour le groupe expérimental. Toutefois, ces trois derniers modèles envisagent également la possibilité que ces parties soient apprises par le groupe contrôle, faisant partie des bigrammes et trigrammes corrects, pour lesquels nous venons de considérer un éventuel codage au sein des séries aléatoires, et bénéficiant de surcroît d'une position prégnante à l'intérieur des items.

L'Expérience 1 est dédiée à tester ces prédictions. Elle a été menée chez des enfants âgés de 5 à 8 ans et a employé une tâche de génération implicite afin d'évaluer les effets d'apprentissage. Le fait d'inclure plusieurs groupes d'âge a été nécessaire pour examiner si les mêmes processus d'apprentissage étaient appliqués à différents âges. En effet, nous pouvons supposer que les enfants les plus âgés sont davantage susceptibles d'engager des processus d'abstraction. Ainsi, les prédictions qui découlent du modèle abstractionniste pourraient davantage correspondre aux performances des enfants les plus âgés qu'à celles des plus jeunes enfants. Toutefois, puisque la procédure a été conçue dans le but de satisfaire aux critères définis par Vinter et Perruchet (1999) afin d'éviter des influences explicites indésirables sur les performances d'apprentissage des participants (c.f. les critères de neutralité de la NPP, Introduction p. 12), nous n'attendons aucun effet d'âge dans cette première expérience, conformément à la majorité de la littérature développementale sur ce sujet (e.g., Meulemans et al., 1998; Roter, in Reber, 1993; Vinter & Perruchet, 2000). Par conséquent, les enfants confrontés à des items grammaticaux devraient présenter de meilleures performances que ceux exposés à des séries aléatoires, quel que soit leur âge.

## Méthode

### 1. *Participants.*

Un échantillon total de 120 enfants (61 filles et 59 garçons) âgés de 5 à 8 ans a été testé dans cette étude. Quatre groupes d'âge ont été constitués ( $n = 30$  par groupe d'âge), correspondant aux niveaux scolaires de la moyenne section de maternelle au cours élémentaire première année. A l'intérieur de chaque classe d'âge, les participants ont été répartis de façon aléatoire en trois groupes: deux groupes expérimentaux (groupe ADJ et groupe non-ADJ) et un groupe contrôle (groupe ALEA), de façon à ce qu'un même sujet ne voit qu'une seule condition. Aucun enfant ne présentait de retard ou d'avance sur le plan scolaire ou développemental, et ne souffrait d'un déficit attentionnel ou intellectuel. Ils étaient essentiellement droitiers et issus de la classe moyenne. De plus, leur vision était normale ou corrigée, de sorte qu'ils étaient capables de discriminer et de nommer les cinq couleurs utilisées dans cette étude. Les passations ont été réalisées individuellement, dans une pièce calme mise à notre disposition par les établissements scolaires. Les caractéristiques des groupes figurent dans le Tableau 2.

**Tableau 2:** Caractéristiques des groupes observés dans l'expérience (ADJ = répétitions adjacentes, non-ADJ = répétitions non-adjacentes, ALEA = aléatoires, F = filles, G = garçons).

Groupes d'âge	Age moyen (années, mois)	Sexe	Groupes	Effectif	Age moyen	Sexe
5 ans	4,11 (étendue: 4,1 - 5,1)	13F – 17G	ADJ	10	4,11	4F – 6G
			non-ADJ	10	4,10	5F – 5G
			ALEA	10	4,11	4F – 6G
6 ans	6 (étendue : 5,8 - 6,6)	16F – 14G	ADJ	10	6	4F – 6G
			non-ADJ	10	6	6F – 4G
			ALEA	10	6,1	6F – 4G
7 ans	7,1 (étendue : 6,9 - 7,5)	16F – 14G	ADJ	10	7,2	5F – 5G
			non-ADJ	10	6,11	5F – 5G
			ALEA	10	7,3	6F – 4G
8 ans	8,2 (étendue : 7,7 - 8,9)	17F – 13G	ADJ	10	8,4	5F – 5G
			non-ADJ	10	7,11	6F – 4G
			ALEA	10	8,4	6F – 4G

### 2. *Matériel.*

Le matériel consiste pour l'essentiel en un jeu sur ordinateur impliquant la présence de drapeaux de 3, 4 ou 5 couleurs, représentant des équipes d'animaux lors d'un jeu de tir à la corde (Figure 2A). L'utilisation d'un support informatique a été jugée indispensable, afin de garantir une présentation de la tâche et une exposition au matériel rigoureusement identiques d'un sujet à l'autre. Le matériel devait également permettre une administration de la tâche aux sujets les plus jeunes,

## Expérience 1: Apprentissage implicite et saillance du matériel

comme aux sujets déficients, qui feront l'objet d'études ultérieures. Pour ces mêmes raisons, tout au long de la tâche, les consignes étaient administrées aux sujets à l'aide d'une voix préenregistrée.

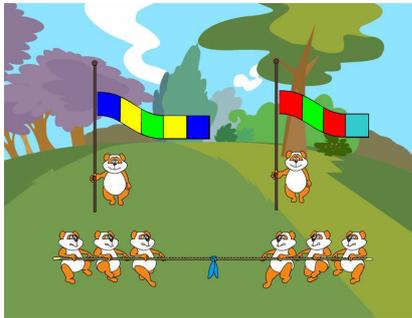


Figure 2A. Support informatique

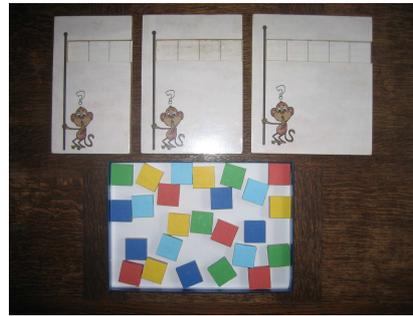


Figure 2B. Planches et carrés de couleurs

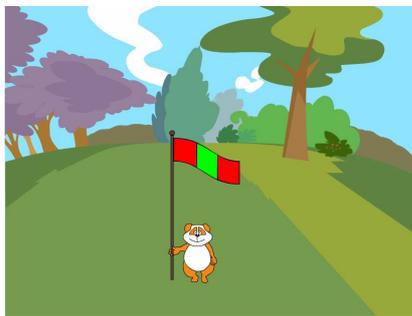


Figure 2C. Présentation des drapeaux



Figure 2D. Phase de génération implicite

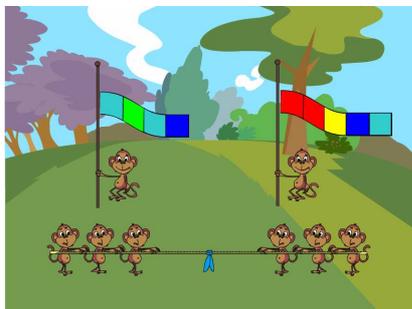


Figure 2E. Phase avec les drapeaux de l'enfant



Figure 2F. Fin du jeu et enregistrement

Les drapeaux présentés lors de la phase d'étude correspondaient à la série d'items à laquelle le sujet était soumis. Trois types de séries ont été constitués pour les besoins de notre étude: deux types de séries grammaticales régies par la même grammaire à état fini, mais dont les items spécifiques différaient de manière contrôlée (séries ADJ, séries non-ADJ), et des séries dites "aléatoires" destinées au groupe contrôle (séries ALEA). Toutes les séries comportaient chacune 8 drapeaux, à savoir, deux de 3 couleurs, trois de 4 couleurs et trois de 5 couleurs.

Constitution des séries grammaticales. Les séries grammaticales sont régies par une grammaire à état fini comportant 5 couleurs (bleu, vert, rouge, jaune et turquoise) dont un exemplaire est illustré en Figure 3. Les couleurs ont été aléatoirement assignées aux différentes positions à l'intérieur de la

grammaire de telles sortes à obtenir 10 exemplaires différents, aussi bien pour les séries ADJ que pour les séries non-ADJ. De cette manière, nous avons introduit des changements de position des couleurs, pour qu'à l'intérieur d'une classe d'âge et d'une condition expérimentale (ADJ ou non-ADJ), chaque sujet voit un exemplaire différent de la série mais possédant la même structure. Cette précaution permet d'éviter des effets de position de couleurs, tout à fait possibles pour des drapeaux.

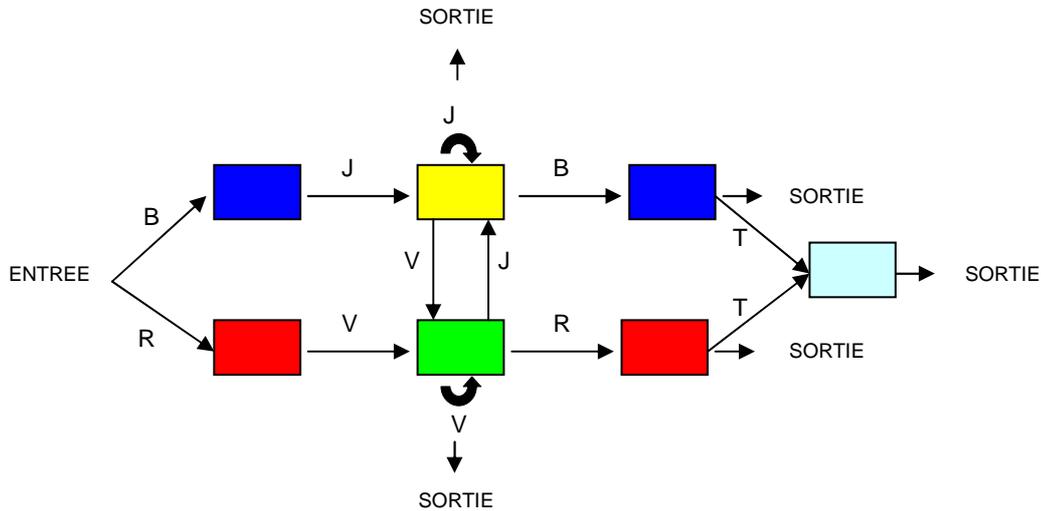


Figure 3. Exemple de la grammaire à état fini utilisée dans cette étude (cette même grammaire est utilisée dans toutes les expériences, mais la place des couleurs peut changer).

Cette grammaire à état fini, bien que spécifiquement conçue pour les besoins de la présente étude, s'inspire directement de celle utilisée par Reber (1967, 1989a). Les items grammaticaux suivent l'un des chemins allant de l'entrée à l'une des sorties proposées en respectant le sens des flèches. La flèche bouclée indique que la couleur qui lui est associée peut être répétée autant de fois que l'on veut. La grammaire permet de former 10 bigrammes, 20 trigrammes et 42 quadrigrammes distincts. La liste exhaustive de ces unités grammaticales est présentée en annexe (Annexe 1).

Cette grammaire autorise également la production de répétitions adjacentes (répétition successive d'une couleur, par exemple, BB), ainsi que de répétitions non-adjacentes (alternance de deux ou plusieurs couleurs et répétition de la première, par exemple, BJB, BRVB, BJVJB). De cette manière, il a été possible de construire deux types de séries sur la base de la même grammaire, les unes favorisant celles de répétitions adjacentes (séries ADJ), les autres favorisant la présence de répétitions non-adjacentes (séries non-ADJ) à l'intérieur des items qui les composent. Les séries ADJ comportent 8 répétitions adjacentes et une répétition non-adjacente, 7 bigrammes (sans répétition adjacente), 10 trigrammes et 8 quadrigrammes. Les séries non-ADJ sont composées de 8 répétitions non-adjacentes et 2 répétitions adjacentes, 8 bigrammes, 10 trigrammes (sans répétition non-adjacente) et 9 quadrigrammes. Si le nombre de répétitions adjacentes et non-adjacentes est optimisé dans les séries qui doivent respectivement favoriser leur présence, la présence de ces deux éléments est

également nécessaire à l'intérieur de toutes les séries, étant tous deux des événements possibles de cet environnement artificiel, à ne pas exclure par conséquent. Le nombre de répétitions adjacentes dans les séries ADJ et le nombre de répétitions non-adjacentes dans les séries non-ADJ sont identiques, alors que le nombre de répétitions adjacentes dans les séries non-ADJ et celui de répétitions non-adjacentes dans les séries ADJ sont déterminés par le hasard. La probabilité d'obtenir une répétition adjacente avec 5 couleurs (5/25) a été rapportée sur le nombre de drapeaux composant les séries (8). Ainsi, nous avons obtenu 2 répétitions adjacentes  $((5/25) * 8 = 1.6, \text{arrondi à } 2)$ . Concernant les répétitions non-adjacentes, la même procédure a été suivie, en tenant compte du fait que les éléments répétés dans une répétition non-adjacente (par exemple, B\_B) peuvent être séparés par 1, 2 ou 3 éléments (par exemple, BJB, BJJB, BJJB). Ainsi, nous avons obtenu 1 répétition adjacente  $((20/125 + 80/625 + 400/3215)/3) * 8 = 1.11, \text{arrondi à } 1)$ . L'ensemble de ces précautions a permis d'obtenir les séries grammaticales suivantes:

- Séries ADJ.

F1ADJ: BJJ-RVV-BJJV-BJVR-RVVJ-BJJBT-RVVJJ-RVVJB  
 F2ADJ: JBB-VRR-JBBR-JBRV-VRRB-JBBJT-VRRBB-VRRBJ  
 F3ADJ: VJJ-RTT-VJJT-VJTR-RTTJ-VJJVB-RTTJJ-RTTJV  
 F4ADJ: VTT-BRR-VTTR-VTRB-BRRT-VTTVJ-BRRTT-BRRTV  
 F5ADJ: VBB-TJJ-VBBJ-VBJT-TJJB-VBBVR-TJJBB-TJJBV  
 F6ADJ: BTT-JVV-BTTV-BTVJ-JVVT-BTTBR-JVVTT-JVVTB  
 F7ADJ: BJJ-TRR-BJJR-BJRT-TRRJ-BJJBV-TRRJJ-TRRJB  
 F8ADJ: RVV-JTT-RVVT-RVTJ-JTTV-RVVRB-JTTVV-JTTVR  
 F9ADJ: TVV-RBB-TVVB-TVBR-RBBV-TVVTJ-RBBVV-RBBVT  
 F10ADJ: TBB-JRR-TBBR-TBRJ-JRRB-TBBTV-JRRBB-JRRBT

- Séries non-ADJ.

F1non-ADJ: BJB-RVR-RVRT-BJBT-RVJB-BJJBT-BJVJB-RVVRT  
 F2non-ADJ: JBJ-VRV-VRVT-JBJT-VRBJ-JBBJT-JBRBJ-VRRVT  
 F3non-ADJ: VJV-RTR-RTRB-VJVT-RTJV-VJJVB-VJTJV-RTTRB  
 F4non-ADJ: VTV-BRB-BRBJ-VTVJ-BRTV-VTTVJ-VTRTV-BRRBJ  
 F5non-ADJ: VBV-TJT-TJTR-VBVR-TJBV-VBBVR-VBJBV-TJJTR  
 F6non-ADJ: BTB-JVJ-JVJR-BTBR-JVTB-BTTBR-BTVTB-JVVJR  
 F7non-ADJ: BJB-TRT-TRTV-BJBV-TRJB-BJJBV-BJRJB-TRRTV  
 F8non-ADJ: RVR-JTJ-JTJB-RVRB-JTVR-RVVRB-RVTVR-JTTJB  
 F9non-ADJ: TVT-RBR-RBRJ-TVTJ-RBVT-TVVTJ-TVBVT-RBBRJ  
 F10non-ADJ: TBT-JRJ-JRJV-TBTV-JRBT-TBBTV-TBRBT-JRRJV

Les items grammaticaux des séries F1ADJ et F1non-ADJ sont issus de l'exemplaire illustré précédemment en Figure 3. Le recouvrement statistique de la grammaire par les séries ADJ est de .56 et la valeur correspondante est de .62 pour les séries non-ADJ<sup>3</sup> (voir Poletiek & van Schijndel, 2009).

Constitution des séries aléatoires. Sur le modèle des séries grammaticales, 10 exemplaires de séries aléatoires ont été construits, de telle sorte que chaque couleur soit au moins une fois en première position. Les séries ALEA paires (F2alt, F4alt,...) ont une structure commune entre elles, mais différente de celle des séries impaires (F1alt, F3alt,...). En effet, les séries ALEA paires ont été appariées aux séries non-ADJ et les séries ALEA impaires ont été appariées aux séries ADJ, en fonction de la fréquence d'occurrence des couleurs. Signalons que l'appariement s'est fait "au mieux", compte tenu des nombreuses contraintes imposées par la structure des séries grammaticales et le nombre limité de répétitions dans les séries ALEA.

Ainsi, les séries aléatoires comportent 13 ou 14 bigrammes et 15 ou 16 trigrammes distincts selon leur appariement et toutes contiennent deux répétitions adjacentes et une répétition non-adjacentes conformément aux probabilités établies précédemment. Ces précautions ont permis d'obtenir les séries aléatoires suivantes:

- Séries ALEA.

F1alea: JBV-RVJ-VJBR-BVVJ-RVBJ-TRJJV-JVBJV-VJBJR

F2alea: BJB-VJT-BJTR-JVBR-VRJJ-RVVJB-JTBRV-TRVB

F3alea: JVT-RTJ-TJVR-VTTJ-RTVJ-BRJJT-JTVJT-TJVJR

F4alea: TVT-BVJ-TVJR-VBTR-BRVV-RBBVT-VJTRB-JRBT

F5alea: BVJ-TJB-JBVT-VJJB-TJVB-RTBBJ-BJVB

F6alea: TBT-JBR-TBRV-BJTV-JVBB-VJJB-BRTVJ-RVJTB

F7alea: JBR-TRJ-RJBT-BRRJ-TRBJ-VTJJR-JRBJR-RJBT

F8alea: VRV-JRB-VRBT-RJVT-JTRR-TJJRV-RBVTJ-BTJVR

F9alea: VTB-RBV-BVTR-TBBV-RBTV-JRVVB-VBTVB-BVTVR

F10alea: BTB-JTV-BTVR-TJBR-JRTT-RJTB-TVBRJ-VRJBT

Notons que la probabilité d'occurrence d'une répétition ADJ et non-ADJ dans les séries aléatoires a été calculée par rapport au nombre de drapeaux (8), plutôt qu'au nombre, respectivement, de bigrammes et de trigrammes contenus dans une série. Afin de garantir que leur possible rareté au sein des productions du groupe contrôle ne soit due à leur sous-représentation dans les séries ALEA, un groupe contrôle additionnel soumis à aucun entraînement (UNTRAIN) a été testé. Ainsi, un groupe de 12 enfants de 5-6 ans, ainsi qu'un groupe de 12 enfants de 7-8 ans, n'ayant subi aucun entraînement, ont

<sup>3</sup> La probabilité de BYGYB, par exemple, étant générée par une grammaire est le produit des probabilités successives associées au parcours qui a permis de générer cet item (.5\*1\*.33\*.33\*.33). Le recouvrement statistique de la grammaire est la somme de ces probabilités.

reçu les mêmes consignes de génération implicite que les groupes expérimentaux et ALEA-contrôle. Un test de Student a permis de comparer les proportions de répétitions ADJ et non-ADJ observées pour le groupe (UNTRAIN) aux proportions théoriques reflétant ce que prédirait le hasard. Les productions de répétitions ADJ et non-ADJ sont significativement inférieures au hasard pour le groupe 5-6 ans, respectivement  $t(11) = -8.87, p < .01$  et  $t(11) = -2.5, p < .05$ , comme pour le groupe 7-8 ans, respectivement  $t(11) = -7.42, p < .01$  et  $t(11) = -2.23, p < .05$ . Ces résultats indiquent que les répétitions sont spontanément très rarement produites à l'intérieur des séquences en l'absence d'influences extérieures.

Lors de la phase d'entraînement, l'enfant manipule uniquement la barre espace du clavier, laquelle est recouverte d'une étiquette "départ". Une manipulation minimum du matériel a été souhaitée, afin que le sujet reste "attentionnellement" disponible à son environnement. En phase test, le sujet est invité à construire des drapeaux de couleurs. L'enfant dispose de planches données par l'expérimentateur au moment voulu, représentant des drapeaux de 3, 4 ou 5 emplacements, et de 25 carrés de couleurs pour compléter celles-ci (5 bleu, 5 vert, 5 rouge, 5 jaune et 5 turquoise), sans que l'enfant soit limité dans sa production (voir Figure 2B).

### 3. Procédure.

Présentation et phase d'apprentissage. La passation comportait deux phases, une première phase d'exposition au matériel durant approximativement 15 minutes, suivie d'une phase de test de 5 à 10 minutes. Les enfants sont placés confortablement devant l'ordinateur et sont informés qu'ils vont participer à un jeu vidéo durant lequel ils vont devoir utiliser le bouton "départ" indiqué par l'expérimentateur. Lorsqu'ils sont prêts et après enregistrement des informations nécessaires à l'expérience (prénom, sexe, date de naissance et série présentée), le jeu commence par l'écoute de la consigne suivante: "Bonjour, aujourd'hui les pandas organisent un tournoi de tir à la corde. Chaque équipe de pandas va te montrer son joli drapeau. Appuie sur départ pour voir le drapeau de la première équipe". Après présentation du contexte dans lequel se situe le jeu, l'enfant découvre les drapeaux des différentes équipes qui allaient s'affronter. Lors de cette phase, chacun des 8 drapeaux est vu successivement par l'enfant qui appuie sur le bouton "départ" pour les faire apparaître. Un seul drapeau est vu à la fois, une seule fois pour chacun des huit drapeaux (voir Figure 2C). Les couleurs apparaissent de manière séquentielle de gauche à droite à l'intérieur des drapeaux, à raison d'une couleur toutes les 500 ms. Puis, les consignes continuent ainsi: "Maintenant, le tournoi de tir à la corde va commencer. Appuie sur départ pour voir le drapeau de la première équipe (affichage 1<sup>er</sup> drapeau suivi d'un son de trompette). Appuie sur départ pour voir le drapeau de la 2<sup>ème</sup> équipe (affichage du 2<sup>ème</sup> drapeau suivi d'un son de trompette). Appuie sur départ pour lancer le match (les deux équipes s'affrontaient)". Le sujet appuie uniquement sur le bouton "départ" pour afficher le drapeau de la première équipe, puis de la seconde et enfin pour lancer le match (voir Figure 2A).

Lors de chaque match, les deux drapeaux restent visibles jusqu'à la victoire de l'une des équipes. Cette procédure se répète tout au long des 16 matchs du tournoi. Ainsi, les participants sont exposés quatre

fois à chacun des 8 drapeaux de la série (plus une fois, en tenant compte de la phase de présentation initiale). Toutes les équipes perdent deux fois et gagnent deux fois, la position (droite ou gauche) des équipes qui gagnent étant aléatoire. L'expérimentateur s'assure que le sujet maintient son attention sur le jeu tout au long de la phase d'exposition.

Phase test. Après cette phase d'exposition, la voix préenregistrée invite les participants à continuer le jeu en attirant leur attention sur l'absence de drapeaux lors de la seconde journée du tournoi. Un singe tenant un drapeau vide apparaît à l'écran (voir Figure 2D) accompagné de la consigne suivante: "Le lendemain, c'est au tour des singes de jouer au tir à la corde. Oh, regarde! Le singe a oublié de mettre des couleurs à son drapeau. Tu peux l'aider! Tu sais faire de jolis drapeaux, alors aide le singe en plaçant les couleurs que tu veux, sur le drapeau que tu as devant toi. Vas-y!". Ensuite, l'enfant entendait la consigne "aide le singe en plaçant les couleurs que tu veux, sur le drapeau que tu as devant toi. Vas-y!". Chaque fois, le sujet dispose d'une planche comportant soit 3, 4 ou 5 cases, correspondant à la longueur du drapeau à produire, accompagnée de 25 carrés de couleurs (voir Figure 2B).

Les 25 carrés de couleurs sont disposés aléatoirement devant l'enfant et régulièrement mélangés par l'expérimentateur qui veille à ce que les mêmes couleurs ne soient pas regroupées. De plus, il s'assure que l'enfant prenne les couleurs une par une et complète le drapeau de gauche à droite. Après chaque drapeau complété, l'expérimentateur saisit la production à l'aide du pavé numérique et les couleurs sélectionnées par l'enfant apparaissent sur le drapeau du singe. Une investigation pilote a révélé qu'il est préférable de demander aux enfants de construire des drapeaux à l'aide de carrés de couleurs plutôt qu'en appuyant sur des touches du clavier, évitant ainsi l'adoption de stratégies telles qu'appuyer sur les touches de "proche en proche", par exemple. Les carrés de couleurs utilisés pour le drapeau sont remis dans boîte, de sorte que les 25 carrés de couleurs soient disponibles à chaque nouvelle production. Les enfants réalisent ainsi deux drapeaux de respectivement 3, 4 et 5 couleurs. Ils voient ensuite les six équipes s'affronter lors de trois matchs qu'ils déclenchent en appuyant sur "départ" (voir Figure 2E). Cette phase s'achève par une animation félicitant les enfants, à la suite de laquelle l'expérimentateur enregistrait les informations concernant le sujet et ses productions, en cliquant sur l'icône "enregistrement" apparaissant à l'écran (voir Figure 2F).

Enfin, l'expérimentateur soumet les enfants à un questionnaire sous forme de débriefing, afin d'examiner leurs connaissances concernant le but de l'étude et ce qu'ils ont appris durant celle-ci: "Sais-tu pourquoi je t'ai demandé de participer à ce jeu? Que penses-tu que je voulais voir quand tu jouais à ce jeu? Est-ce que tu as remarqué quelque chose à propos des couleurs des drapeaux, ou à propos de comment étaient faits les drapeaux?" Les enfants ont principalement évoqué la longueur des drapeaux, l'aide apportée aux singes et les couleurs contenues dans le jeu, comme l'illustrent les réponses suivantes: "Tu voulais voir si je savais faire des drapeaux." "Tu voulais que je fasse des drapeaux pour les singes." "Tu voulais que je fasse jouer les pandas et les singes." "Il y avait du bleu, du rouge, du vert, du bleu clair et du jaune dans les drapeaux." "Il y avait des petits, des moyens et des grands drapeaux." Aucune de ces réponses n'évoque spontanément la présence de répétitions à

l'intérieur des drapeaux ou de toute autre régularité dans les successions de couleurs<sup>4</sup>, et la phase test n'est jamais explicitement reliée à la phase d'apprentissage par les enfants. Ces données n'ont pas été analysées davantage.

Respect de la "neutral parameter procedure" (NPP). La procédure employée dans cette expérience applique les critères de la NPP énoncés par Vinter et Perruchet (1999, 2000). Ces critères concernent la neutralité des consignes adressées aux participants et la neutralité du comportement mesuré, afin de minimiser les potentiels influences de processus conscients durant les phases d'apprentissage et de test. Dans cette étude, les consignes n'évoquent jamais le critère de grammaticalité qui était utilisé pour évaluer la performance des sujets. En outre, le comportement consciemment adopté par les enfants diffère de celui que les expérimentateurs tentent d'obtenir par le biais d'influences inconscientes. En effet, les enfants sont uniquement incités à produire de "jolis drapeaux" lors de cette tâche, et non pas des drapeaux semblables à ceux vus en phase d'apprentissage. Un autre point important concerne le choix du test employé, ici, une tâche de génération implicite. Comme Meulemans (1998a) en convient, nous admettons que celle-ci constitue une tâche plus "implicite" qu'une tâche de génération explicite ou de reconnaissance. Les instructions implicites délivrées ici ne requièrent pas de la part de l'enfant d'engager un effort intentionnel de récupération de l'information, ces processus étant connus pour évoluer avec l'âge (Cowan, 2005). Pour reprendre les termes de Perlman et Tzelgov (2006), ces instructions implicites placent le sujet en une situation de «récupération incidente ou automatique», par opposition à une «récupération intentionnelle» favorisée par l'emploi de consignes faisant explicitement référence à la phase d'entraînement. Par le respect des critères de la NPP, ces consignes limitent donc que les traitements effectués durant le test soient contaminés par des influences conscientes.<sup>5</sup>

#### 4. Recueil et Analyse des données.

Apprentissage des unités saillantes correctes. Nous avons codé la production de répétitions adjacentes et non-adjacentes correctes. La terminologie "correcte" signifie que les unités produites sont

---

<sup>4</sup> Cela ne signifie pas pour autant que les enfants n'étaient pas capables d'évoquer la présence répétitions. Comme nous l'avons observé avec plusieurs enfants, si l'expérimentateur demandait explicitement: "Est-ce que les drapeaux étaient toujours faits de couleurs différentes, ou des couleurs se répétaient-elles parfois à l'intérieur des drapeaux?", les enfants étaient capables de reconnaître que certaines couleurs étaient parfois répétées. La connaissance explicite exprimée par les enfants lors de cette phase dépend fortement du type de questions posées par l'expérimentateur.

<sup>5</sup> Il semble nécessaire d'expliquer pourquoi il n'était pas possible d'inclure un autre test (tel qu'un test de reconnaissance, par exemple) suivant le test de génération implicite. La reconnaissance est propice à la sollicitation de processus intentionnels de récupération de l'information (Gardiner & Java, 1993), ce qui implique qu'un tel test est beaucoup plus explicite qu'un test de génération implicite. Plusieurs auteurs ont suggéré le risque de contamination entre les tests implicites et explicites lorsqu'ils sont administrés conjointement aux mêmes participants (Gebauer & Mackintosh, 2007; Seger, Prabhakaran, Poldrack, & Gabrieli, 2000; Shimamura, 1985). Contrebalancer l'ordre entre les tests ne résout pas le problème. Un test de reconnaissance ne peut pas être administré d'abord puisque la moitié des items présentés pendant ce test sont non-grammaticaux. Cependant, exposer des participants à des erreurs (de l'information non-grammaticale) est connu pour être préjudiciable à l'AI (par exemple, Baddeley & Wilson, 1994; Perruchet, Rey, Hivert, & Pacton, 2006) et peut affecter la performance au test qui suit. Le même raisonnement tient également si le test de génération est présenté en premier. Un tel test amène inévitablement les participants à produire des items (partiellement ou complètement) faux (non-grammaticaux).

composées de la même succession de couleurs que celles vues pendant la phase d'entraînement, ce qui implique que ces unités sont grammaticales en ce qui concerne les groupes expérimentaux (ADJ et non-ADJ), ou correspondent aux successions de couleurs vues en entraînement pour le groupe contrôle (ALEA-contrôle). Ces fréquences d'occurrence de répétitions correctes ont été calculées en fonction de la longueur des drapeaux au sein desquels elles ont été produites. Par exemple, une répétition adjacente correcte à l'intérieur d'un drapeau de trois couleurs obtient un score de .50 (1 occurrence sur 2 répétitions possibles), ou un score de .33 (1 sur 3) ou de .25 (1 sur 4) respectivement dans des drapeaux de 4 ou 5 couleurs. La même procédure a été employée pour les répétitions non-adjacentes correctes (par exemple, une répétition non-adjacente correcte au sein d'un drapeau de 4 couleurs obtient un score de .50, puisqu'un drapeau de 4 couleurs peut contenir, au maximum, 2 répétitions non-adjacentes). Nous avons considéré comme répétitions non-adjacentes, les structures de types, X\_X ou X\_ \_X ou X\_ \_ \_ X, indépendamment du nombre de couleurs séparant l'élément répété. De plus, nous avons compté le nombre d'enfants ayant produit au moins un drapeau entier strictement identique à l'un de ceux présentés pendant la phase d'entraînement, en fonction du groupe d'appartenance (ADJ, non-ADJ ou ALEA-contrôle).

Codage de la structure répétitive (répétitions incorrectes). Afin de répondre à la question du codage de la structure de répétition indépendamment du codage de la couleur, nous avons également considéré les répétitions adjacentes et non-adjacentes produites de couleurs différentes (incorrectes) de celles vues en phase d'étude. Le calcul de leurs fréquences d'occurrence a suivi la procédure employée pour le codage des productions correctes.

Codage de la position des unités saillantes. Nous avons tenté d'observer si l'apprentissage des propriétés saillantes du matériel a également permis le codage de leur position. Nous nous sommes concentrés sur la production de répétitions correctes. Puisque les répétitions pouvaient prendre plusieurs emplacements possibles au sein de certains drapeaux d'une même série, nous avons relevé le nombre de répétitions adjacentes et non-adjacentes correctes qui étaient également correctement positionnées au sein des drapeaux, et calculé leurs fréquences d'occurrence en fonction de la longueur du drapeau, comme nous l'avons fait précédemment pour les unités saillantes correctes indépendamment de la position. Pour les répétitions non-adjacentes, la position est définie par celle de la première couleur qui la compose, quelle que soit sa longueur (B\_B, B\_ \_B ou B\_ \_ \_ B). La couleur et la position ont été considérées comme deux dimensions encodées de manière indépendante pendant la phase d'entraînement. Cela signifie que les enfants ont pu apprendre indépendamment une séquence spécifique, par exemple, BJB (voir F1non-ADJ), et le fait qu'une répétition non-adjacente apparaissait en première et seconde position (comme dans BJVJB, voir F1non-ADJ). Ainsi, nous avons considéré comme correctement positionnée, la répétition non-adjacente JVJ au sein d'un drapeau de 3 couleurs ou la répétition non-adjacente BJB au sein d'un drapeau de 5 couleurs comme XBJBX. Le nombre d'unités correctement positionnées a été directement comparé à celui d'unités correctes de façon à examiner dans quelle mesure elles ont été plus fréquemment produites correctement positionnées. Concernant les répétitions non-adjacentes, seules celles produites à l'intérieur de drapeaux de 5

couleurs ont été considérées, puisque les répétitions non-adjacentes produites au sein de drapeaux de 3 et 4 couleurs étaient automatiquement positionnées de manière correcte de par la constitution des séries non-ADJ.

Codage des autres unités correctes: première couleur, bigrammes, trigrammes et quadrigrammes, premiers et derniers bigrammes et trigrammes. Dans cette dernière partie, nous nous sommes intéressés aux productions de diverses unités, qu'elles contiennent ou non des unités saillantes, à travers la production de la première couleur, de bigrammes, de trigrammes et de quadrigrammes corrects. Ainsi, le nombre de premières couleurs correctes a été comptabilisé uniquement pour les groupes expérimentaux, toutes les couleurs étant représentées à cette position dans les séries ALEA-contrôle, et directement comparé à la fréquence théorique 0.40 (deux couleurs sur cinq étant présentes à cette position au sein des séries ADJ et non-ADJ). Concernant les bigrammes, trigrammes et quadrigrammes corrects, après avoir relevé leur nombre, nous avons calculé leurs fréquences d'occurrence en fonction de la longueur du drapeau au sein duquel ils ont été produits (nombre d'occurrences/ nombre de bigrammes, trigrammes ou quadrigrammes possibles dans un drapeau de 3, 4 ou 5 couleurs). Pour terminer, et afin de vérifier si les unités de "début" et "fin" de drapeaux avaient obtenu l'attention du sujet et permis de coder l'information positionnelle, nous avons analysé les unités suivantes: premiers et derniers bigrammes et trigrammes de chaque drapeau. La position étant unique, le score était donc de 0 pour les unités incorrectes et de 1 pour les unités correctes.

L'analyse des données a été menée à quatre niveaux. Le premier niveau d'analyse s'est attaché à décrire les capacités d'apprentissage implicite des unités saillantes correctes du matériel (répétitions adjacentes et non-adjacentes). Le second a examiné le codage des structures répétitives détenues par la répétition (adjacente ou non-adjacente) indépendamment du codage de la couleur (répétitions incorrectes). Nous avons poursuivi par l'analyse du codage de l'information positionnelle propre aux répétitions adjacentes et non-adjacentes correctes. Enfin, le codage de la couleur et de la position d'autres unités du matériel indépendamment de leur saillance a fait l'objet des dernières analyses. Ainsi, des ANOVAS ont été réalisées avec les facteurs Age et soit Groupe (Expérimental: ADJ et non-ADJ ou Contrôle: ALEA) ou Types de séries (ADJ, non-ADJ et ALEA) sur les fréquences moyennes de répétitions adjacentes et non-adjacentes correctes, de répétitions ADJ et non-ADJ incorrectes, et de première couleur, bigrammes, trigrammes, et quadrigrammes corrects, ainsi que de premiers et derniers bigrammes et trigrammes corrects. Des tests de  $\chi^2$  ont été conduits sur les distributions de participants ayant produit au moins un drapeau entièrement correct et les distributions de répétitions adjacentes et non-adjacentes correctement positionnées.

Durant notre analyse, nous avons complété les ANOVAS par des comparaisons entre les proportions observées et les proportions théoriques censées exprimer ce que donnerait un tirage des couleurs au hasard. Deux méthodes, qui ont produit des résultats similaires, ont été utilisées<sup>6</sup>. La

---

<sup>6</sup> Nous tenons à remercier Pierre Perruchet et Paul Molin pour leur aide précieuse lors de la programmation des outils nécessaires à l'établissement des proportions théoriques.

méthode Monte-Carlo a consisté en une simulation de la distribution des probabilités du système à tester, prenant en compte différents paramètres (le nombre de carrés de couleurs mis à la disposition des participants, la longueur des drapeaux, la procédure de tirage sans remise...), au sein de laquelle un grand nombre d'essais sont aléatoirement prélevés et permettent le calcul de la fréquence d'occurrence de l'évènement désiré. A travers une approche analytique, nous avons également calculé les probabilités précises de produire une répétition adjacente ou non-adjacente, ou tout autre bigramme, trigramme ou quadrigramme spécifique dans différents cas. Les enfants disposaient de 25 carrés de couleurs, représentant équitablement les 5 couleurs utilisées dans la tâche. Par conséquent, chaque tirage de couleur pendant la phase de génération implicite réduisait la probabilité de tirer à nouveau cette même couleur au hasard. La totalité des drapeaux de 3, 4 et 5 couleurs autorisés par les 25 carrés de couleurs était générée, selon la condition de tirage sans remise (pour les drapeaux de 3 couleurs :  $25 \times 24 \times 23$  possibilités, pour les drapeaux de 4 couleurs:  $25 \times 34 \times 23 \times 22$  et pour les drapeaux de 5 couleurs :  $25 \times 34 \times 23 \times 22 \times 21$ ). Ainsi, le programme comptabilise, à l'intérieur de l'ensemble des drapeaux générés, le nombre de répétitions "BB" par exemple, et calcule sa fréquence d'occurrence pour les différentes longueurs de drapeaux. Des tests de Student ont été employés pour comparer les proportions observées à celles théoriques.

## Résultats

### 1. Apprentissage des unités saillantes (répétitions ADJ et non-ADJ) correctes.

Les capacités d'apprentissage des unités saillantes du matériel ont été testées à travers l'observation des fréquences de production (en %) de répétitions adjacentes et non-adjacentes correctes au sein des deux groupes expérimentaux (ADJ et non-ADJ) et du groupe contrôle (ALEA-contrôle). Les résultats de cette première analyse sont représentés dans la Figure 4. Les fréquences de production de répétitions adjacentes et non-adjacentes correctes sont supérieures pour les groupes exposés aux types de séries qui ont respectivement favorisé l'apparition de répétitions adjacentes et non-adjacentes au sein de leurs items, c'est-à-dire, les groupes ADJ et non-ADJ.

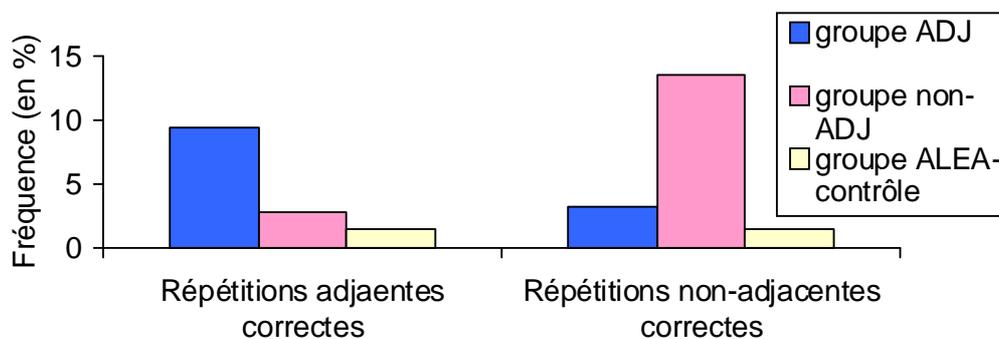
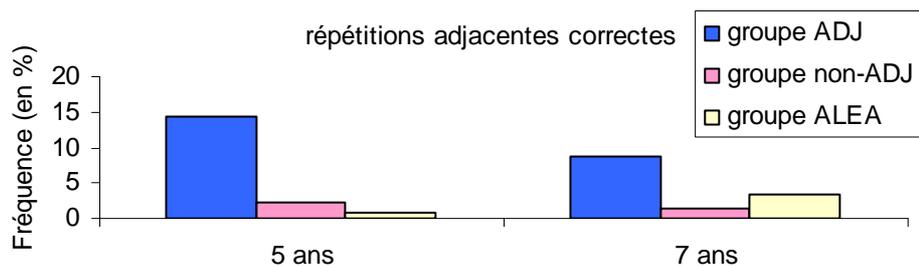


Figure 4. Fréquence moyenne de production (en %) des unités saillantes, répétitions adjacentes et non-adjacentes correctes, en fonction du Type de séries (ADJ, non-ADJ et ALEA-contrôle).

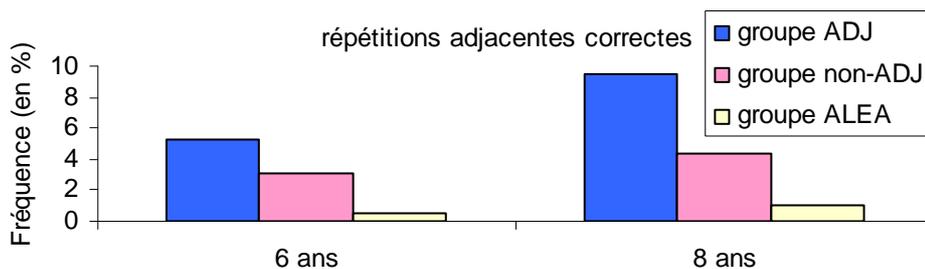
Une ANOVA a été menée avec les facteurs inter-sujets Age (4: 5, 6, 7 et 8 ans) et Type de séries (3: ADJ, non-ADJ et ALEA-contrôle) sur les fréquences de production (en %) de répétitions adjacentes et non-adjacentes correctes. Le facteur Type de séries montre un effet significatif concernant la production de répétitions adjacentes correctes,  $F(2, 108) = 13.4, p < .01$ , ainsi que pour la production de répétitions non-adjacentes correctes,  $F(2, 108) = 15.87, p < .01$ . Des comparaisons planifiées révèlent que le groupe ADJ ( $M = 9.4\%$ ,  $SD = 10,8$ ) produit plus de répétitions adjacentes correctes que le groupe non-ADJ ( $M = 2.8\%$ ,  $SD = 6,1$ ) et le groupe ALEA-contrôle ( $M = 1.5\%$ ,  $SD = 3,2$ ),  $p_s < .01$ , et que le groupe non-ADJ ( $M = 13.5\%$ ,  $SD = 16,4$ ) produit plus de répétitions non-adjacentes correctes que le groupe ADJ ( $M = 3.3\%$ ,  $SD = 5,5$ ) et le groupe ALEA-contrôle ( $M = 1.5\%$ ,  $SD = 3,7$ ),  $p_s < .01$ . Ainsi, les enfants semblent avoir appris spécifiquement les unités saillantes correctes des séries auxquelles ils ont été confrontés.

Lorsqu'on considère ces productions âge par âge, des comparaisons planifiées confirment que le groupe ADJ produit plus de répétitions ADJ que les groupes non-ADJ et ALEA à l'âge de 5 ans ( $p_s < .01$ ) et de 7 ans ( $p_s < .01$ ) comme le montre la Figure 5.



**Figure 5.** Fréquence moyenne de production (en %) de répétitions adjacentes correctes, en fonction du Type de séries (ADJ, non-ADJ et ALEA-contrôle) pour les classes d'âge 5 et 7 ans.

En revanche, la Figure 6 montre que la production de répétitions ADJ pour le groupe ADJ surpasse significativement celle du groupe ALEA à l'âge de 6 et 8 ans ( $p_s < .05$ ), mais pas celle du groupe non-ADJ ( $F < 1$  and  $p = .14$ , respectivement).



**Figure 6.** Fréquence moyenne de production (en %) de répétitions adjacentes, en fonction du Type de séries (ADJ, non-ADJ et ALEA-contrôle) pour les classes d'âge 6 et 8 ans.

Concernant la production des répétitions non-ADJ, la Figure 7 indique que le groupe non-ADJ produit plus d'unités correctes que le groupe ADJ et le groupe ALEA à l'âge de 5 ans ( $p < .01$  et  $p < .05$ , respectivement), 6 ans ( $p_s < .01$ ) et 7 ans ( $p_s < .01$ ).

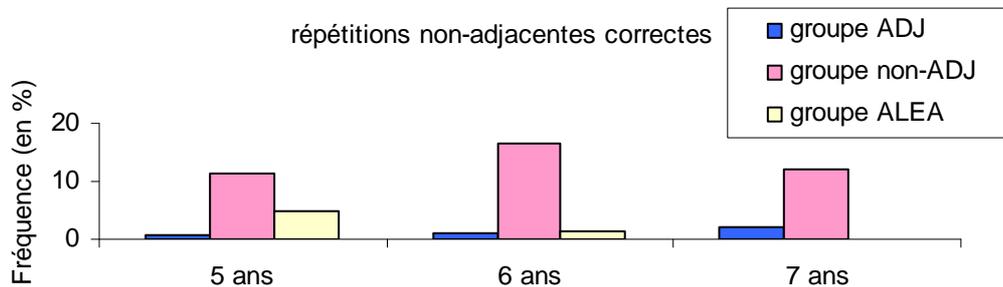


Figure 7. Fréquence moyenne de production (en %) de répétitions non-adjacentes, en fonction du Type de séries (ADJ, non-ADJ et ALEA-contrôle) pour les classes d'âge 5, 6 et 7 ans.

Par contre, la Figure 8 montre qu'à 8 ans, le groupe non-ADJ introduit significativement plus de répétitions non-ADJ dans leurs drapeaux que le groupe ALEA ( $p < .05$ ), mais pas plus que le groupe ADJ, en dépit de tendances comportementales congruentes ( $F < 1$ ).

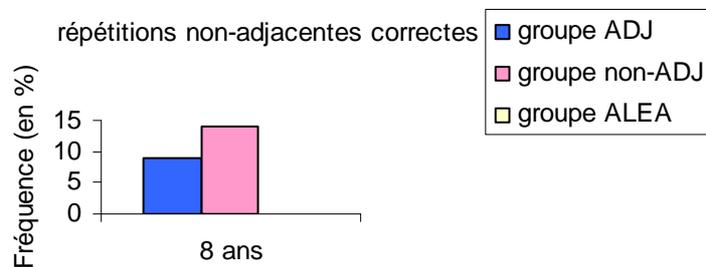


Figure 8. Fréquence moyenne de production (en %) de répétitions non-adjacentes, en fonction du Type de séries (ADJ, non-ADJ et ALEA-contrôle) pour la classe d'âge 8 ans.

Toujours dans une perspective développementale, une ANOVA a été conduite avec les facteurs inter-sujets Age (4) et Groupe (2: expérimental or contrôle). Elle révèle que l'interaction Age\*Groupe n'est jamais significative, que nous considérons la production de répétitions ADJ ou non-ADJ,  $F_s < 1$ , alors qu'un effet principal du Groupe est observé dans les deux cas, respectivement  $F(1, 112) = 9.16, p < .01$  et  $F(1, 112) = 10.18, p < .01$ , avec le groupe expérimental plus performant que le groupe contrôle.

Une ANOVA menée sur les facteurs inter-sujets Age (4) et Type de séries (3) vient confirmer la robustesse des performances face au développement. Aucun effet significatif de l'Age,  $F < 1$ , ni d'effet d'interaction Age\*Type de séries,  $F(6, 108) = 1.15, p > .30$ , n'apparaît pour la production de

répétitions adjacentes correctes. L'effet de l'Age reste non significatif lorsque le groupe ADJ est analysé séparément,  $F(3, 36) = 1.20, p > .30$  (groupe ADJ, 5 ans:  $M = 14.3\%$ ,  $SD = 15,3$ ; 6 ans:  $M = 5.3\%$ ,  $SD = 10,3$ ; 7 ans:  $M = 8.7\%$ ,  $SD = 7,9$ ; 8 ans:  $M = 9.4\%$ ,  $SD = 7,5$ ). Les mêmes résultats ont été obtenus pour les répétitions non-adjacentes correctes, révélant un effet de l'Age et une interaction Age\*Type de séries non significatifs,  $F_s < 1$ . L'effet de l'Age demeure non significatif lorsque le groupe non-ADJ est analysé séparément,  $F < 1$  (groupe non-ADJ, 5 ans:  $M = 11.4\%$ ,  $SD = 8,3$ ; 6 ans:  $M = 16.7\%$ ,  $SD = 18,9$ ; 7 ans:  $M = 12.2\%$ ,  $SD = 11,6$ ; 8 ans:  $M = 13.9\%$ ,  $SD = 24,2$ ). L'absence d'effet d'Age significatif, et en particulier au sein des groupes où un apprentissage spécifique est attendu, montre que les enfants ont appris le matériel répété quel que soit leur âge, bien que les enfants plus âgés aient pu avoir appris différemment des plus jeunes.

Afin de compléter ces données, le Tableau 3 compare les proportions observées et théoriques des unités répétitions adjacentes et non-adjacentes correctes. Des tests de Student ne révèlent aucune différence significative entre les proportions de répétitions adjacentes correctes pour le groupe ADJ (9.4%) et le hasard (6.7%),  $t(39) = 1.63, p = .11$ ), alors que les groupes non-ADJ (2.8%) et ALEA (1.5%) ont produit significativement moins de répétitions non-adjacentes correctes que le hasard (6.7%) ne l'aurait prédit, respectivement  $t(39) = -4.02, p < .01$  et  $t(39) = -10.27, p < .01$ . Concernant les répétitions non-adjacentes correctes, les performances des groupes non-ADJ (13.5%) et ADJ (3.3%) ne diffèrent pas significativement du hasard (respectivement, 9.3% et 3.1%), respectivement  $t(39) = 1.64, p = .11$  et  $t < 1$ , tandis que les productions pour le groupe ALEA (1.5%) sont significativement inférieures au hasard (3.1%),  $t(39) = -2.67, p < .05$ . Ces résultats confirment une tendance naturelle à ne produire que très peu de répétitions adjacentes et non-adjacentes en l'absence d'influences extérieures, comme en rendent compte les performances du groupe ALEA.

Tableau 3: Comparaison entre les proportions observées et théoriques de répétitions adjacentes et non-adjacentes correctes, en fonction du Type de séries. (\* indique que la différence entre les proportions est significative à .05 ou .01)

Unités	Groupe	Proportions Théoriques	Proportions Observées	tests de Student
Répétitions ADJ correctes	ADJ	.067	.094	$t(39) = 1.63, p = .11$
	non-ADJ	.067	.028	* $t(39) = -4.02, p < .01$
	ALEA-contrôle	.067	.015	* $t(39) = -10.24, p < .01$
Répétitions non-ADJ correctes	ADJ	.031	.033	$t < 1$
	non-ADJ	.093	.135	$t(39) = 1.64, p = .11$
	ALEA-contrôle	.031	.015	* $t(39) = -2.67, p < .05$

2. Production de drapeaux entiers corrects.

Afin d'observer la capacité d'apprentissage d'items entiers, nous avons comparé le nombre d'enfants qui ont produit au moins un drapeau entier correct au sein du groupe expérimental (groupes ADJ et non-ADJ) et du groupe contrôle (groupe ALEA-contrôle). Des tests de chi2 ont été employés à cette occasion. Ces tests révèlent que le nombre d'enfants qui ont produit au moins un drapeau entier correct diffère significativement entre le groupe expérimental (9/80) et le groupe contrôle (0/40),  $\chi^2(1) = 4.86, p < .05$ . Les enfants sont plus nombreux à produire des drapeaux corrects dans le groupe non-ADJ (5/40) en comparaison au groupe ALEA-contrôle (0/40),  $\chi^2(1) = 5.33, p < .05$ , et la même comparaison entre le groupe ADJ (4/40) et le groupe ALEA-contrôle (0/40) reste significative (4/40),  $\chi^2(1) = 4.21, p < .05$ . Ces résultats montrent un apprentissage de drapeaux entiers exclusivement de la part du groupe expérimental.

3. Codage de la structure de répétition, indépendamment de la couleur: répétitions incorrectes.

La distinction entre les unités saillantes (répétitions adjacentes et non-adjacentes) produites de couleurs correctes (identiques aux couleurs vues en entraînement) et celles produites dans d'autres couleurs a permis d'observer dans quelle mesure les participants ont été sensibles à un possible codage de la structure répétitive adjacente (XX) et non-adjacente (X \_ X). La Figure 9 présente les fréquences moyennes (en %) obtenues pour la production de répétitions adjacentes et non-adjacentes incorrectes, en fonction du Type de groupe (non-ADJ, ADJ ou ALEA-contrôle). Les productions correctes présentées précédemment sont également illustrées à titre de comparaison. On peut y observer une production des répétitions non-adjacentes de manière plutôt correcte qu'incorrecte pour le groupe non-ADJ, alors que le groupe ADJ a tendance à produire la structure de répétition adjacente indépendamment de la couleur, répétitions ADJ correctes et incorrectes.

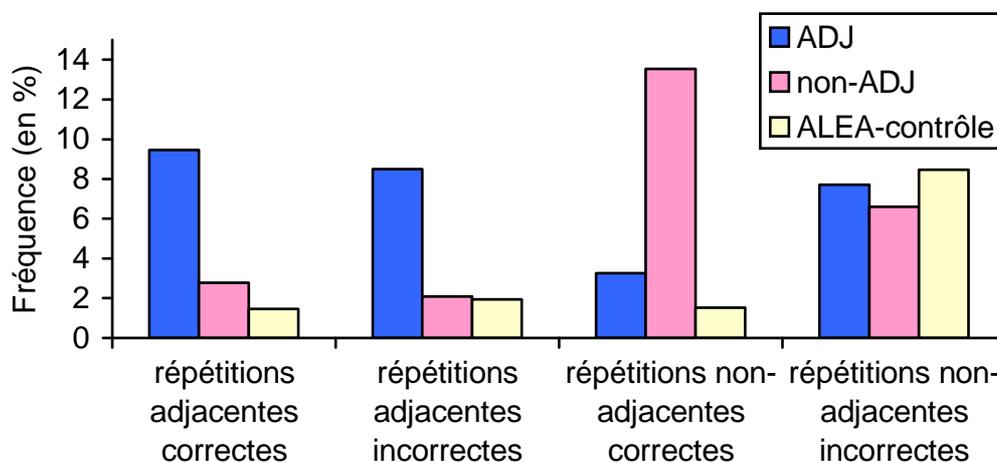


Figure 9. Fréquence moyenne (en %) de répétitions adjacentes et non-adjacentes correctes et incorrectes, en fonction du Type de séries (ADJ, non-ADJ et ALEA-contrôle).

Une ANOVA a été menée avec les facteurs inter-sujets Age (4) et Type de séries (3), sur les fréquences de production (en %) de répétitions adjacentes et non-adjacentes incorrectes. Elle montre que l'effet du Type de séries est significatif uniquement pour la production d'unités ADJ incorrectes,  $F(2, 108) = 8.17, p < .01$ , dans le sens d'une meilleure performance pour le groupe ADJ ( $M = 8.5\%$ ,  $SD = 12,7$ ) que pour le groupe non-ADJ ( $M = 2.1\%$ ,  $SD = 4,8$ ) et le groupe ALEA-contrôle ( $M = 1.9\%$ ,  $SD = 4,2$ ), le facteur Type de séries n'étant pas significatif pour la production d'unités non-ADJ incorrectes,  $F < 1$ . Lorsque les groupes d'âge sont analysés séparément, le facteur Type de séries n'atteint pas le seuil de significativité pour les structures ADJ seulement chez les enfants de 7 ans,  $F < 1$ , comme en témoigne la Figure 10.

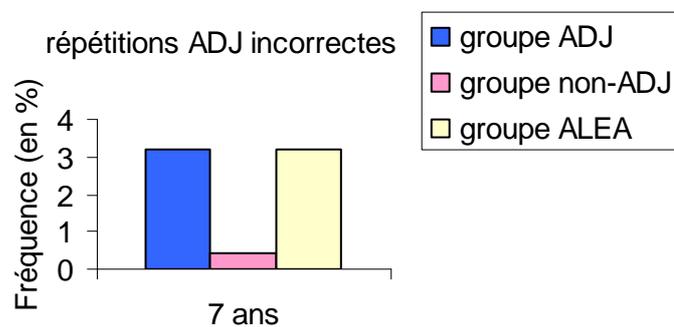


Figure 10. Fréquence moyenne de production (en %) de répétitions ADJ incorrectes, en fonction du Type de séries (ADJ, non-ADJ et ALEA-contrôle) pour la classe d'âge 7 ans.

Aux autres âges, la Figure 11 montre que le groupe ADJ produit toujours davantage d'unités ADJ incorrectes que ne le font les groupes non-ADJ et ALEA,  $p_s < .05$ .

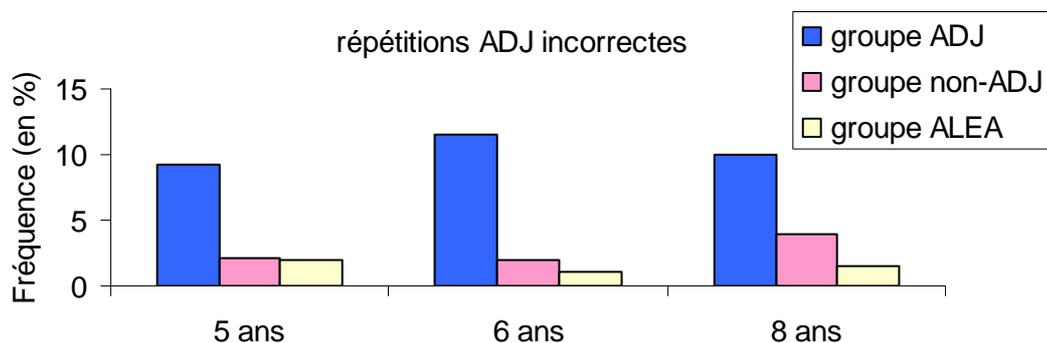


Figure 11. Fréquence moyenne de production (en %) de répétitions ADJ incorrectes, en fonction du Type de séries (ADJ, non-ADJ et ALEA-contrôle) pour les classes d'âge 5, 6 et 8 ans.

En revanche la Figure 12 révèle que le facteur Type de séries n'est jamais significatif pour les répétitions non-ADJ incorrectes, quel que soit l'âge,  $F_s < 1$ .

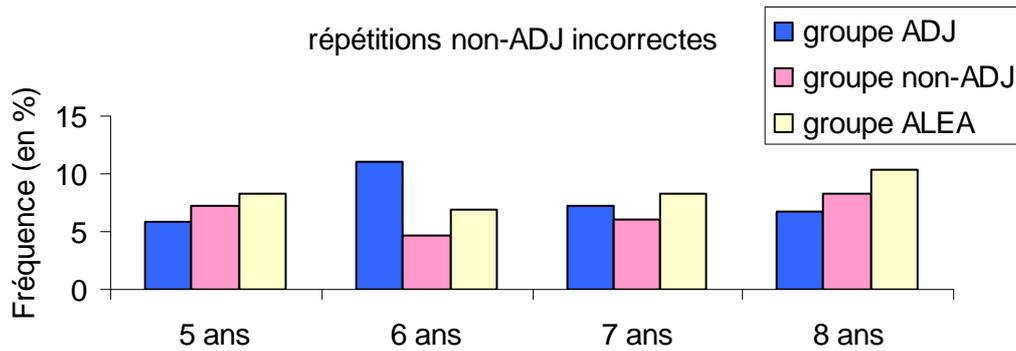


Figure 12. Fréquence moyenne de production (en %) de répétitions non-ADJ incorrectes, en fonction du Type de séries (ADJ, non-ADJ et ALEA-contrôle) pour les classes d'âge 5, 6, 7 et 8 ans.

Toutefois, les proportions théoriques n'étant pas identiques selon le Type de séries auquel les sujets ont été exposés, il convient de comparer les proportions observées des unités incorrectes à leurs proportions théoriques. Le Tableau 4 présente les comparaisons entre les proportions observées et théoriques de répétitions adjacentes et non-adjacentes incorrectes, en fonction du Type de séries.

Tableau 4: Comparaison entre les proportions observées et théoriques de répétitions adjacentes et non-adjacentes incorrectes, en fonction du Type de séries. (\* indique que la différence entre les proportions est significative à .05 ou .01)

Unité	Groupe	Proportions Théoriques	Proportions Observées	Tests de Student
répétitions ADJ incorrectes	ADJ	.100	.085	t<1
	non-ADJ	.100	.021	* t(39) = -10.43, p < .01
	ALEA-contrôle	.100	.019	* t(39) = -12.15, p < .01
Répétitions non-ADJ incorrectes	ADJ	.124	.077	* t(39) = -3.50, p < .01
	non-ADJ	.062	.066	t<1
	ALEA-contrôle	.124	.085	* t(39) = -3.15, p < .01

Les comparaisons issues des tests de Student montrent que les groupes ADJ et non-ADJ ont produit respectivement autant d'unités ADJ et non-ADJ incorrectes que ce que prédisait le hasard,  $t_s < 1$ , tandis que le groupe contrôle pour les deux types d'unités incorrectes, le groupe ADJ pour la répétition non-ADJ et le groupe non-ADJ pour la répétition ADJ, révèlent des performances inférieures à ce qu'on pouvait attendre d'une production au hasard,  $p_s < .01$ . Ces résultats viennent confirmer le codage de la structure ADJ, qui opérerait quasiment à tous les âges, et relativisent le codage exclusivement correct de la répétition non-adjacente, observé lors de la précédente analyse. Par ailleurs, la tendance naturelle à ne produire que rarement des répétitions en l'absence d'influences extérieures se confirme, notamment au regard des performances du groupe contrôle.

Dans une perspective développementale, l'analyse de l'effet de l'âge a été étendue aux productions des répétitions ADJ et non-ADJ incorrectes. Précédemment nous avons observé une absence d'effet significatif de l'âge, et en particulier, pour les productions de répétitions non-adjacentes correctes pour le groupe non-ADJ et de répétitions adjacentes correctes pour le groupe ADJ, où un apprentissage spécifique a opéré. Les ANOVAS n'ont révélé aucun effet d'Age,  $F_s < 1$ , ou d'effet d'interaction Age\*Type de séries,  $F_s < 1$ . Les effets d'âge sont demeurés non significatifs pour la production de l'unité non-ADJ incorrecte, dans le groupe non-ADJ,  $F < 1$  (groupe non-ADJ, 5 ans:  $M = 7.2\%$ ,  $SD = 6,7$ ; 6 ans:  $M = 4.7\%$ ,  $SD = 6,4$ ; 7 ans:  $M = 6.1\%$ ,  $SD = 10,3$ ; 8 ans:  $M = 8,3\%$ ,  $SD = 9,4$ ), ainsi que pour la production de l'unité ADJ incorrecte dans le groupe ADJ,  $F < 1$  (groupe ADJ, 5 ans:  $M = 9.3\%$ ,  $SD = 15,7$ ; 6 ans:  $M = 11.5\%$ ,  $SD = 11,1$ ; 7 ans:  $M = 3.2\%$ ,  $SD = 4,8$ ; 8 ans:  $M = 10\%$ ,  $SD = 12,7$ ). Ces résultats sont concordants avec ceux observés lors de l'analyse des productions des unités saillantes correctes, et supportent le postulat de Reber (1993) en faveur de capacités d'apprentissage implicite invariables face à l'âge des participants.

#### 4. Codage de la position des unités saillantes.

L'analyse du codage de la position a consisté à examiner la distribution des répétitions adjacentes (ou non-adjacentes) de bonnes couleurs et correctement positionnées à l'intérieur des drapeaux, sur la totalité des répétitions adjacentes (ou non-adjacentes) correctes produites. Notre observation s'est concentrée sur les groupes pour lesquels un apprentissage spécifique a opéré, c'est-à-dire le groupe non-ADJ pour les répétitions non-adjacentes et le groupe ADJ pour les répétitions adjacentes. Rappelons que seuls les drapeaux de 5 couleurs du groupe non-ADJ ont été analysés (voir méthode). Des tests de chi2 révèlent que le groupe non-ADJ n'a pas produit plus de répétitions non-adjacentes correctement positionnées (35/45) que ce que prédirait une production au hasard (30/45),  $\chi^2(1) = 1.38$ ,  $p = .24$ . Les résultats indiquent également que le groupe ADJ, qui a produit 29 répétitions adjacentes correctement positionnées parmi 63 répétitions adjacentes correctes, ne montre pas de performance supérieure au hasard (28/63),  $\chi^2(1) = 1.14$ ,  $p = .285$ .

Pour terminer, nous avons examiné si l'invariabilité des capacités d'apprentissage face au développement perdurait pour le codage de l'information positionnelle. Comme lors des précédentes analyses, les ANOVA n'ont montré aucun effet de l'Age,  $F_s < 1$ , ou d'effet d'interaction Age\*Type de Séries,  $F_s < 1$ , pour les répétitions non-adjacentes correctement positionnées, comme pour les répétitions adjacentes correctement positionnées. Par ailleurs, l'effet de l'Age demeure non significatif lorsque le groupe non-ADJ est considéré seul,  $F < 1$ , (5 ans:  $M = 10.3\%$ ,  $SD = 6,7$ ; 6 ans:  $M = 16.1\%$ ,  $SD = 18,1$ ; 7 ans:  $M = 10\%$ ,  $SD = 9,6$ ; 8 ans:  $M = 12.2\%$ ,  $SD = 22,6$ ), ainsi que lorsque le groupe ADJ est analysé séparément,  $F < 1$ , (5 ans:  $M = 6\%$ ,  $SD = 7,6$ ; 6 ans:  $M = 2.5\%$ ,  $SD = 5,6$ ; 7 ans:  $M = 4\%$ ,  $SD = 4,9$ ; 8 ans:  $M = 5.5\%$ ,  $SD = 5,2$ ).

Ces résultats confirment la robustesse des performances avec l'âge précédemment observée, en particulier pour les groupes où un apprentissage est attendu. Toutefois, le codage de l'information

positionnelle n'ayant pas été établi, l'absence d'effet d'âge est ici moins probant que lors de l'apprentissage des unités correctes et incorrectes, pour lesquels un apprentissage spécifique des groupes non-ADJ et ADJ est observé.

5. Production des autres unités, neutres, correctes.

Dans cette dernière partie, nous analysons les unités qui ont pu être produites de manière correcte (de la même couleur que les unités composant les items d'étude), indépendamment de leur caractère saillant. Dans un premier temps, nous avons examiné la production de la première couleur des drapeaux, ainsi que des bigrammes, trigrammes et quadrigrammes qui les composent. Nous avons ensuite analysé le codage des parties début et fin des drapeaux à travers les premiers et derniers bigrammes et trigrammes des drapeaux produits. Rappelons, qu'à ce niveau d'analyse, les répétitions adjacentes et non-adjacentes ont été respectivement comptées comme des bigrammes et trigrammes ordinaires.

L'analyse de ces productions ne mettant pas l'accent sur les particularités des séries non-ADJ et ADJ, toutes deux grammaticales, leur distinction n'a donc pas été nécessaire. L'ensemble des séries grammaticales est comparé aux séries aléatoires, de manière à observer l'effet de la grammaticalité des séries sur les productions des sujets.

a. Apprentissage de la 1<sup>ère</sup> couleur, des bigrammes, trigrammes et quadrigrammes corrects.

La production de 1<sup>ère</sup> couleur pour les séries aléatoires étant inintéressante (toutes les couleurs sont représentées à cette position dans les séries aléatoires, voir méthode), son analyse s'est limitée à la comparaison entre proportions observées et théoriques. Les fréquences de production (en %) de bigrammes, trigrammes et quadrigrammes corrects, en fonction de la Grammaticalité des séries, sont représentées dans la Figure 13. Celle-ci permet d'observer une fréquence de production des bigrammes corrects pour les séries aléatoires supérieure à celle du groupe expérimental et une absence de différence pour les trigrammes et les quadrigrammes corrects.

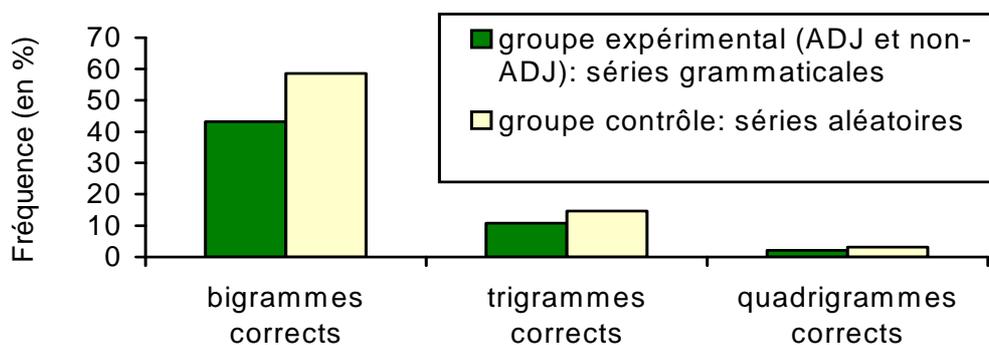


Figure 13. Fréquence moyenne de production (en %) des éléments; bigrammes, trigrammes et quadrigrammes corrects, en fonction du Groupe (expérimental vs contrôle).

Une ANOVA comprenant les facteurs inter-sujets Age (4) et Groupe (2: expérimental / contrôle) a été menée sur les fréquences de production des éléments bigrammes, trigrammes et quadrigrammes corrects. Celle-ci met en évidence un effet significatif du Groupe dans le sens d'une fréquence de production de bigrammes corrects supérieure pour les séries aléatoires (58.6%) par rapport aux séries grammaticales (43.2%),  $F(1, 112) = 34.07, p < .01$ . Concernant les trigrammes et les quadrigrammes corrects, nous n'observons pas de différence significative de production, respectivement  $p = .09$  et  $F < 1$ . Les performances du groupe expérimental inférieures à celles du groupe contrôle semblent indiquer une absence d'apprentissage de ces unités par les sujets exposés aux séries grammaticales.

Toutefois, l'ensemble des séries étant constitué d'un nombre restreint de bigrammes et trigrammes, il est possible que les sujets exposés aux séries aléatoires aient appris quelque chose. Par ailleurs, la supériorité du nombre de bigrammes et trigrammes à l'intérieur de séries aléatoires, et donc d'unités correctes possibles, pourrait contribuer fortement à la supériorité des productions correctes pour le groupe contrôle. Pour ces raisons, une comparaison entre les proportions observées et théoriques (censées exprimer un tirage de couleurs au hasard) a été menée à l'aide d'un test de Student, comme indiqué dans le Tableau 5.

Tableau 5: Comparaison entre les proportions observées et théoriques de première couleur, bigrammes, trigrammes et quadrigrammes corrects, en fonction du Groupe ("expérimental" vs "contrôle"). (\* indique que la différence entre les proportions est significative à .05 ou .01)

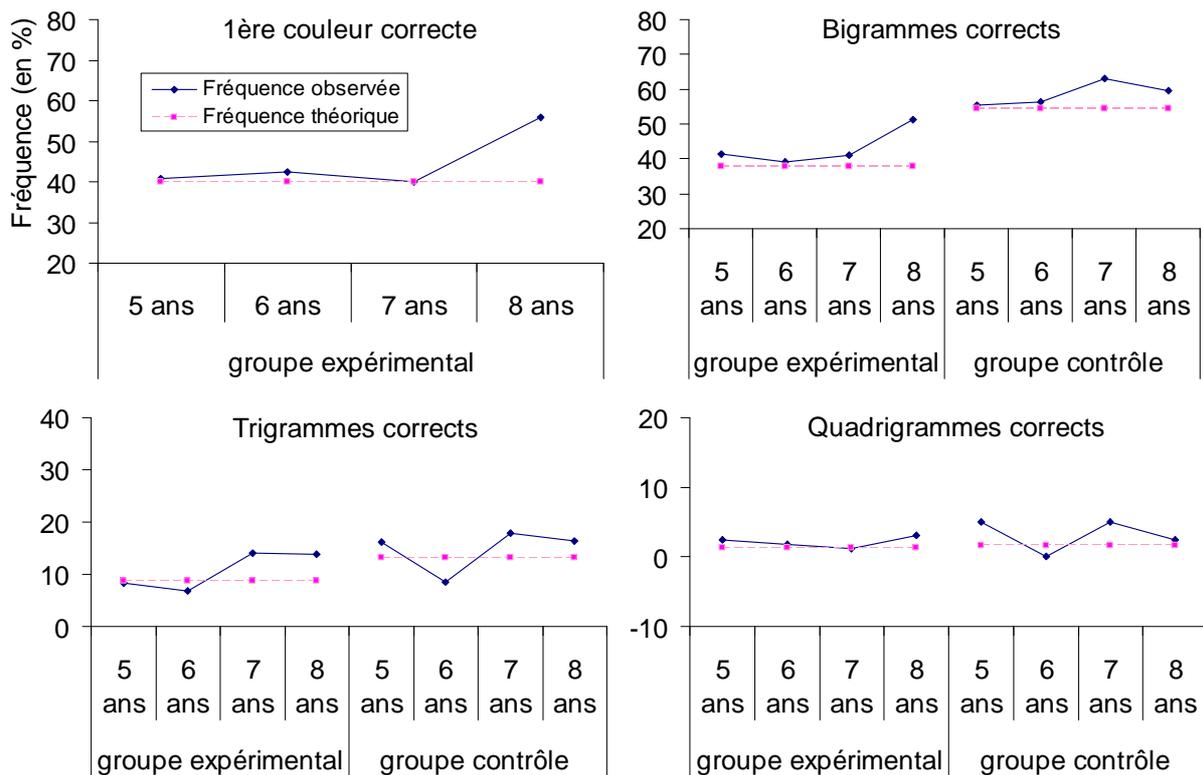
Unités	Groupe	Proportions Théoriques	Proportions observées	t de Student
1 <sup>ère</sup> couleur correcte	Expérimental	.40	.448	$t(79) = 1.80, p = .076$
Bigrammes corrects	Expérimental	.379	.432	* $t(79) = 3.13, p < .01$
	Contrôle	.546	.586	* $t(39) = 2.11, p < .05$
Trigrammes corrects	Expérimental	.088	.107	$t(79) = 1.43, p = .16$
	Contrôle	.132	.147	$t < 1$
Quadrigrammes corrects	Expérimental	.014	.022	$t(79) = 1.07, p = .29$
	Contrôle	.016	.034	$t(39) = 1.12, p = .27$

Le groupe expérimental exposé aux séries grammaticales (44.8%) produit des premières couleurs correctes de façon tendancielle, comme le montre la comparaison avec le hasard (40%),  $t(79) = 1.80, p = .076$ . Nous observons une production pour le groupe expérimental (43.2%) significativement supérieure au hasard (37.9%),  $t(79) = 3.13, p < .01$ . Le groupe contrôle a également produit significativement plus de bigrammes corrects (58.6%) que le hasard (54.6%) ne l'a prédit,  $t(39) = 2.11, p < .05$ . Par ailleurs, la différence entre proportions observées et théoriques pour le groupe

contrôle est faible et inférieure à celle observée dans le groupe expérimental. Ces résultats indiquent que le groupe expérimental a codé les bigrammes corrects, tout comme le groupe contrôle, mais contrairement à ce que laissait penser l'ANOVA, on constate pour le groupe contrôle, au mieux, un apprentissage semblable aux sujets exposés aux séries grammaticales.

La comparaison des proportions observées et théoriques ne révèle aucune différence significative par rapport au hasard, pour le groupe expérimental, comme pour le groupe contrôle, concernant la production de trigrammes corrects, respectivement  $t(79) = 1.43, p = .16$ , et  $t < 1$ , ainsi que la production de quadrigrammes corrects, respectivement,  $t(79) = 1.07, p = .29$  et  $t(39) = 1.12, p = .27$ . Ces résultats attestent d'un apprentissage se limitant aux bigrammes, et laissent envisager une sensibilité à la 1ère couleur. Les unités de tailles plus importantes (trois ou quatre couleurs) ne montrent pas d'apprentissage quel que soit le groupe de participants.

Afin de tester l'invariabilité des capacités d'apprentissage implicite de ces unités face au développement (Reber, 1993), leurs fréquences de production (en %) ont été analysées en fonction de l'Age et du Groupe comme le montrent les Figures 14, 15, 16 et 17.



Figures 14, 15, 16 et 17. Fréquences moyennes (en %) des unités; 1<sup>ère</sup> couleur, bigrammes, trigrammes et quadrigrammes corrects, observées et théoriques, en fonction du groupe d'âge (5 ans, 6 ans, 7 ans et 8 ans) et du Groupe (expérimental vs contrôle).

L'ANOVA ne révèle aucun effet d'âge significatif pour la production de 1<sup>ère</sup> couleur correcte dans le groupe expérimental,  $F(3, 76) = 2.02, p = .12$ . Toutefois, si les performances des trois classes

d'âge les plus jeunes ne diffèrent pas entre elles,  $F_s < 1$ , on constate qu'à 8 ans, les sujets produisent significativement plus de 1<sup>ère</sup> couleur correcte qu'à 5 ans,  $F(1, 72) = 4.12, p < .05$ , et 7 ans,  $F(1, 72) = 4.60, p < .05$  et tendanciellement plus qu'à 6 ans,  $p = .07$ . Pour les productions de bigrammes corrects pour le groupe expérimental, on note un effet significatif de l'âge,  $F(3, 76) = 2.90, p < .05$ . Cependant, comme pour la première couleur, si les performances des trois classes d'âge les plus jeunes ne diffèrent pas entre elles,  $F_s < 1$ , on note qu'à 8 ans, les sujets produisent significativement plus de 1<sup>ère</sup> couleur correcte qu'à 5 ans,  $F(1, 76) = 4.57, p < .05$ , 6 ans,  $F(1, 76) = 7.24, p < .01$ , et 7 ans,  $F(1, 76) = 5.11, p < .05$ . Aucun effet significatif de l'âge n'est relevé pour le groupe contrôle,  $F < 1$ , ni d'interaction significative Age\*Groupe,  $F(3, 112) = 1.20, p = .31$ . Par ailleurs, aucun effet de l'âge n'apparaît pour les productions de trigrammes corrects pour le groupe expérimental,  $F(3, 76) = 1.88, p = .14$ , comme pour le groupe contrôle,  $F(3, 36) = 1.24, p = .31$ , ainsi que pour la production de quadrigrammes corrects pour les groupes expérimental et contrôle,  $F_s < 1$ .

Ainsi, bien qu'un effet de l'âge apparaisse pour la production de bigrammes corrects, il semble que, comme pour la première couleur, l'augmentation de la production ne concerne que la classe d'âge la plus âgée. Nous ne constatons pas clairement d'amélioration des performances entre 5 et 8 ans pour la plupart des unités retenues lors de ces premières analyses. Ces résultats confirment nos précédentes observations et argumentent en faveur d'une relative invariabilité des performances avec l'âge, conformément au postulat énoncé par Reber (1993).

b. Codage des parties début et fin des drapeaux: premiers et derniers bigrammes et trigrammes.

Pour terminer, les parties début et fin de drapeaux, les plus susceptibles d'avoir obtenu l'attention des participants, ont été examinées. La Figure 18 présente les fréquences de production des premiers et derniers bigrammes et trigrammes corrects en fonction du Groupe (expérimental vs contrôle).

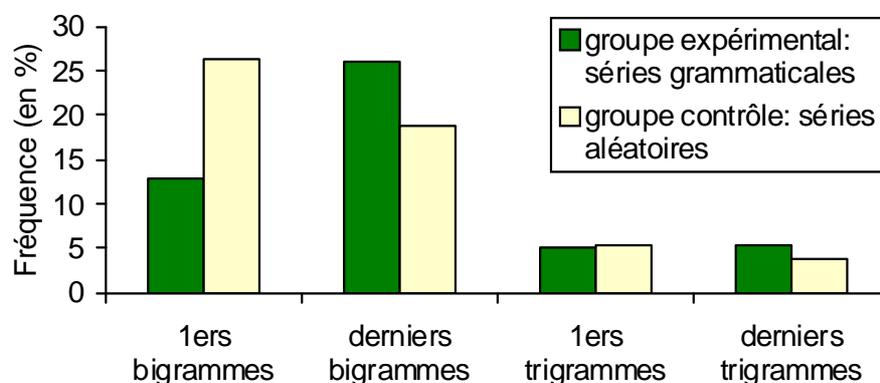


Figure 18. Fréquences moyennes (en %) de premiers et derniers bigrammes et trigrammes corrects, en fonction du Groupe (expérimental vs contrôle).

Une ANOVA comprenant les facteurs inter-sujets Age (4) et Groupe (2) a été menée sur les fréquences de production (en %) des unités 1<sup>ers</sup> et derniers bigrammes et trigrammes corrects attestant de l'apprentissage des parties début et fin des drapeaux. Celle-ci révèle un effet significatif du facteur Groupe pour la production de 1<sup>ers</sup> bigrammes corrects dans le sens d'une production supérieure pour le groupe contrôle (26.2%) par rapport au groupe expérimental (12.7%),  $F(1, 112) = 15.65, p < .01$ . Toutefois, comme lors de l'analyse des bigrammes corrects indépendamment de la position, la supériorité du nombre de bigrammes possibles en première position à l'intérieur des séries aléatoires par rapport aux séries grammaticales pourrait expliquer ce résultat inattendu. Pour les derniers bigrammes, nous observons une production de cette unité supérieure pour les groupes confrontés aux séries grammaticales (26%) plutôt qu'aux séries aléatoires (18.7%),  $F(1, 112) = 4.04, p < .05$ . En revanche, aucun effet de la grammaticalité des séries n'a été observé concernant la production des premiers et derniers trigrammes des drapeaux ( $F < 1$  dans les deux cas).

Comme l'indique le Tableau 6, afin de compléter l'ANOVA, et notamment le résultat inattendu concernant la production de 1<sup>ers</sup> bigrammes corrects en faveur du groupe contrôle, une comparaison entre les proportions observées et théoriques pour ces unités, début et fin de drapeaux, a été effectuée à l'aide de tests de Student pour chaque groupe.

Tableau 6: Comparaison entre les proportions théoriques et observées pour les 1<sup>ers</sup> et derniers bigrammes et trigrammes corrects, en fonction du Groupe exposé. (\* indique que la différence entre les proportions est significative à .05 ou .01)

Unités	Groupe	Proportions	Proportions	tests de Student
1 <sup>ers</sup> Bigrammes corrects	Expérimental	.083	.127	* $t(79) = 2.45, p < .05$
	Contrôle	.271	.262	$t < 1$
Derniers Bigrammes corrects	Expérimental	.221	.26	$t(79) = 1.85, p = .068$
	Contrôle	.267	.187	* $t(39) = -2.90, p < .01$
1 <sup>ers</sup> Trigrammes corrects	Expérimental	.035	.05	$t(79) = 1.38, p = .17$
	Contrôle	.069	.054	$t(39) = -1.06, p = .30$
Derniers Trigrammes corrects	Expérimental	.057	.052	$t < 1$
	Contrôle	.069	.037	* $t(39) = -2.48, p < .05$

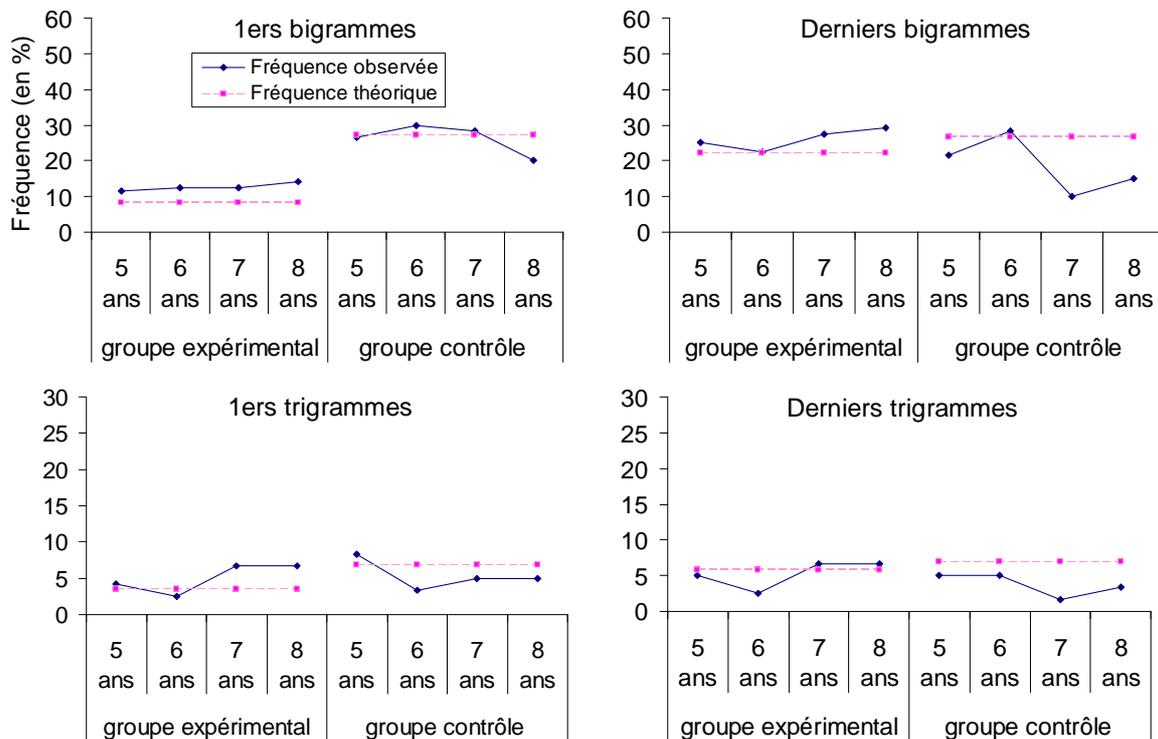
Les comparaisons mettent en évidence une production de 1<sup>ers</sup> bigrammes corrects pour le groupe expérimental (12.7%) significativement supérieure au hasard (8.3%),  $t(79) = 2.45, p < .05$ , alors que la production du groupe contrôle (26.2%) ne diffère pas significativement du hasard (27.1%),  $t < 1$ . Contrairement à ce que laissait présager la Figure 18, ces derniers résultats attestent d'un apprentissage des 1<sup>ers</sup> bigrammes par les enfants exposés aux séries grammaticales uniquement. Concernant les derniers bigrammes, on observe une tendance pour le groupe expérimental (26%) à produire cet élément au-delà du hasard (22.1%),  $t(79) = 1.85, p = .068$ , tandis que le groupe contrôle (18.7%) en produit significativement moins que ne le prédirait un tirage au hasard (26.7%),  $t(39) = -2.90, p < .01$ .

## Expérience 1: Apprentissage implicite et saillance du matériel

L'analyse de la production de 1<sup>ers</sup> trigrammes corrects révèle quant à elle une absence de différence significative par rapport au hasard (groupe expérimental: 3.5%, groupe contrôle: 6.9%) pour le groupe expérimental (5%),  $t(79) = 1.38, p = .17$ , comme pour le groupe contrôle (5.4%),  $t(39) = -1.06, p = .30$ . Enfin, les trigrammes corrects en position finale montrent une production pour le groupe expérimental (5.2%) qui ne diffère pas significativement du hasard (5.7%),  $t < 1$ , tandis que le groupe contrôle (3.75%) produit significativement moins de derniers trigrammes corrects que ne le prédirait le hasard (6.9%),  $t(39) = -2.48, p < .05$ .

Ces résultats montrent que le codage de l'information positionnelle "début et fin" n'est effectif que pour les unités composées de deux couleurs, et en particulier pour la partie début de drapeaux (1<sup>ers</sup> bigrammes corrects). On note également que les productions du groupe contrôle pour les unités "de début" correspondent à notre estimation du hasard ( $t < 1$  et  $p = .30$ ), tandis que les unités correctes "de fin" sont ici sous produites (inférieures au hasard).

Dans une perspective développementale, les Figures 19, 20, 21 et 22 illustrent les fréquences de production (en %), observées et théoriques, de 1ers et derniers bigrammes et trigrammes corrects en fonction de l'âge et du Groupe. On peut y noter une absence d'augmentation des performances avec l'âge entre 5 et 8 ans pour l'ensemble des unités et des groupes observés, en particulier, pour la production de 1<sup>ers</sup> bigrammes corrects dans le groupe expérimental, où un apprentissage avait été observé.



Figures 19, 20, 21 et 22. Fréquences moyennes (en %) de 1ers et derniers bigrammes et trigrammes corrects, observés et théoriques, en fonction du groupe d'âge (5, 6, 7 et 8 ans) et du Groupe (expérimental vs contrôle).

Concernant la production des 1ers bigrammes corrects, l'ANOVA n'indique pas d'effet significatif de l'âge pour les groupes expérimentaux comme pour le groupe contrôle,  $F_s < 1$ , ni d'effet significatif d'interaction Age\*Groupe,  $F < 1$ . L'âge n'est pas davantage significatif pour la production de derniers bigrammes corrects dans le groupe expérimental, comme dans le groupe contrôle, respectivement  $F < 1$  et  $F(3, 36) = 2.2, p = .105$ . L'interaction Age\*Groupe n'atteint pas non plus le seuil de significativité,  $F(3, 112) = 2.15, p = .098$ . Concernant les 1ers et derniers trigrammes corrects, aucun effet significatif de l'âge ni d'interaction Age\*Groupe n'est observé, que ce soit pour le groupe expérimental ou contrôle,  $F_s < 1$ .

Conformément au postulat de Reber (1993) et à nos résultats précédents, ces observations nous amènent à conclure à une certaine robustesse des performances face au développement, en particulier pour les groupes où un apprentissage spécifique est observé.

## Discussion

L'Expérience 1 avait pour objectif de tester différentes hypothèses formulées à partir de quatre des principaux modèles théoriques de l'AI. Evaluer dans quelle mesure les participants développent une sensibilité aux unités saillantes du matériel auxquels ils sont confrontés nous semble être une manière appropriée de départager ces modèles. Dans un deuxième temps, l'apprentissage des unités plus "neutres", telles que la première couleur des drapeaux, les bigrammes, les trigrammes et les quadrigrammes corrects qui les composent, et des éléments début et fin de drapeaux, ont fait l'objet d'une observation particulière, indépendamment de la notion de saillance. Par ailleurs, une approche développementale a été adoptée à travers l'observation d'enfants âgés de 5 à 8 ans, dans le but de contribuer à une meilleure compréhension de la relation entre l'âge et les processus impliqués en situation d'apprentissage implicite.

### *Apprentissage des unités saillantes aux vues des principaux modèles théoriques de l'apprentissage implicite.*

La saillance particulière de la répétition est largement documentée par les auteurs gestaltistes (e.g., Attneave, 1954) et les facilités d'apprentissage des répétitions adjacentes et non-adjacentes chez l'adulte et l'enfant ont été mises en évidence dans de nombreux travaux (e.g., Marcus et al., 1999; Endress et al., 2007). Dans la présente étude, les enfants des groupes ADJ et non-ADJ ont été confrontés à des items issus de la même grammaire à état fini mais présentant différentes propriétés de surface. Les enfants apprendraient-ils les caractéristiques de surface spécifiques aux items exposés pendant la phase d'entraînement?

- Que révèlent les performances globales indépendamment de l'âge des sujets?

La position abstractionniste (Reber, 1967, 1989a) suppose que la connaissance acquise pendant l'entraînement réfère à la structure grammaticale du matériel, et non à ses propriétés superficielles (Reber & Lewis, 1977). Les séries ADJ et non-ADJ diffèrent uniquement sur les

fréquences d'occurrence des répétitions adjacentes et non-adjacentes qu'elles contiennent, pas sur les règles qui les gouvernent. Ainsi, cette position ne prédit pas de différences d'apprentissage entre les groupes ADJ et non-ADJ. Nos résultats ne supportent pas une telle conception. Dans la présente expérience, les groupes ADJ et non-ADJ, de manière globale, produisent respectivement plus de répétitions ADJ et non-ADJ que les autres groupes. Ainsi, les enfants ont appris préférentiellement les unités saillantes correctes auxquelles ils ont été confrontés pendant l'apprentissage. Les trois autres modèles théoriques testés dans cette expérience peuvent rendre compte de ce résultat. Que les enfants mémorisent des exemplaires (Brooks, 1978) ou apprennent des fragments (Perruchet, 1994), ou construisent leur expérience phénoménologique en fonction du contenu de leur focus attentionnel (Perruchet & Vinter, 2002), nous pouvons attendre d'eux un apprentissage spécifique des unités saillantes qui leur sont présentées. Ces résultats argumentent donc en faveur des modèles proposant l'apprentissage des propriétés spécifiques des items d'étude dans le cas de l'apprentissage de GA, aussi bien chez l'enfant que chez l'adulte (Johansson, 2009). Ces effets d'apprentissage sont d'autant plus à souligner que la production de répétitions ne semble pas être un comportement naturel spontané, à en croire les productions du groupe contrôle significativement inférieures à ce que prédirait le hasard. Ce résultat justifie la recommandation de Perruchet et Reber (2003), proposant d'inclure un groupe contrôle entraîné dans les mêmes conditions que le groupe expérimental dans les situations d'apprentissage d'une grammaire artificielle. Dans cette expérience, nous avons montré que le hasard ne parvenait pas à simuler, d'une manière précise et satisfaisante, le comportement qu'adopteraient spontanément les enfants, illustrant la nécessité de la présence d'un groupe contrôle.

Le fait qu'un apprentissage spécifique a opéré dans les groupes ADJ et non-ADJ est intéressant puisque la différence dans le recouvrement statistique de la grammaire entre le groupe ADJ et le groupe non-ADJ aurait pu conduire à une sensibilité à la grammaire dans le groupe non-ADJ et à un apprentissage spécifique des propriétés des items dans le groupe ADJ (Poletiek & van Schijndel, 2009). Si ce raisonnement est correct, le groupe non-ADJ aurait du produire à la fois des unités correctes ADJ et non-ADJ, alors que le groupe ADJ aurait du produire spécifiquement des unités correctes ADJ. Ce n'est pourtant pas ce que les résultats ont révélé, au moins lorsque tous les groupes d'âge sont considérés ensemble.

De notre point de vue, la saillance perceptive et la fréquence sont les propriétés principales des stimuli qui ont guidé l'apprentissage spécifique des stimuli dans cette expérience. Le matériel employé dans cette étude ne permet pas de distinguer le rôle de ces deux propriétés. Toutefois, il y a de bonnes raisons de croire que la saillance perceptive a joué un rôle majeur dans cette étude. Pour indication, nous avons comparé, dans le test de génération explicite de l'Expérience 2, la production des unités ADJ correctes à celle des bigrammes grammaticaux situés en début de drapeaux, puisqu'ils apparaissent à la même fréquence dans les séries ADJ. Les résultats révèlent clairement un avantage pour les unités ADJ, suggérant que la saillance perceptive peut être au moins aussi importante que la fréquence dans le guidage vers les unités pertinentes en situation d'apprentissage implicite. Ce point sera plus longuement examiné à l'aide d'un matériel adapté dans l'Expérience 5.

Toutefois, les résultats obtenus ne rejettent pas l'idée selon laquelle une certaine abstraction pourrait opérer dans certains cas chez l'enfant. Au contraire, le fait que les enfants apprennent la répétition adjacente indépendamment de la couleur, dans cette première expérience, témoigne d'une certaine forme d'abstraction. Le modèle abstractionniste envisage l'apprentissage des structures répétitives indépendamment des couleurs. Le transfert de la structure profonde du matériel est souvent interprété comme un argument probant en faveur de l'abstraction, permettant la généralisation de la connaissance dans une nouvelle condition d'apprentissage (Gomez & Gerken, 1999). Cette possibilité d'apprendre la structure répétitive elle-même est également envisagée dans les modèles de Brooks (1978) et de Perruchet (1994). Si on se réfère également aux études rendant compte de phénomènes de transfert en termes d'analogies entre exemplaire (Brooks & Vokey, 1991), ou entre fragments (Servan-Schreiber, 1991), l'abstraction d'autres formes de connaissance est par conséquent possible. Les résultats supportent cette capacité d'abstraction puisque les enfants parviennent à apprendre les structures répétitives. Pourtant, les résultats présentés plutôt laissent penser que les processus d'apprentissage étaient liés aux propriétés de surface du matériel d'étude, et non à sa structure sous-jacente. Cette contradiction ébranle fortement l'hypothèse abstractionniste.

Le modèle SOC peut également envisager une telle possibilité. En effet, Perruchet et Vinter (2002) ont suggéré que l'expérience consciente qui résulte d'unités comportant des répétitions, par exemple, pourrait probablement être étendue à leur structure globale. Lorsqu'on perçoit BLEU-ROUGE-ROUGE par exemple, ça ne fait aucun doute qu'on ne perçoit pas seulement une séquence de couleurs individuelles, mais également que la même couleur est répétée. Ceci revient donc à encoder directement certaines informations relationnelles ou abstraites. Le modèle SOC, tout comme les autres modèles testés ici, peut également rendre compte de la différence de saillance entre les structures ADJ et non-ADJ. Seuls deux éléments doivent être joints ensemble lors de l'apprentissage d'une répétition adjacente, tandis qu'il y en a trois dans le cas d'une répétition non-adjacente. D'un point de vue purement associationniste, l'apprentissage d'une répétition adjacente apparaît plus facile que celui d'une répétition non-adjacente.

Nous avons poursuivi l'observation du codage des unités saillantes en examinant dans quelle mesure les enfants avaient encodé l'information positionnelle qui leur était associée. Une conception abstractionniste forte en faveur de l'abstraction de la structure globale de la grammaire prédirait l'apprentissage de l'information positionnelle. Le modèle exemplariste (Brooks, 1978) peut également rendre facilement compte du codage de la position, du fait que les exemplaires entiers mémorisés contiennent intrinsèquement ce genre d'information. En revanche, les prédictions des modèles fragmentariste et SOC sont plus restreintes. En effet, les fragments ne peuvent contenir d'information relative à la position. Pour le modèle SOC, il n'y a aucune raison de supposer un traitement de la position lorsque les éléments entrant dans le focus attentionnel conscient du sujet sont associés dans un même chunk. Nos résultats n'ont pas révélé que les enfants avaient codé les positions correctes des unités saillantes auxquelles ils avaient été spécifiquement exposés. Cependant, rien dans notre tâche n'incitait les enfants à produire les éléments dans une quelconque séquence, ni même ne faisait

référence aux items vus en phase d'étude, ce qui ne signifie donc pas avec certitude qu'aucune information positionnelle n'ait été codée. Cette information pourrait demeurer périphérique ou associée, par rapport à l'information centrale qu'est la couleur, mais pourrait être éventuellement réactivée par une consigne spécifique, comme les résultats de la prochaine expérience le laisseront supposer. La position abstractionniste rend difficilement compte des résultats obtenus, sinon dans le cas d'une abstraction uniquement de règles locales. Toutefois, ce modèle ne pourrait supporter la réactivation d'une information associée en cas de demande explicite. La conception exemplariste est quant à elle incapable de rendre compte de l'absence de codage de la position alors que celle-ci semble intrinsèquement liée aux exemplaires mémorisés. L'absence apparente de codage de l'information positionnelle est en faveur des hypothèses issues des modèles fragmentariste et SOC, et seul le modèle SOC pourrait rendre compte sans trop de difficultés d'une possible réactivation de cette information positionnelle dans les conditions de test appropriées.

En définitive, dans cette expérience, ce que les enfants produisent reflète ce qui a été attentionnellement traité durant la phase d'entraînement. Ce traitement attentionnel est guidé par les caractéristiques de surface du matériel présenté lors de cette phase. Par ailleurs, certains résultats ont également suggéré qu'une partie de la connaissance pourrait être de nature abstraite, sans toutefois forcément concerner les règles structurelles du matériel. L'examen des performances en fonction de l'âge des sujets peut être utile à une meilleure compréhension des traitements opérés sur le matériel. Pour cela, nous allons donc considérer de plus près les profils de résultats des enfants de 6 ans et 8 ans qui se distingue de ce qui a été décrit pour l'ensemble des groupes d'âge observés dans cette expérience.

- Différents profils de résultats en fonction de l'âge.

Les différences observées entre les classes d'âge méritent d'être examinées. Le profil de résultats des 6 ans correspond aux prédictions que l'on peut attendre de l'approche de Poletiek et van Schijndel (2009). En effet, ces enfants n'ont pas produit significativement plus d'unités ADJ correctes qu'ils aient été exposés aux séries ADJ ou non-ADJ, bien qu'une comparaison de leur performance à celle du groupe contrôle indiquent qu'ils ont appris le matériel grammatical. Cependant, cette absence de différence entre groupes ADJ et non-ADJ n'est pas due à un niveau supérieur de production d'unités ADJ correctes par le groupe non-ADJ, comme cela aurait été le cas si les règles grammaticales avaient été abstraites, mais à une production insuffisante d'unités ADJ par le groupe ADJ. En fait, nous pensons que le niveau élevé de production d'unités ADJ incorrectes, chez les 6 ans, a pu limiter la production d'unités ADJ correctes, étant donné que la production des répétitions semble contrainte par un biais comportemental qui consiste à éviter leur production. Ce type de tendance importante à éviter les répétitions a déjà été mis en évidence à plusieurs reprises au sein d'études demandant à des adultes et enfants tout-venant de générer des séquences événements (Frith, 1972; Mittenecker, 1958, Wiegersma, 1982; Witt & Vinter, 2010). Les enfants de 6 ans ont probablement été particulièrement

sensibles à la structure de répétition elle-même, ce qui a eu pour effet de produire des répétitions incorrectes dans une proportion limitant la production d'unités ADJ correctes.

Nous avons également observé que les enfants les plus âgés (8 ans) ont produit un pattern de résultats opposé à ceux des 6 ans. Ils n'ont pas produit significativement plus d'unités non-ADJ correctes après une exposition aux séries non-ADJ qu'après avoir été confrontés aux séries ADJ. Toutefois, contrairement aux 6 ans, cet effet est clairement dû à une augmentation significative du nombre d'unités non-ADJ dans le groupe ADJ comparé au groupe contrôle. Une manière d'interpréter ces données consiste à considérer que durant un épisode d'AI, les enfants plus âgés peuvent avoir recours à la fois aux traitements des règles et des propriétés spécifiques aux stimuli, comme certaines études chez l'adulte en ont conclu (Knowlton & Squire, 1996; Meulemans & Van der Linden, 1997a; Tunney & Altmann, 2001). Le traitement des règles serait facilité face à l'exposition des séries ADJ, éventuellement à cause du fait qu'elles intègrent une règle de dépendance de premier ordre peu complexe. Ce profil de résultats asymétrique des 8 ans pourrait ainsi s'expliquer à la fois par la simplicité du matériel à traiter (Tunney & Altmann, 2001) et par le fait que les enfants les plus âgés sont plus susceptibles d'engager des processus d'abstraction que les plus jeunes (e.g., Case, 1985; Fischer, 1980). Les données ne nous permettent pas de rejeter cette hypothèse.

*Apprentissage des unités "neutres" selon les différentes théories de l'Apprentissage implicite.*

Nous avons également entrepris de tester le codage des unités grammaticales telles que les bigrammes, trigrammes, et quadrigrammes corrects, ainsi que la première couleur et les 1<sup>ers</sup> et derniers bigrammes et trigrammes corrects des drapeaux. Les résultats ont révélé un apprentissage des bigrammes ne se limitant pas au groupe expérimental, mais également présent pour le groupe contrôle, pourtant soumis à des séries d'items aléatoires, comme en témoignent les productions significativement supérieures au hasard pour l'ensemble des groupes. En revanche, aucun apprentissage n'a été observé pour les trigrammes et les quadrigrammes corrects, indiquant une certaine limite de taille des unités encodées, au moins pour le matériel utilisé dans cette étude.

L'apprentissage des bigrammes corrects par le groupe expérimental satisfait les quatre modèles, puisque ces unités sont intrinsèquement contenues dans la structure grammaticale, les exemplaires, les fragments ou les unités cognitives qui découlent de ces derniers. Toutefois, leur apprentissage par le groupe contrôle ne peut être envisagé par la position abstractionniste, puisque cela revient à apprendre des items non grammaticaux. En revanche, le modèle exemplariste peut expliquer ce résultat par la mémorisation d'items au sein des séries aléatoires, au même titre que ceux appartenant aux séries grammaticales, et que le groupe contrôle serait capable de reconnaître en phase test. Les modèles fragmentariste et SOC peuvent également rendre compte de ces résultats, en raison d'un nombre restreint de bigrammes au sein des items des séries aléatoires, dont la fréquence d'occurrence suffirait à guider la segmentation à la base de l'apprentissage selon ces deux théories. L'absence d'apprentissage des trigrammes et quadrigrammes corrects peut quant à elle être envisagée par l'ensemble des modèles. En effet, le temps d'apprentissage limité dans cette expérience pourrait

avoir eu un effet délétère sur la puissance d'abstraction, contraignant la sensibilité aux règles globales et limitant l'abstraction aux règles locales (Reber, 1967, 1989a), ou sur les capacités de mémorisation dans ce laps de temps donné (Brooks, 1978). Pour les modèles fragmentariste et SOC, cette limite de temps d'apprentissage peut expliquer la formation de chunks de taille limitée, puisqu'il est nécessaire que les premiers chunks formés (par exemple, les bigrammes) constituent les nouvelles primitives de l'environnement, pour que celles-ci conduisent ensuite à la formation d'unités de taille supérieure. Toutefois, le modèle Parser (Perruchet & Vinter, 1998b) autorise la segmentation de chunks composés de deux ou trois éléments. Si les limites de temps d'apprentissage conviennent plus facilement pour expliquer l'absence de quadrigrammes corrects, elles rendent plus difficilement compte de celle des trigrammes. Une alternative à cette explication est éventuellement à chercher du côté de la composition des séquences du matériel. En effet, l'apprentissage des unités saillantes (de deux éléments, que ce soit pour la répétition adjacente, XX, ou non-adjacente, X \_ X) a pu se faire aux dépens de certaines unités plus "neutres". Cette question sera développée dans la suite de ces travaux de recherche.

Pour terminer, les quatre modèles envisagent l'apprentissage de la première couleur et des parties début et fin. En effet, ces parties sont contenues dans la grammaire (Reber, 1967, 1989), dans les exemplaires (Brooks, 1978), ou les fragments, et constituent des parties "prégnantes" obtenant préférentiellement l'attention des participants (Perruchet, 1994; Perruchet & Vinter, 2002). Les résultats ont effectivement montré une sensibilité à la première couleur, et aux bigrammes en position de début et de fin des items d'étude, tandis qu'aucun codage des trigrammes présents à ces positions n'est observé. Ainsi, ces résultats peuvent satisfaire les quatre positions théoriques et sont conformes à l'hypothèse de limite de temps quant à la formation d'unités au-delà du bigramme.

#### *Apprentissage implicite et développement.*

Reber (1993) a proposé que les processus d'apprentissage implicite étaient indépendants de l'âge des participants et plusieurs études supportent ce postulat (par exemple, Meulemans et al., 1998; Vinter & Perruchet, 2000). Toutefois, des résultats contradictoires ont été rapportés (Fletcher et al., 2000; Maybery et al., 1995). Maybery et al. (1995) ont observé que les capacités d'apprentissage implicite lors d'une tâche de covariation incidente augmentaient avec l'âge chez des enfants âgés de 6 à 12 ans. Fletcher et al. (2000) ont montré des résultats semblables par rapport à l'âge mental chez des enfants souffrant de retard mental. Il a été avancé que les influences dues à l'âge émergeraient préférentiellement lorsque des influences explicites contaminaient les tâches administrées (Meulemans, 1998a; Vinter & Perruchet, 1999). Dans le but de minimiser l'influence potentielle des processus conscients pendant l'apprentissage, Vinter et Perruchet (1999) ont développé la Neutral Parameter Procedure (NPP).

Dans l'Expérience 1, nous avons employé, en phase test, une tâche de génération implicite libre ne faisant appel à aucun effort intentionnel de récupération de la part des enfants et à laquelle les deux critères de neutralité de la NPP ont été appliqués. Lorsqu'on demande aux enfants de construire

des drapeaux dans l'Expérience 1, il n'y a à priori aucune raison pour eux de sélectionner des séquences de couleurs similaires à celles vues précédemment en phase d'étude. Les séquences de leur choix sont sélectionnées librement, et il n'existe pas de bonne ou de mauvaise réponse au regard des consignes de la tâche. Comme nous l'avions prédit, l'Expérience 1 a révélé que les performances dans les groupes pour lesquels un apprentissage spécifique a été observé étaient indépendantes de l'âge des participants. Aucun effet de l'âge n'a été montré pour la production de répétitions adjacentes ou non-adjacentes correctes pour, respectivement, les groupes ADJ ou non- ADJ. De même, aucun effet d'âge n'est apparu pour la production de l'unité ADJ incorrecte du groupe ADJ. Bien évidemment, aucun effet n'a non plus été mis en évidence lorsque les apprentissages spécifiques attendus n'ont pas été observés (production de l'unité non-ADJ incorrecte pour le groupe non-ADJ, répétitions adjacentes et non-adjacentes correctement positionnées, respectivement, pour les groupes ADJ et non- ADJ).

Concernant les unités que nous avons qualifiées de "neutres" en opposition aux unités saillantes, seul l'apprentissage des bigrammes par le groupe expérimental a permis d'observer un effet d'âge, qui en réalité décrivait une performance de la classe d'âge la plus âgée (8 ans) supérieure à l'ensemble des autres classes d'âge, tandis que ces dernières ne différaient pas entre elles. De ce fait, nous ne pouvons raisonnablement pas parler d'une réelle augmentation des performances avec l'âge des participants. L'ensemble de ces résultats concorde avec nos prédictions issues du postulat de Reber (1993), et est cohérent avec ceux obtenus auprès d'expériences où les précautions méthodologiques avaient permis de limiter l'intervention des influences conscientes durant les tâches (Vinter & Detable, 2003; Vinter & Perruchet, 2000, 2002).

Pour conclure, nous avons observé que les processus d'apprentissage implicite aident l'enfant à construire des représentations cognitives isomorphes à la structure de la situation. Cette construction serait guidée par les caractéristiques de surface du matériel qui composeraient le contenu spécifique de l'expérience phénoménologique du sujet (Perruchet & Vinter, 2002), plutôt que par la structure globale et "profonde" régissant l'environnement présenté (Reber, 1967, 1989a). En effet, ce que les enfants ont produit reflète ce qu'ils ont traité de manière attentionnelle lors de la phase d'entraînement et ce traitement attentionnel semble avoir été guidé par les caractéristiques de surface du matériel présenté. Ces processus contribueraient à développer chez l'enfant des sentiments de familiarité à l'égard du matériel appris, facilitant son traitement, comme en rend compte le concept de "fluence" (Kinder, Shanks, Cock, & Tunney, 2003). Les diverses hypothèses, émanant des principaux modèles de l'apprentissage implicite que nous avons testés, désignent le modèle SOC (Perruchet & Vinter, 2002) comme le plus approprié pour rendre compte des capacités d'apprentissage observées dans cette expérience. Par ailleurs, nous avons montré que ces capacités sont indépendantes de l'âge lorsque les influences conscientes potentielles sont minimisées pendant la tâche. Ainsi, cette expérience a établi le rôle majeur des caractéristiques de surface du matériel, la pertinence du modèle SOC à rendre compte des résultats et l'importance du contrôle des influences conscientes sur les processus d'apprentissage implicite, fournissant un cadre satisfaisant à la poursuite de la série d'expériences qui constitue cette

## Expérience 1: Apprentissage implicite et saillance du matériel

thèse. Ces expériences visent d'une part, à établir si les effets d'âge qui ressortent de certains travaux sur l'apprentissage implicite peuvent être attribués à la perméabilité des procédures employées à d'éventuelles influences conscientes. D'autre part, elles tentent de montrer la préservation des capacités d'apprentissage implicite par rapport à l'altération des processus explicites chez les enfants présentant un retard mental. Enfin, elles ont pour but d'établir l'effet spécifique de la saillance perceptive sur la segmentation du matériel, indépendamment de la fréquence d'occurrence.

## Chapitre 2

La perméabilité des procédures à l'influence des processus conscients:  
une tentative d'expliquer les effets d'âge observés  
en situation d'apprentissage implicite<sup>7</sup>

### Introduction

L'Expérience 1 a mis en évidence la sensibilité des enfants aux caractéristiques de surface spécifiques des items auxquels ils sont confrontés, conférant aux unités saillantes du matériel un rôle majeur dans ce type d'apprentissage. Par ailleurs, minimiser la perméabilité des procédures aux influences conscientes s'est révélé garant d'une certaine invariabilité des performances face au développement, telle qu'elle est classiquement postulée dans ce champ d'étude (Reber, 1993). L'Expérience 2 est plus spécifiquement dédiée à étudier la relation entre capacités d'apprentissage implicite et âge des sujets, et à identifier les facteurs qui peuvent moduler cette relation. L'objectif premier consiste à investiguer dans quelle mesure l'intrusion d'influences explicites dans la procédure peut favoriser l'émergence d'effets de l'âge, tels qu'il en ressort de certaines études (par exemple, Fletcher et al., 2000; Maybery et al., 1995). Bien entendu, l'Expérience 2 doit également permettre de confirmer les principaux apprentissages observés dans l'Expérience 1.

La similarité entre les caractéristiques définissant les situations d'AI et les contextes d'apprentissage réels des acquisitions précoces chez l'enfant font de l'AI un processus d'apprentissage hautement pertinent dans une perspective développementale. Pour ces raisons, et afin de contribuer au corpus, encore réduit, d'études sur l'apprentissage implicite menées dans cette perspective, nous avons décidé de poursuivre, à travers l'Expérience 2, l'observation d'enfants âgés de 5 à 8 ans entreprise dans l'Expérience 1.

La majorité des études développementales sur l'AI montrent des capacités présentes tôt chez l'enfant et qui résistent aux effets du vieillissement (par exemple, Reber, 1993; Meulemans et al., 1998; Vinter & Perruchet, 2000; Thomas & Nelson, 2001), en accord avec le postulat de Reber (1993). La participation de l'AI dans les nombreux domaines d'apprentissages précoces cités précédemment (Chandler, 1993; Carr & Curran, 1994; Pacton et al., 2001; Krist et al., 1993; Reber, 1993), en particulier dans celui de l'apprentissage de la langue maternelle, et l'implication de processus automatiques postulée par certains auteurs (Cleeremans & Jiménez, 1998; Frensch, 1998; Perruchet & Gallego, 1997), participent indéniablement à conforter l'idée d'une invariabilité des capacités d'AI avec

---

<sup>7</sup> Une partie de ces données fait l'objet d'une publication soumise (Witt A. & Vinter A., Learning to implicitly produce avoided behaviours, *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, en révision).

l'âge. Toutefois, certains travaux impliquant des tâches d'AI rapportent des effets d'âge (par exemple, Fletcher et al., 2000; Maybery et al., 1995). Lors d'une tâche de covariation incidente, Maybery et al. (1995) ont montré une amélioration des performances entre 6 et 12 ans. Les travaux de Fletcher et al. (2000), reprenant la même procédure chez l'enfant présentant un retard mental, ont également révélé une variation des performances avec l'évolution de l'âge mental. Karatekin et al. (2007) ont observé des différences avec l'âge dans une étude testant l'apprentissage incident de séquences chez l'enfant, bien que ces différences soient moins systématiques et importantes que dans le cas d'un apprentissage intentionnel.

Vinter et Perruchet (2000) ont suggéré que des effets significatifs de l'âge peuvent être observés lorsque les tâches sont contaminées par des influences explicites. En effet, des critiques à l'encontre des paradigmes classiquement employés dans les tâches d'AI (Meulemans, 1998a; Vinter & Perruchet, 1999) ont conduit Vinter et Perruchet (1999) à proposer des critères destinés aux procédures visant à tester les capacités d'apprentissage en situation implicite. Ces critères, énoncés à travers la "Neutral Parameter Procedure" (NPP: Vinter & Perruchet, 1999), tentent à minimiser l'influence des processus conscients durant la tâche, afin de garantir la nature implicite des traitements mis en œuvre.

Les travaux de ces auteurs ont montré des capacités d'apprentissage implicite équivalentes chez l'adulte et chez l'enfant âgé de 4 à 10 ans, à travers une tâche basée sur un principe grapho-moteur, le "Starting Rotation Principle" (SRP: Van Sommers, 1984) respectant les critères de la NPP (Vinter & Perruchet, 1999). Néanmoins, l'effet d'apprentissage observé pourrait être spécifique à l'aspect moteur de cette tâche. Pour cette raison, l'Expérience 1 a entrepris d'appliquer la NPP au paradigme classique de grammaire artificiel (GA), plus communément utilisé dans ce champ d'étude. Ainsi, nous avons confirmé l'hypothèse que les enfants deviennent sensibles aux unités saillantes du matériel quel que soit leur âge, par l'intermédiaire d'une procédure appliquant les deux critères de neutralité de la NPP. En effet, le test de génération libre employé dans l'Expérience 1 ne fait appel à aucun effort de récupération intentionnelle de l'information de la part des enfants, et constitue ainsi une procédure hautement implicite. Les résultats obtenus, en accord avec le postulat de Reber (1993) concernant la robustesse des capacités d'AI face au développement, suggèrent qu'une procédure suffisamment "pure" quant aux processus qu'elle suscite, favorise l'observation de performances stables avec l'âge. En revanche, les tests de génération explicite et de reconnaissance sont très susceptibles d'être perméables aux influences explicites. Perruchet et Amorim (1992) ont avancé l'idée que les tests de génération libre pouvaient être considérés comme des tests de mémoire implicite, tandis que l'utilisation de test de reconnaissance pourrait davantage rendre compte de la connaissance explicite parfois développée par les participants lors des tâches d'AI. La reconnaissance réfère à un processus de familiarité, impliquant des processus de mémoire implicite, mais peut également solliciter un processus intentionnel de récupération de l'information (Gardiner & Java, 1993). Des processus intentionnels de récupération de l'information sont aussi clairement sollicités dans les tests de génération explicite. Par conséquent, à travers une dimension continue contrastant procédures

implicites et explicites, nous suggérons qu'un test de génération explicite serait plus à même de solliciter des influences explicites qu'une procédure de reconnaissance, à son tour plus susceptible de faire intervenir des processus explicites qu'un test de génération implicite.

L'Expérience 2 reproduit strictement la même procédure d'apprentissage que dans l'Expérience 1, mais le test de génération implicite est remplacé par des tests de génération explicite et de reconnaissance. Dans un premier temps, nous demandons aux enfants de construire un drapeau qu'ils sont sûrs d'avoir vu lors de cette même phase, puis de générer certaines des unités qui composent les drapeaux des séries qui leur ont été présentées en apprentissage, et enfin, de reconnaître des drapeaux qu'ils ont vus durant la phase d'entraînement. De ce fait, les consignes de ces tests font explicitement référence à la phase d'entraînement et le comportement que les enfants cherchent à atteindre consciemment ne diffère pas du comportement attendu par les expérimentateurs, et qui devrait être induit par les influences inconscientes opérant lors de l'entraînement. Ces deux tests ne satisfont donc pas aux critères de NPP (Vinter & Perruchet, 1999).

Ainsi, nous pouvons faire quelques prédictions à partir des modèles théoriques que nous avons tenté de départager dans l'Expérience 1. Nous assumons le fait que le test de reconnaissance, et davantage celui de génération explicite, devraient favoriser l'activation de processus conscients dédiés à la récupération de l'information. Seulement, cette récupération suggère un accès conscient à la connaissance acquise, et par conséquent, un codage conscient du matériel durant la phase d'entraînement. La position exemplariste (Brooks, 1978) suppose l'intervention de processus de mémorisation conscients lors de la phase d'entraînement, et les modèles fragmentariste (Perruchet, 1994) et SOC (Perruchet & Vinter, 2002) proposent que la segmentation du matériel à la base de l'apprentissage, bien que non intentionnelle, est activée par des processus attentionnels fournissant un codage conscient du matériel. Ainsi, ces modèles supportent l'idée de la nature consciente, au moins en partie, des produits de l'apprentissage implicite. De ce fait, ils permettent de rendre compte de l'émergence d'effets de l'âge aux tests de génération explicite et de reconnaissance, comme il est classique d'en observer dans les tâches explicites. Toutefois, ces effets peuvent ne pas être aussi systématiques que ceux obtenus dans des tâches explicites (par exemple, Greenbaum & Graf, 1989; Isingrini, Vazou, & Leroy, 1995). En revanche, la nature inconsciente des processus d'abstraction et de la connaissance ainsi acquise selon Reber (1967, 1989a) laisse envisager plus difficilement un accès conscient à une telle information. Toutefois, la notion d'une connaissance inconsciente à partir de laquelle une connaissance explicite serait abstraite, et deviendrait accessible à la conscience, est postulée dans le modèle développemental de Karmiloff-Smith (1992), au travers du processus de redescription représentationnelle. Cependant, les résultats observés dans l'Expérience 1 ne supportent pas cette position (voir aussi, Vinter & Perruchet, 1994). De plus, il est peu probable qu'une telle redescription soit opérée dans un délai aussi bref. La position abstractionniste semble donc plus radicalement antagoniste aux processus impliqués dans les tâches explicites que les autres modèles, et par conséquent, exclut davantage l'idée d'un continuum entre procédures implicite et explicite. Dans

cette perspective, aucun effet de l'âge semblable à ceux classiquement observés dans les tâches explicites n'est envisagé.

Nous supposons également que les principaux résultats collectés dans l'Expérience 1 devraient être répliqués dans l'Expérience 2 et que les principaux modèles théoriques de l'AI auxquels nous nous sommes référés précédemment devraient en rendre compte dans la limite des hypothèses énoncées dans l'Expérience 1 (voir, page 37-40). Ceci est valable pour le test de génération explicite du drapeau entier, puisque les analyses sont identiques à celles menées dans l'Expérience 1. Toutefois, du fait des consignes du test de génération explicite, encourageant les productions correctes, nous n'attendons pas de production des répétitions ADJ et non-ADJ incorrectes de la part des enfants. En effet, les instructions leur demandent de construire un drapeau entier qu'ils sont sûrs d'avoir vu en phase d'entraînement, impliquant par conséquent une adhésion aux couleurs présentées.

Lors de la génération explicite des unités correctes, si les unités saillantes correctes donnent lieu aux mêmes prévisions que leur production au sein du drapeau entier, et que les 1<sup>ère</sup> et 2<sup>ème</sup> couleurs correctes induisent les mêmes hypothèses que la production de la 1<sup>ère</sup> couleur correcte, il reste à préciser ce qui peut être attendu quant à la production de la couleur la plus fréquemment vue durant l'apprentissage. Globalement, toutes les positions suggèrent un apprentissage de la part du groupe expérimental uniquement. D'un point de vue abstractionniste, cette information est potentiellement apprise si une couleur apparaît clairement plus présente au sein de la structure grammaticale apprise, ce qui n'est pas évident au regard de la grammaire à état fini employée ici (voir, page 37). De même, la mémorisation d'exemplaires (Brooks, 1978) permet de coder cette information dans la limite où les items appris reflètent la distribution réelle des couleurs dans l'ensemble de la série exposée, ce qui encore une fois n'est pas systématique pour l'ensemble des items (voir, Expérience 1, constitution des séries grammaticales, page 36). Pour les modèles fragmentariste et SOC, si la fréquence de cooccurrence guide la segmentation, un matériel contenant de nombreuses répétitions (adjacentes ou non-adjacentes) devrait également permettre le codage de la couleur la plus fréquente, puisqu'une grande partie des chunks appris devraient contenir plusieurs fois la même couleur. Toutefois, lorsque plusieurs couleurs sont répétées et que leurs fréquences d'occurrence sont assez proches, comme dans notre matériel (voir, Expérience 1, constitution des séries grammaticales, page 36), plusieurs réponses à la question de la couleur la plus fréquente entrent en compétition et conduisent à des erreurs. Ainsi, toutes les positions reconnaissent la possibilité du codage de cette information pour le groupe expérimental plutôt que pour le groupe contrôle. Cependant le matériel conduit à prédire des performances limitées.

Concernant le test de reconnaissance, nous prédisons des performances supérieures pour le groupe expérimental exposé aux séries grammaticales par rapport au groupe contrôle qui devrait présenter des performances proches du hasard. Selon Reber (1967), les items corrects présentés en test devraient être reconnus sur la base de leur conformité à la structure grammaticale apprise durant la phase d'entraînement, quelles que soient les caractéristiques de surface, non-ADJ ou ADJ, de ces items. Le modèle exemplariste propose une comparaison entre les exemplaires stockés en mémoire et ceux

présentés en test, dont la similarité est plus importante entre les items grammaticaux, et donc, quelle que soit la série, non-ADJ ou ADJ. En revanche, ce sont les fragments fréquents appartenant aux items grammaticaux et communs entre les items d'étude et ceux de la phase test qui devraient conduire à la reconnaissance des items corrects d'après Perruchet (1994). Enfin, le modèle SOC suggère que la représentation isomorphe aux caractéristiques du matériel fournie par le contenu de l'expérience phénoménologique des participants exposés aux items grammaticaux devrait permettre une comparaison aux items tests, conduisant à une reconnaissance des items corrects uniquement pour le groupe expérimental. Ceci devrait se vérifier quelle que soit la série, non-ADJ ou ADJ, puisque l'Expérience 1 a montré une sensibilité aux deux types de caractéristiques de surface, qui devraient guider la reconnaissance.

## Méthode

### 1. Participants.

Un échantillon total de 120 enfants (59 filles et 61 garçons) âgés de 5 à 8 ans a été testé dans cette étude. Quatre groupes d'âge ont été constitués (n = 30 par groupe d'âge), correspondant aux niveaux scolaires de la moyenne section de maternelle au cours élémentaire première année. A l'intérieur de chaque classe d'âge, les participants ont été répartis de façon aléatoire en trois groupes: deux groupes expérimentaux (groupe non-ADJ et groupe ADJ) et un groupe contrôle (groupe ALEA). Aucun de ces enfants n'a participé à l'Expérience 1 et les critères de sélection sont identiques à ceux utilisés dans l'Expérience 1. Les caractéristiques des groupes figurent dans le Tableau 7.

Tableau 7: Caractéristiques des groupes observés dans l'expérience (ADJ=répétitions adjacentes NON-ADJ=répétitions non-adjacentes, ALEA=aléatoires, F=filles, G=garçons).

Groupes d'âge	Age moyen (années, mois)	Sexe	Groupes	Effectif	Age moyen	Sexe
5 ans	5,1 (étendue: 4,9 - 5,7)	14F – 16G	ADJ	10	5	5F – 5G
			non-ADJ	10	5,1	4F – 6G
			ALEA	10	5,2	5F – 5G
6 ans	6,3 (étendue: 5,9 - 6,9)	16F – 14G	ADJ	10	6,3	4F – 6G
			non-ADJ	10	6,2	6F – 4G
			ALEA	10	6,5	6F – 4G
7 ans	7,4 (étendue: 6,9 - 7,9)	15F – 15G	ADJ	10	7,3	4F – 6G
			non-ADJ	10	7,4	5F – 5G
			ALEA	10	7,4	6F – 4G
8 ans	8,3 (étendue: 7,9 - 8,9)	14F – 16G	ADJ	10	8,2	4F – 6G
			non-ADJ	10	8,4	6F – 4G
			ALEA	10	8,3	4F – 6G

## 2. Matériel.

Le matériel utilisé dans l'Expérience 2 est similaire à celui décrit dans l'Expérience 1 (voir matériel, Expérience 1, page 35), mais le test de génération libre, qui a été administrée lors de la phase test, est remplacé par un test de génération explicite et un test de reconnaissance. Ce changement de test implique des modifications du scénario, et par conséquent, des consignes, qui sont précisées dans la procédure ci-après. L'enregistrement des données lors du test de reconnaissance demeure informatisé, tandis que l'expérimentateur recourt à une procédure "papier-crayon" lors du recueil des réponses au test de génération explicite dans un tableau prévu à cet effet (Annexe 2). Lors de ce test, il est demandé explicitement à l'enfant de générer un drapeau entier appartenant aux pandas, qu'il est sûr d'avoir vu lors de la phase d'entraînement, et de la longueur de son choix. La tâche se poursuit par quelques questions concernant: la 1<sup>ère</sup> couleur et la 2<sup>ème</sup> couleur par lesquelles les drapeaux vus en phase d'entraînement commencent, la couleur des répétitions adjacentes et non-adjacentes, et la couleur la plus souvent présente au sein des drapeaux. Les questions exactes sont détaillées dans la procédure.

Les sujets répondent oralement au test de reconnaissance et l'expérimentateur saisit les réponses des enfants à l'aide du clavier (flèche de droite pour oui, flèche de gauche pour non). Pour le test de génération explicite, les 25 carrés de couleurs utilisés dans l'Expérience 1 et représentant équitablement les cinq couleurs de la grammaire à état fini (5 bleu, 5 vert, 5 rouge, 5 jaune et 5 turquoise) sont mis à la disposition des enfants pour produire leurs réponses (Figure 23).



Figure 23. Les 25 carrés de couleurs utilisés en génération explicite

## 3. Procédure.

Présentation et phase d'apprentissage. Les phases de présentation et d'apprentissage sont rigoureusement identiques à celles décrites dans l'Expérience 1, de sorte que les consignes, les temps et les nombres de présentations des drapeaux ne diffèrent pas de ceux administrés dans l'Expérience 1.

Phase test. La phase test se compose de deux tâches: une génération explicite d'un drapeau entier vu en phase d'entraînement et des unités constituant les drapeaux présentés lors de cette même phase, suivie d'un test de reconnaissance des drapeaux d'étude, parmi de nouveaux drapeaux. Afin de

minimiser l'impact d'un test sur l'autre, le test de génération explicite a précédé le test de reconnaissance<sup>8</sup>.

➤ Test de génération explicite. L'expérimentateur met à disposition des enfants les 25 carrés de couleurs utilisés dans l'Expérience 1 et introduit le test de génération explicite par la consigne suivante: "Tout à l'heure, tu as vu les pandas faire des matchs avec leurs drapeaux. Je vais te poser des questions à propos des drapeaux des pandas, les drapeaux que tu as vus. Regarde cette boîte, elle contient les couleurs utilisées par les pandas pour faire leurs drapeaux. Tu vas devoir me répondre en prenant les couleurs dont tu as besoin et que tu vois dans cette boîte." Les questions sont explicites et concernent les couleurs des drapeaux vus lors de la phase d'apprentissage.

Pour commencer, l'expérimentateur demande à l'enfant de construire un drapeau entier dont il se souvient, par la consigne suivante: "Est-ce que tu peux me montrer un drapeau que tu es sûr d'avoir vu et qui appartient aux pandas?" Afin que la production du drapeau demandé se fasse sans contrainte de taille, l'enfant construit son drapeau à même la table. L'expérimentateur veille à ce que les enfants prennent les couleurs une par une et construisent le drapeau de gauche à droite. Dans le cas d'une production supérieure à 5 couleurs, l'expérimentateur ne prend en compte que les 5 premières couleurs. (Notons que cela n'est arrivé qu'une seule fois pour un sujet exposé à une série aléatoire et ayant composé un drapeau de 6 couleurs). L'expérimentateur prend note du drapeau réalisé par l'enfant, puis replace les couleurs dans la boîte.

La tâche se poursuit par la question suivante: "Est-ce que tu peux me montrer une couleur par laquelle les drapeaux des pandas commençaient?" Le sujet prend une couleur dans la boîte et la pose devant lui sur la table. Deux réponses sont correctes pour les séries grammaticales (voir constitution des séries grammaticales, Expérience 1, page 14), alors que les cinq couleurs constituent une réponse correcte pour les séries aléatoires (voir constitution des séries aléatoires, Expérience 1, page 16). Ainsi, l'expérimentateur demande au sujet s'il connaît une autre réponse possible: "Est-ce que tu peux me montrer une autre couleur par laquelle les drapeaux des pandas commençaient?" Avant d'aborder chaque nouvelle question, qu'elle concerne la même unité (1<sup>ère</sup> couleur) ou l'unité suivante (2<sup>ème</sup> couleur, par exemple), la première production est replacée dans la boîte. La tâche se poursuit par la présentation d'une des deux 1<sup>ères</sup> couleurs correctes (quelles que soient les réponses données précédemment), accompagnée de la consigne suivante: "Parfois, les drapeaux des pandas commençaient par cette couleur. Peux-tu me dire quelle couleur venait juste après celle-ci dans les drapeaux des pandas?" Le sujet produit sa réponse en prenant une couleur dans la boîte et en la posant sur la table. L'expérimentateur en prend note, replace les couleurs dans la boîte, puis présente l'autre 1<sup>ère</sup> couleur correcte et réitère sa question. Pour les sujets du groupe ALEA-contrôle exposés aux séries

---

<sup>8</sup> Le test de reconnaissance ne peut pas être administré en premier du fait que la moitié des items présentés durant ce test sont non-grammaticaux. En effet, confronter des sujets à des erreurs (de l'information non grammaticale) est connu pour être préjudiciable (e.g., Baddeley & Wilson, 1994; Perruchet, Rey, Hivert, & Pacton, 2006) et cela peut affecter le test qui suit. Le même raisonnement peut être tenu pour la génération explicite en premier, seulement dans ce cas, une seule production est demandée, minimisant ainsi l'exposition à de l'erreur.

## Expérience 2: Influences conscientes et développement

aléatoires, l'expérimentateur présente les deux couleurs données par les enfants lors de la question portant sur la 1<sup>ère</sup> couleur. La question suivante concerne les répétitions non-adjacentes correctes: "Tu vois, parfois dans les drapeaux des pandas, certaines couleurs étaient présentes deux fois, séparées par une autre couleur, comme cela. Quelle couleur faisait cela dans les drapeaux des pandas? L'expérimentateur montre un exemple de répétition non-adjacente "XYX" avec des couleurs neutres, non utilisées dans le jeu (noir et blanc), pour s'assurer que le sujet comprenne bien le principe de répétition non-adjacente et que la question porte sur la couleur "X" et non "Y". Les deux configurations "XYX" et "YXY" sont montrées aux enfants. Une seule réponse est correcte pour les séries ADJ et ALEA, alors qu'il existe trois réponses correctes pour les séries non-ADJ. Ainsi, la seconde question: "Quelle autre couleur faisait aussi cela dans les drapeaux des pandas?", n'était posée que pour le groupe non-ADJ, et ce à deux reprises. La tâche se poursuit avec la génération explicite des répétitions adjacentes correctes: "Quelle couleur se trouvait deux fois de suite dans les drapeaux des pandas?" L'expérimentateur montre un exemple de répétition "XX" et "YY" avec les couleurs neutres (noir et blanc), non utilisées dans le jeu, pour illustrer le concept de répétition. Deux réponses correctes sont attendues pour toutes les séries (non-ADJ, ADJ et ALEA) ce qui impose de réitérer la question: "Est-ce que tu te rappelles une autre couleur qui se trouvait deux fois de suite dans les drapeaux des pandas ?" Enfin, la question portant sur la couleur la plus fréquente au sein des drapeaux, ne permettant qu'une seule réponse correcte, est administrée par la consigne suivante: " Est-ce-que tu peux me montrer la couleur que les pandas ont le plus souvent utilisée dans leurs drapeaux?"

➤ Test de reconnaissance. A l'issue du test de génération, les enfants aperçoivent quelques pandas perplexes devant un monticule de drapeaux (Figure 24), accompagnés de la consigne suivante: "Après le tournoi, les drapeaux des pandas ont été mélangés avec ceux d'autres animaux. Aide les pandas à retrouver leurs drapeaux! Appuie sur départ!" Le test de reconnaissance débute par l'affichage d'un panda tenant un premier drapeau (Figure 25), accompagné de la consigne suivante: "Est-ce-que c'est un drapeau que tu as déjà vu et qui appartient aux pandas?"

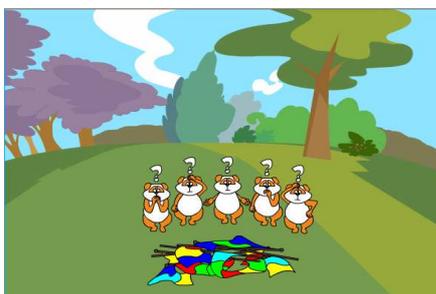


Figure 24: Annonce du test de reconnaissance

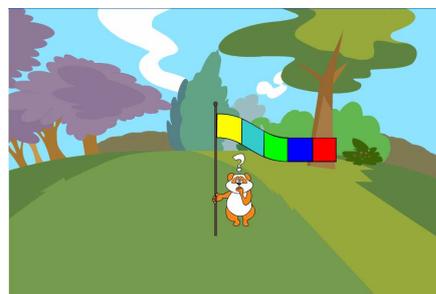


Figure 25: Test de reconnaissance

Les enfants répondent oralement à cette question et l'expérimentateur enregistre lui-même la réponse, en appuyant sur l'une des deux touches (flèche de droite pour oui, flèche de gauche pour non). Nous avons fait le choix d'une réponse orale plutôt que par saisie directe des enfants, afin d'éviter les

## Expérience 2: Influences conscientes et développement

erreurs de manipulation et limiter l'adoption de stratégies de réponses aléatoires. La saisie de la réponse par l'expérimentateur entraîne la poursuite du jeu par l'affichage d'un nouveau drapeau accompagné de la répétition de la dernière consigne. La même procédure se répète jusqu'au huitième et dernier drapeau. Quatre de ces drapeaux sont prélevés aléatoirement au sein de la série vue en phase d'entraînement, et les quatre autres drapeaux sont prélevés aléatoirement au sein d'une série "aléatoire", appariée à la série présentée en phase d'entraînement sur la fréquence d'occurrence des couleurs. Chaque drapeau reste affiché jusqu'à la saisie de la réponse. L'ordre d'apparition des drapeaux est aléatoire. Le test de reconnaissance se solde par une animation félicitant le sujet, accompagnée de la consigne suivante: "Bravo, regarde comme les pandas sont contents!"

Pour terminer, le même questionnaire utilisé dans l'Expérience 1 (voir pages 48), sous forme de débriefing, est administré aux enfants à l'issue de la phase test. Les réponses les plus fréquentes sont les suivantes: "Tu voulais que j'aide les pandas à retrouver leurs drapeaux." "Tu voulais voir si je pouvais me rappeler des drapeaux des pandas." "Je me rappelle qu'il y avait un drapeau qui faisait ça: avec du bleu, du rouge, du vert, et du jaune (par exemple)." Ces réponses attestent de la bonne compréhension de ce qui est demandé dans les tâches et montrent que les enfants font explicitement le rapprochement entre la phase d'entraînement et la phase test. Seuls quelques enfants ont évoqué spontanément la présence de répétitions de couleurs au sein des successions de couleurs<sup>1</sup>. Ces données n'ont pas été analysées davantage.

*Respect des critères de la "Neutral Parameter Procedure" (NPP).* Lors de l'Expérience 1, nous nous sommes efforcés de garantir une procédure la plus implicite possible, à l'aide d'un test de génération libre respectant les critères de la "Neutral Parameter Procedure" (NPP) (Vinter & Perruchet, 1999). Pour l'Expérience 2, testant l'effet d'intrusions explicites au sein des consignes de la phase test sur les performances en situation d'apprentissage implicite, l'utilisation d'un test de génération explicite et d'un test de reconnaissance ne permet pas de satisfaire aux critères énoncés dans la NPP. Dans le test de reconnaissance, comme dans le test de génération explicite, le critère de neutralité de la consigne n'est pas respecté, puisque la demande adressée aux participants fait explicitement référence à la phase antérieure. Concernant le critère de neutralité du comportement mesuré, le comportement que cherche à atteindre consciemment le sujet, reconnaître les items appartenant à la série qu'il a vue, ne diffère pas de celui que l'expérimentateur cherche à obtenir par influences inconscientes. Par ailleurs, alors que le test de génération implicite ne suggère pas un effort de récupération intentionnelle, la reconnaissance repose sur deux mécanismes, l'un assimilé à un sentiment de familiarité donnant un accès automatique à la connaissance et impliquant des processus mnésiques implicites, l'autre intervenant dans la récupération intentionnelle des informations (Gardiner & Java, 1993). Ce dernier mécanisme interviendrait également lors de la recherche consciente de l'information qui caractérise le test de génération explicite. Ainsi, on peut admettre que les intrusions conscientes sont davantage rendues possibles lors de la récupération intentionnelle, qui constitue une partie des mécanismes intervenant

lors d'un test de reconnaissance et l'essentiel du processus impliqué dans un test de génération explicite.

Ces précisions ont permis de proposer un classement des différentes situations test en fonction de la nature des processus qu'elles impliquent. Ainsi, le test de génération libre utilisée dans l'Expérience 1 constituerait la procédure la plus implicite, suivie du test de reconnaissance, puis du test de génération explicite, employées dans l'Expérience 2. A travers l'abandon des critères de neutralité de la NPP, l'Expérience 2 permet donc d'observer l'effet d'intrusions explicites en phase test sur les performances des participants en situation d'apprentissage implicite. En effet, suite à une phase d'entraînement équivalente à celle administrée dans l'Expérience 1, les consignes employées dans la phase test de l'Expérience 2 devraient être plus propices à la réactivation de potentielles influences conscientes intervenant en phase d'entraînement.

#### 4. *Recueil et analyse des données.*

Performances au test de génération explicite du drapeau entier. Cette phase consiste à demander au participant de construire un drapeau entier de la longueur de son choix, appartenant à la série à laquelle il a été exposé. L'analyse de cette production est identique à celle menée sur les productions issues du test de génération implicite de l'Expérience 1 (voir recueil et analyse des données, Expérience 1, page 42).

Comme pour l'Expérience 1, l'analyse débute par la production des unités saillantes du matériel (répétition non-adjacentes correctes et incorrectes, répétition adjacentes et non-adjacentes correctement positionnées) et se poursuit par celle des unités "neutres" (1<sup>ère</sup> couleur, bigrammes, trigrammes et quadrigrammes, 1<sup>ers</sup> et derniers bigrammes et trigrammes). La même méthodologie est adoptée pour comptabiliser les unités. Afin d'annuler l'effet de la longueur, puisque les sujets sont libres de construire un drapeau de la longueur souhaitée (3, 4 ou 5 couleurs), le nombre de chaque unité au sein de chaque drapeau est ramené en fréquence de production en fonction de la longueur du drapeau construit.

Test de génération explicite des unités composant les drapeaux. Le test de génération explicite porte sur différentes unités composant les drapeaux vus en phase d'étude telles que, la 1<sup>ère</sup> couleur, la 2<sup>ème</sup> couleur, les répétitions adjacentes et non-adjacentes, ainsi que la couleur la plus présente au sein des drapeaux. Pour chaque unité correctement générée par le sujet, l'expérimentateur accorde le score de 1 et 0 lorsque le sujet commet une erreur. Pour chaque élément, les scores sont ensuite moyennés afin d'obtenir une fréquence de production correcte pour chaque unité.

Performances au test de reconnaissance. Lors de la présentation des huit drapeaux composant cette épreuve, les sujets répondent par "oui" ou "non" à la question de leur appartenance aux pandas. Les réponses des sujets prennent donc la valeur 1 lorsque la réponse est correcte et 0 lorsque la réponse est fautive. La moyenne des huit scores fournit une fréquence de réponses correctes au test de reconnaissance des drapeaux pour chaque sujet. De plus, les proportions de "hits" (répondre oui pour une proposition correcte) et de "fausses alarmes" (répondre oui pour une proposition incorrecte) sont

comptabilisées pour déterminer un critère de sensibilité ( $d'$ ), selon les principes de la Théorie de la Détection du Signal (e.g., Green & Swets, 1966).

L'analyse des données s'est attachée à décrire, tout d'abord, les capacités de génération explicite à travers l'observation de la production d'un drapeau entier vu en phase d'entraînement, puis à travers celle des unités composant les drapeaux présentés lors de cette même phase. Les performances au test de reconnaissance ont ensuite fait l'objet de notre analyse à travers la fréquence de réponses correctes et le critère de sensibilité établi selon la théorie de détection du signal. Des ANOVAS ont été menées avec le facteur Age et soit le facteur Groupe (Expérimental: non-ADJ et ADJ ou Contrôle: ALEA) ou Types de séries (non-ADJ, ADJ et ALEA) sur les fréquences moyennes de répétitions adjacentes et non-adjacentes correctes et incorrectes, de 1<sup>ère</sup> et 2<sup>ème</sup> couleurs correctes, de couleur la plus fréquente, de bigrammes, trigrammes, et quadrigrammes corrects, de premiers et derniers bigrammes et trigrammes corrects, ainsi que sur les fréquences moyennes de réponses correctes et les critères de sensibilité ( $d'$ ). Des tests de  $\chi^2$  ont été conduits sur les distributions de participants ayant produit au moins un drapeau entièrement correct et les distributions de répétitions adjacentes et non-adjacentes correctement positionnées.

Sur le modèle de l'Expérience 1, des comparaisons entre les proportions observées et théoriques, censées exprimer un tirage des couleurs au hasard, sont venues compléter les ANOVAS. Les mêmes méthodes de calcul qui ont fourni les proportions théoriques pour l'Expérience 1 (voir page 44) sont reprises dans cette expérience. Rappelons qu'elles permettent de chercher les unités qui nous intéressent à l'intérieur d'un ensemble simulant les tirages de drapeaux de trois, quatre ou cinq couleurs, selon la longueur du drapeau produit par l'enfant en génération explicite.

## Résultats

### 1. Performances au test de génération explicite: production d'un drapeau entier vu en phase d'entraînement.

L'observation des capacités d'apprentissage implicite chez les enfants débute par l'analyse des performances de génération explicite lors de la production d'un drapeau entier vu en phase d'entraînement, pour les différentes classes d'âge (5, 6, 7 et 8 ans) des groupes expérimentaux (ADJ et non-ADJ) et contrôle (ALEA-contrôle). Au sein de ces productions, nous nous sommes intéressés au codage des unités saillantes correctes du matériel (répétition adjacentes et non-adjacentes), la production de drapeaux entiers corrects, des répétitions ADJ et non-ADJ incorrectes et de la position des unités saillantes, ainsi que la production d'autres unités correctes composant les drapeaux (bigrammes, trigrammes et quadrigrammes corrects, 1<sup>ère</sup> couleur, 1<sup>ers</sup> et derniers bigrammes et trigrammes corrects).

a. Apprentissage des unités saillantes (répétition adjacentes et non-adjacentes) correctes.

Une ANOVA a été menée avec les facteurs inter-sujets Age (4) et Type de séries (3) sur les fréquences de répétitions adjacentes et non-adjacentes correctes. Un effet tendanciel de l'âge,  $F(3, 108) = 2.68, p = .06$ , et un effet d'interaction Age\*Type de séries non significatif,  $F(6, 108) = 1.57, p > .16$ , apparaissent pour la production de répétition non-adjacentes correctes. L'effet du facteur Age devient significatif pour la production de répétitions adjacentes correctes,  $F(3, 108) = 3.67, p < .05$ , mais aucune interaction Age\*Type de séries n'est observée,  $F < 1$ .

Comme le montrent les Figures 26A et 26B, lorsque les groupes sont analysés séparément, la production de répétitions adjacentes correctes croît linéairement avec l'âge seulement pour le groupe ADJ,  $F(1, 36) = 8.83, p < .01$ , et que la production de répétitions non-adjacentes correctes augmente de façon linéaire avec l'âge uniquement pour le groupe non-ADJ,  $F(1, 36) = 5.36, p < .05$ . Aucun autre effet significatif n'émerge dans les autres groupes,  $F_s < 1$ .

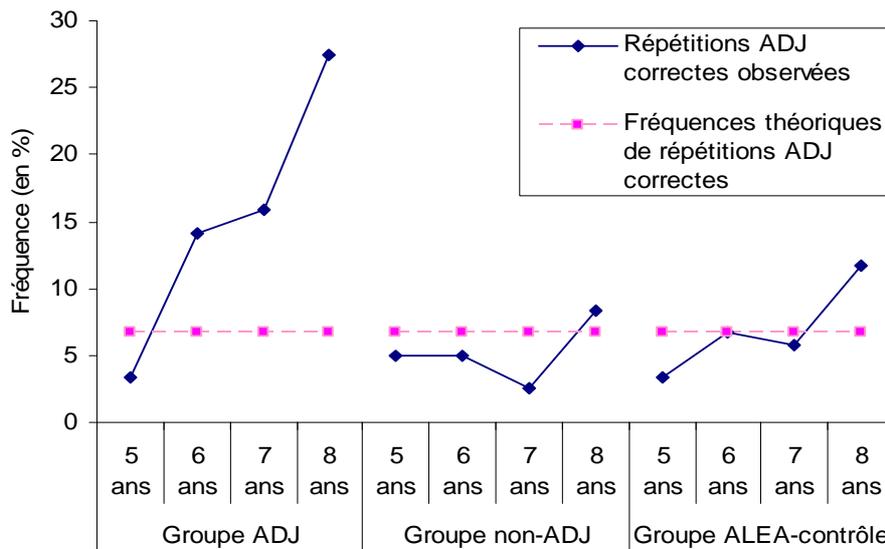


Figure 26A. Fréquence moyenne (en %) de répétition adjacentes correctes, observée et théorique, en fonction du groupe d'âge observé (5 ans, 6 ans, 7 ans et 8 ans) et du Type de séries (groupes ADJ, non-ADJ et ALEA-contrôle).

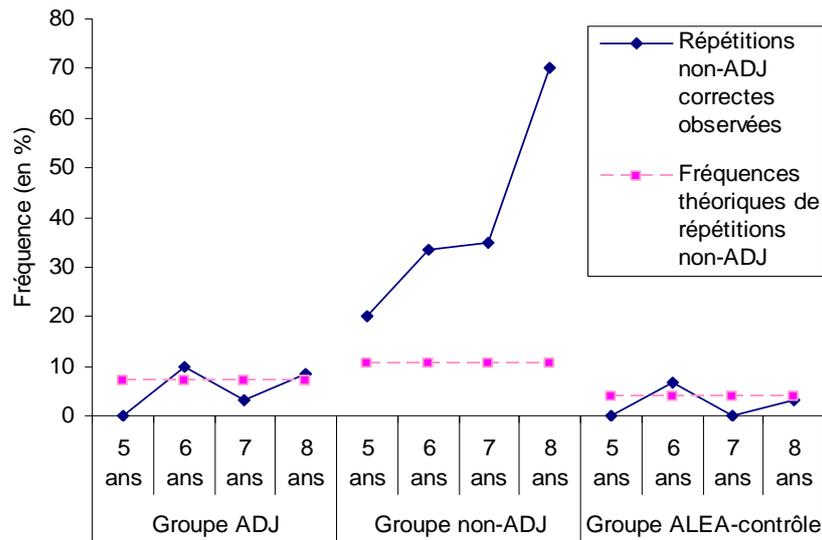


Figure 26B. Fréquence moyenne (en %) de répétitions non-adjacentes correctes, observée et théorique, en fonction du groupe d'âge observé (5 ans, 6 ans, 7 ans et 8 ans) et du Type de séries (groupes ADJ, non-ADJ et ALEA-contrôle).

A l'instar de l'Expérience 1, et comme en témoigne la Figure 27, le facteur Type de séries montre un effet significatif pour la production de répétitions non-adjacentes correctes,  $F(3, 108) = 20.37, p < .01$ , et la production de répétitions adjacentes correctes,  $F(3, 108) = 5.71, p < .01$ . Le groupe non-ADJ ( $M = 39.6\%$ ,  $SD = 48,3$ ) produit plus de répétition non-adjacentes correctes que le groupe ADJ ( $M = 5.4\%$ ,  $SD = 14,8$ ) et le groupe ALEA-contrôle ( $M = 2.5\%$ ,  $SD = 11,6\%$ ). Le groupe ADJ ( $M = 15.2\%$ ,  $SD = 19$ ) produit plus de répétitions adjacentes correctes que le groupe non-ADJ ( $M = 5.2\%$ ,  $SD = 10,6$ ) et le groupe ALEA-contrôle ( $M = 6.9\%$ ,  $SD = 13,1$ ). Des comparaisons planifiées précisent les différences de production significatives de répétitions non-adjacentes correctes,  $F(1,108) = 27.96, p < .01$ , et de répétitions adjacentes correctes,  $F(1, 108) = 9.94, p < .01$ , entre les groupes non-ADJ et ADJ.

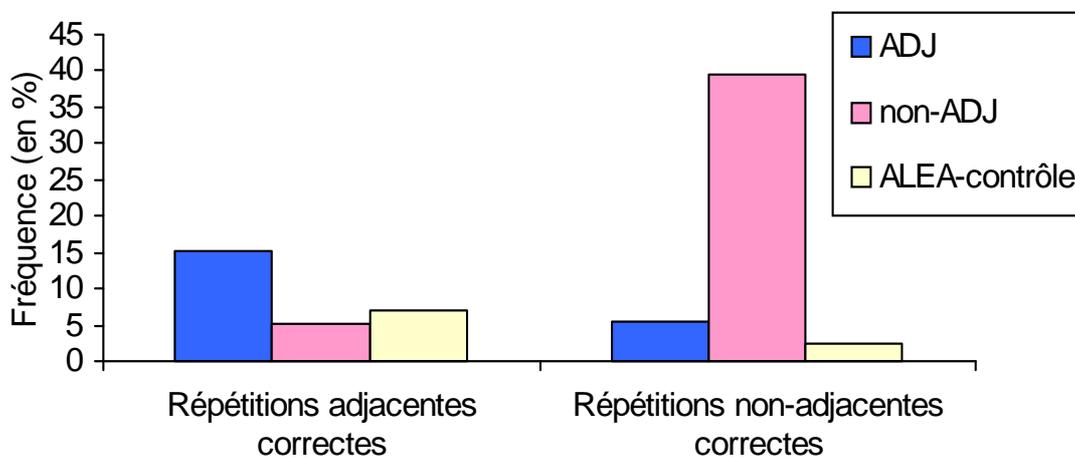


Figure 27. Fréquence moyenne de production (en %) des unités saillantes du matériel; répétition adjacentes et non-adjacentes correctes, en fonction du Type de séries (ADJ, non-ADJ et ALEA-contrôle).

Des tests de Student comparant les proportions observées de répétitions adjacentes et non-adjacentes correctes aux proportions théoriques que prédirait une production au hasard, viennent confirmer les résultats précédents. Le Tableau 8 présente les résultats de ces comparaisons.

Tableau 8: Comparaison entre les proportions observées et théoriques de répétition adjacentes et non-adjacentes correctes, en fonction du Type de séries. (\* indique que la différence entre les proportions est significative à .05 ou .01)

Unités	Groupe	Proportions Théoriques	Proportions Observées	Tests de Student
Répétitions adjacentes correctes	ADJ	.067	.152	* $t(39) = 2.84, p < .01$
	non-ADJ	.067	.052	$t < 1$
	ALEA-contrôle	.067	.069	$t < 1$
Répétition non-adjacentes correctes	ADJ	.069	.054	$t < 1$
	non-ADJ	.105	.396	* $t(39) = 3.75, p < .01$
	ALEA-contrôle	.039	.025	$t < 1$

La production de répétitions adjacentes correctes par le groupe ADJ (15.2%) est significativement supérieure au hasard (6.7%),  $t(39) = 2.84, p < .01$ , et le groupe non-ADJ produit des répétitions non-adjacentes correctes (39.6%) au-delà de ce que prédirait une production au hasard (10.5%),  $t(39) = 3.75, p < .01$ . Par ailleurs, aucune autre différence significative par rapport aux proportions théoriques n'apparaît pour les autres groupes,  $t_s < 1$ .

Ces résultats sont conformes aux résultats précédents et confirment l'apprentissage spécifique des unités saillantes propres à chaque type de séries grammaticales (ADJ et non-ADJ) déjà observé dans l'Expérience 1. Les productions d'unités saillantes observées dans les groupes qui y ont été spécifiquement exposées sont, non seulement, supérieures aux productions des autres groupes mais sont également les seules à se différencier significativement des proportions théoriques censées exprimer une production au hasard.

L'analyse des productions de répétitions adjacentes et non-adjacentes correctes au sein du drapeau généré révèle que les performances augmentent linéairement avec l'âge uniquement dans les groupes où un apprentissage spécifique émerge. En effet, la production de répétitions adjacentes et non-adjacentes correctes augmente avec l'âge pour, respectivement, les groupes ADJ et non-ADJ, dont les productions sont les seules à se différencier significativement du hasard. On note cependant que l'effet est plus fort dans le groupe ADJ que dans le groupe non-ADJ.

Ces effets d'âge apparaissent lors d'un test de génération explicite alors qu'une certaine invariabilité des performances face au développement a été observée dans le test de génération implicite utilisée dans l'Expérience 1.

b. Production d'un drapeau entier correct.

L'analyse des capacités d'apprentissage et de génération explicite d'items entiers pour chaque classe d'âge nécessite de déterminer le nombre d'enfants ayant produit un drapeau entièrement correct pour chaque classe d'âge (5 ans, 6 ans, 7 ans et 8 ans) au sein des groupes expérimental et contrôle. Des tests de  $\chi^2$  révèlent que les enfants de 8 ans produisent plus de drapeaux entiers (7/30) que ceux de 5 ans (1/30),  $\chi^2(1) = 5.19, p < .03$ . Lorsque les groupes sont analysés séparément, cette différence en faveur des enfants les plus âgés (7/20), par rapport aux plus jeunes (1/20), est significative pour le groupe expérimental,  $\chi^2(1) = 5.63, p < .02$ , mais pas pour le groupe contrôle, où les enfants de 8 ans, comme ceux de 5 ans, n'ont construit aucun drapeau entièrement correct. Concernant les groupes d'âge intermédiaires, 5 et 4 drapeaux corrects ont été produits, respectivement, par les enfants de 6 et 7 ans. La fréquence de drapeaux entièrement corrects est significativement supérieure pour les enfants confrontés aux séries grammaticales (17/80) par rapport aux enfants du groupe contrôle exposés aux séries aléatoires (0/40),  $\chi^2(1) = 9.9, p < .01$ . Notons que l'ensemble des drapeaux entiers corrects réalisés par le groupe ADJ (trois drapeaux sont composés de 3 couleurs, deux de 4 couleurs et trois de 5 couleurs) contiennent une ou deux répétitions, et que ceux effectués par le groupe non-ADJ sont exclusivement des drapeaux de trois couleurs qui comportent une répétition non-adjacente. Comme lors de l'Expérience 1, nous observons un apprentissage de drapeaux entiers exclusivement de la part du groupe expérimental. Toutefois, contrairement au test de génération libre, la différence de distribution de drapeaux entiers entre les classes d'âge extrêmes suggère une augmentation des performances avec l'âge dans le test de génération explicite.

c. Codage des structures de répétition ADJ et non-ADJ indépendamment de la couleur.

Les fréquences de production des répétitions ADJ et non-ADJ incorrectes, en fonction de l'Age et du Type de séries, sont présentées dans les Figures 28A et 28B. Hormis un pic à 6 ans dans le groupe contrôle, on observe une invariabilité des productions avec l'âge, quels que soient le groupe et la structure. Par ailleurs, les fréquences observées apparaissent globalement inférieures aux fréquences théoriques censées représenter une production au hasard.

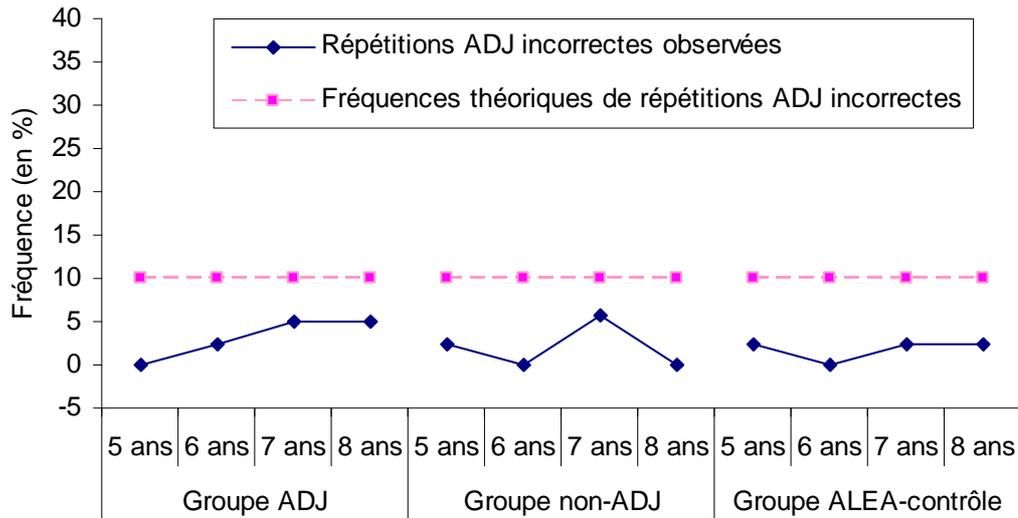


Figure 28A. Fréquence moyenne (en %) de répétitions ADJ incorrectes, observée et théorique, en fonction du groupe d'âge observé (5 ans, 6 ans, 7 ans et 8 ans) et du Type de séries (groupes ADJ, non-ADJ et ALEA-contrôle).

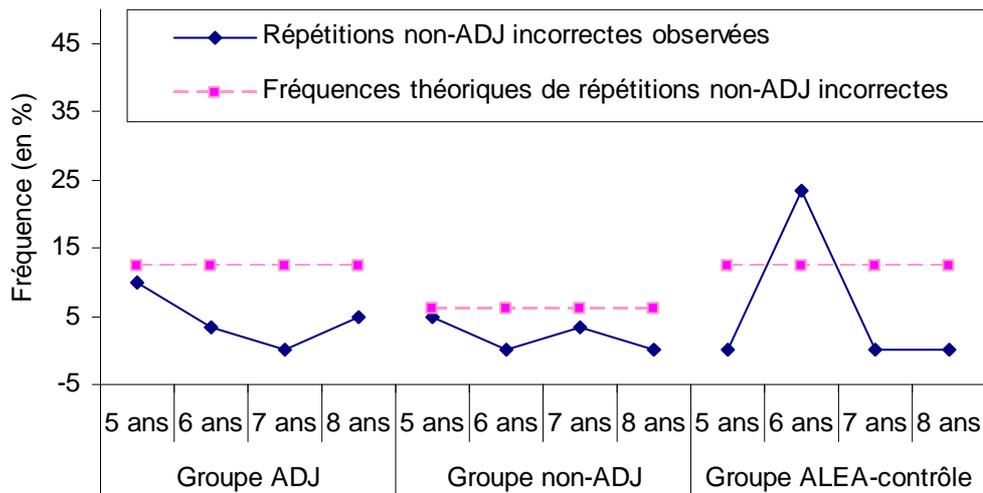


Figure 28B. Fréquence moyenne (en %) de répétitions non-ADJ incorrectes, observée et théorique, en fonction du groupe d'âge observé (5 ans, 6 ans, 7 ans et 8 ans) et du Type de séries (groupes ADJ, non-ADJ et ALEA-contrôle).

Une ANOVA avec les facteurs inter-sujets Age (4) et Type de séries (3) a été menée sur les fréquences de répétitions adjacente et non-adjacente incorrectes. Le facteur Age ne montre aucun effet significatif concernant les unités ADJ et non-ADJ incorrectes, respectivement  $F < 1$  et  $F(3, 108) = 1.34$ ,  $p = .26$ . Aucun effet d'interaction Age\*Type de séries n'est observé pour la production de la structure ADJ,  $F < 1$ , tandis qu'un effet d'interaction tendanciel apparaît pour la structure non-ADJ,  $F(6, 108) = 2.10$ ,  $p = .06$ . Toutefois, le seul effet d'Age significatif concerne le groupe contrôle, avec

une production de la structure non-ADJ des enfants âgés de 6 ans supérieure aux autres groupes d'âge,  $F(3, 36) = 3.13, p < .05, \eta_p^2 = .21$ .

Par ailleurs, aucun effet significatif du Type de séries n'est enregistré pour la production des répétitions incorrectes,  $F_s < 1$ , comme le montre la Figure 29. Les fréquences de répétitions adjacentes et non-adjacentes correctes analysées précédemment sont également représentées.

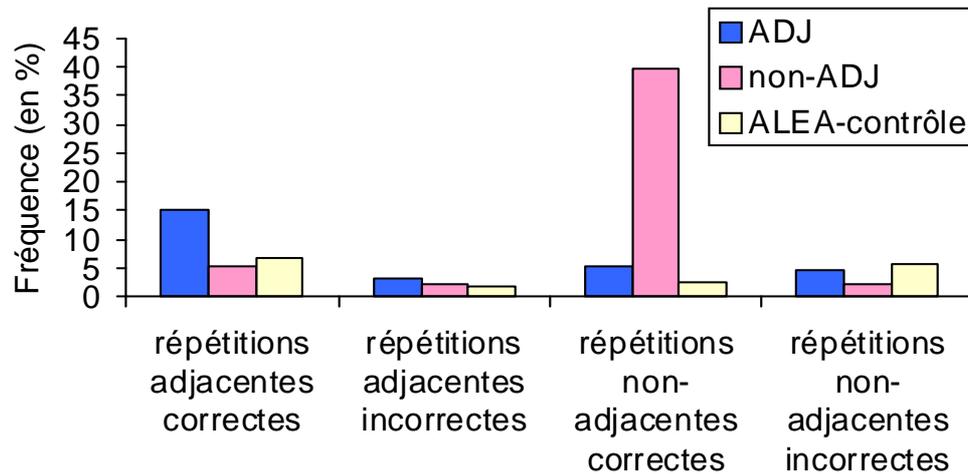


Figure 29. Fréquence moyenne (en %) de répétitions adjacentes et non-adjacentes correctes et incorrectes, en fonction du Type de séries (ADJ, non-ADJ et ALEA-contrôle).

Ces résultats montrent que, lors du test de génération explicite, les répétitions adjacentes et non-adjacentes sont plutôt produites correctement du point de vue de la couleur, alors que les répétitions sont très rarement produites de manière incorrecte. Les comparaisons entre les proportions observées et théoriques réalisées à l'aide de tests de Student, en fonction du Type de séries, confirment leur rareté. Comme le montre le Tableau 9, tous les groupes ont inséré significativement moins d'unités incorrectes ADJ et non-ADJ au sein de leur drapeau que le hasard le prédirait,  $p < .05$  et  $p_s < .01$ .

Tableau 9: Comparaison entre les proportions observées et théoriques de répétitions ADJ et non-ADJ incorrectes, en fonction du Type de séries. (\* indique que la différence entre les proportions est significative à .05 ou .01)

Unités	Groupe	Proportions Théoriques	Proportions Observées	Tests de Student
répétitions ADJ incorrectes	non-ADJ	.100	.021	*t (39) = -6.68, $p < .01$
	ADJ	.100	.031	*t (39) = -3.75, $p < .01$
	ALEA-contrôle	.100	.019	*t (39) = -7.71, $p < .01$
répétitions non-ADJ incorrectes	non-ADJ	.062	.021	*t (39) = -3.33, $p < .01$
	ADJ	.124	.045	*t (39) = -2.03, $p < .05$
	ALEA-contrôle	.124	.058	*t (39) = -2.72, $p < .01$

Ces résultats ne montrent aucune amélioration des performances avec l'âge en ce qui concerne le codage des structures répétitives adjacente et non-adjacente. Toutefois, la production de répétitions incorrectes ne révèle pas d'effet du Type de séries, ne témoignant ainsi d'aucun apprentissage spécifique. De ce fait, aucun effet d'âge ne peut être espéré, puisque nous avons prédit leur émergence uniquement au sein des groupes où un apprentissage serait observé. Les consignes mêmes du test de génération explicite peuvent expliquer la rareté des unités incorrectes au sein des drapeaux produits. En effet, la tâche revient à produire un drapeau tel qu'il a été vu en phase d'entraînement, favorisant ainsi les réponses correctes aux dépens des unités incorrectes. Ainsi, il convient d'interpréter les résultats en termes d'intentionnalité des participants plutôt que d'absence d'apprentissage.

d. Codage de la position des unités saillantes.

Rappelons que durant le test de génération explicite, il a été demandé aux participants de produire un drapeau vu en phase d'entraînement et de la longueur de leur choix. Les répétitions non-adjacentes correctes sont produites au sein de drapeaux de 3 couleurs, excepté une répétition non-adjacente à l'intérieur d'un drapeau de 4 couleurs et une à l'intérieur d'un drapeau de 5 couleurs. De par la structure des séries non-ADJ (voir page 38), les répétitions non-adjacentes formées au sein de drapeaux de 3 ou 4 couleurs sont systématiquement positionnées de manière correcte, ne permettant pas une analyse positionnelle indépendante. Par conséquent, cette analyse positionnelle se limite aux répétitions adjacentes. Une ANOVA a été conduite avec les facteurs inter-sujets Age (4) et Type de Séries (3) sur les fréquences de répétitions adjacentes correctement positionnées. Les résultats sont présentés dans la Figure 30. L'analyse ne révèle aucun effet de l'âge,  $F < 1$ , un résultat confirmé lorsque les groupes non-ADJ et ALEA-contrôle sont considérés séparément,  $F_s < 1$ . Toutefois, dans le groupe ADJ, la production augmente linéairement avec l'âge,  $F(1, 36) = 4.68, p < .05$ .

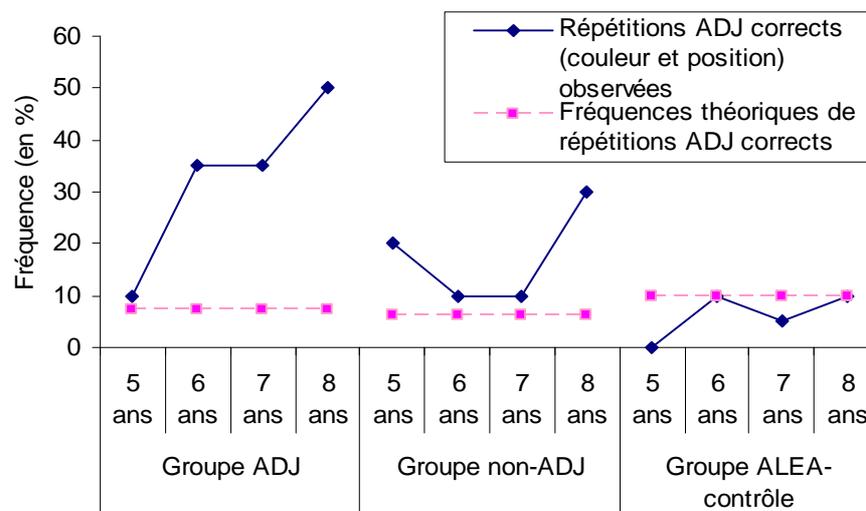


Figure 30. Fréquence moyenne (en %) de répétitions adjacentes correctes (couleur et position), observée et théorique, en fonction du groupe d'âge observé (5 ans, 6 ans, 7 ans et 8 ans) et du Type de séries (groupes ADJ, non-ADJ et ALEA-contrôle).

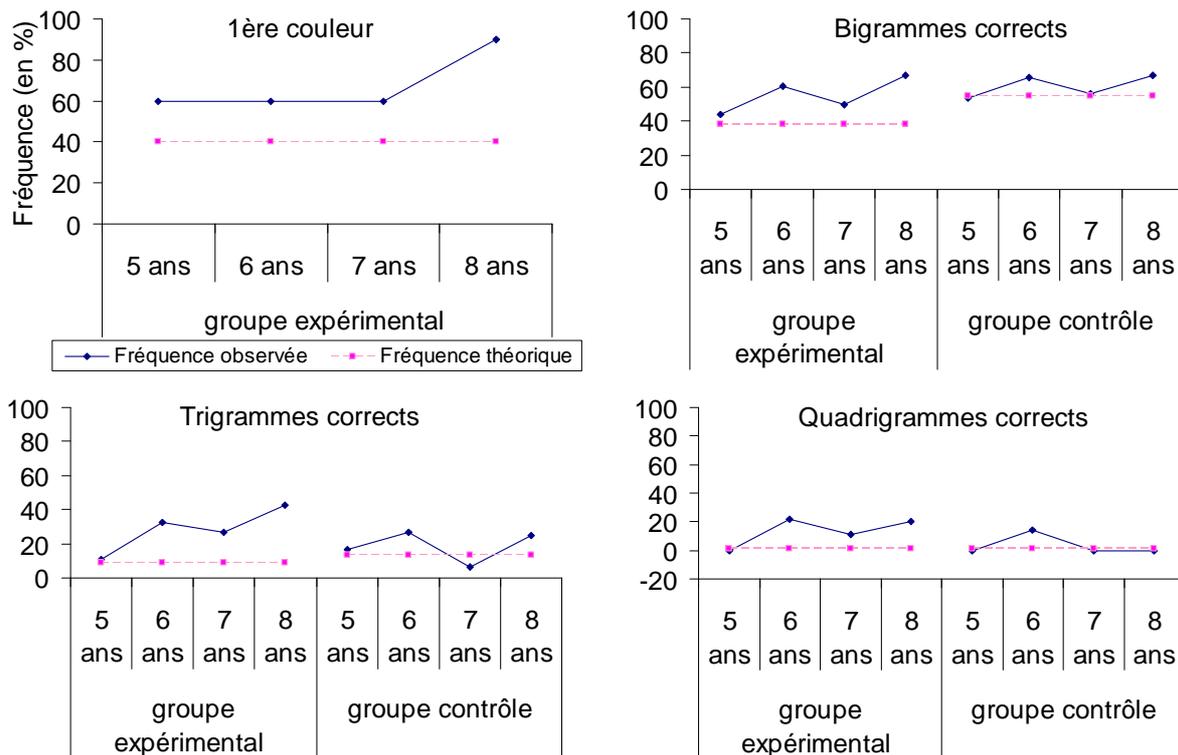
Par ailleurs, la plupart des répétitions adjacentes correctes enregistrées dans le groupe ADJ sont correctement positionnées (15/18). Un test du chi2 révèle que le groupe ADJ a produit des répétitions correctement positionnées au-delà de ce que le hasard prédirait, (8/18),  $\chi^2(1) = 5.90, p < .02$ .

Ces résultats attestent de l'augmentation des performances avec l'âge, lors d'un test de génération explicite, dans le groupe pour lequel un apprentissage spécifique est observé. Nous observons également un apprentissage de l'information positionnelle détenue par l'unité saillante ADJ uniquement pour le groupe qui y a été préférentiellement exposé, le groupe ADJ.

e. Production des autres unités correctes.

✓ Apprentissage de la première couleur, des bigrammes, trigrammes et quadrigammes corrects.

Les fréquences de production des unités "neutres" (1<sup>ère</sup> couleur, bigrammes, trigrammes et quadrigammes corrects) en fonction du groupe d'âge observé et de la Grammaticalité des séries sont présentées dans les Figures 31, 32, 33 et 34.



Figures 31, 32, 33 et 34. Fréquence moyenne (en %) de production des unités "neutres", en fonction du groupe d'âge observé (5 ans, 6 ans, 7 ans et 8 ans) et du Groupe (expérimental vs contrôle).

On peut y observer une relative invariabilité des performances avec l'âge, hormis une augmentation importante de la production de 1<sup>ère</sup> couleur entre 7 et 8 ans.

Une ANOVA comprenant les facteurs inter-sujets Age (4) et Groupe (2) sur les productions des unités "neutres" révèle une absence d'effet significatif de l'Age pour la production de première couleur,  $F(3, 76) = 2.11, p = .11$ , malgré l'augmentation constatée après 7 ans, révélant une différence significative entre 8 ans et les autres classes d'âge,  $F(1, 76) = 4.22, p < .05$ . Aucun effet significatif de l'Age n'est observé pour la production de bigrammes corrects,  $F(3, 112) = 2.17, p = .10$ , ni aucun effet significatif d'interaction Age\*Groupe,  $F < 1$ , confirmés par l'absence d'effet pour les groupes expérimental,  $F(3, 76) = 1.96, p=.13$ , et contrôle,  $F < 1$ . De même, aucun effet significatif de l'Age n'apparaît pour les trigrammes ou les quadrigrammes, respectivement  $F(3, 112) = 1.86, p = .14$  et  $F(3, 67) = 1.30, p = .28$ , ni d'interaction Age\*Groupe,  $F_s < 1$ . Ainsi, lorsque les groupes sont analysés séparément, aucun effet significatif n'émerge dans les groupes expérimental et contrôle, concernant les trigrammes, respectivement  $F(3, 76) = 2.16, p = .10$  et  $F(3, 36) = 1.07, p = .37$ , ou les quadrigrammes, respectivement  $F(3, 42) = 1.07, p = .37$  et  $F(3, 42) = 1.05, p=.39$ .

Le facteur Groupe ne montre pas d'effet significatif pour les unités bigrammes,  $F < 1$ , trigrammes,  $p = .19$ , et quadrigrammes corrects,  $p = .18$ , malgré les différences de production présentées dans la Figure 35.

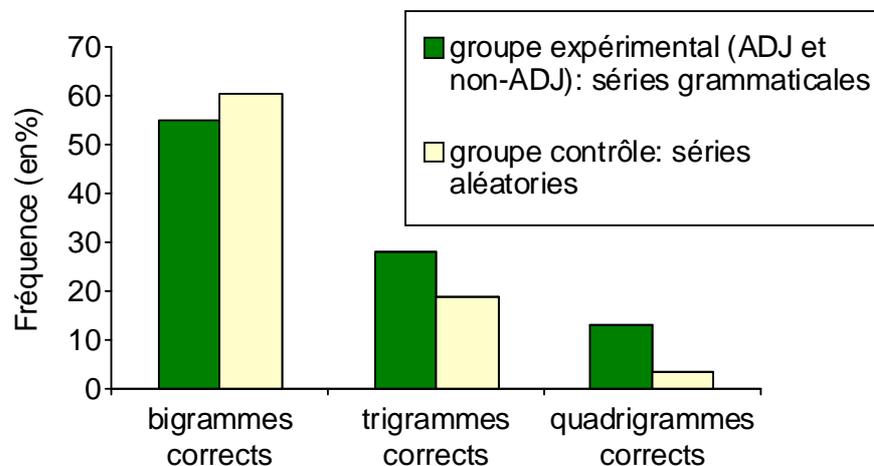


Figure 35. Fréquence moyenne (en %) de bigrammes, trigrammes et quadrigrammes corrects, en fonction du Groupe (expérimental vs contrôle).

Toutefois, il convient de compléter ces résultats par une comparaison entre les proportions observées et théoriques. Les résultats des tests de Student sont présentés dans le Tableau 10.

Tableau 10: Comparaison entre les proportions observées et théoriques pour les unités correctes autres que saillantes, en fonction de la Grammaticalité. (\* indique que la différence entre les proportions est significative à .05 ou .01)

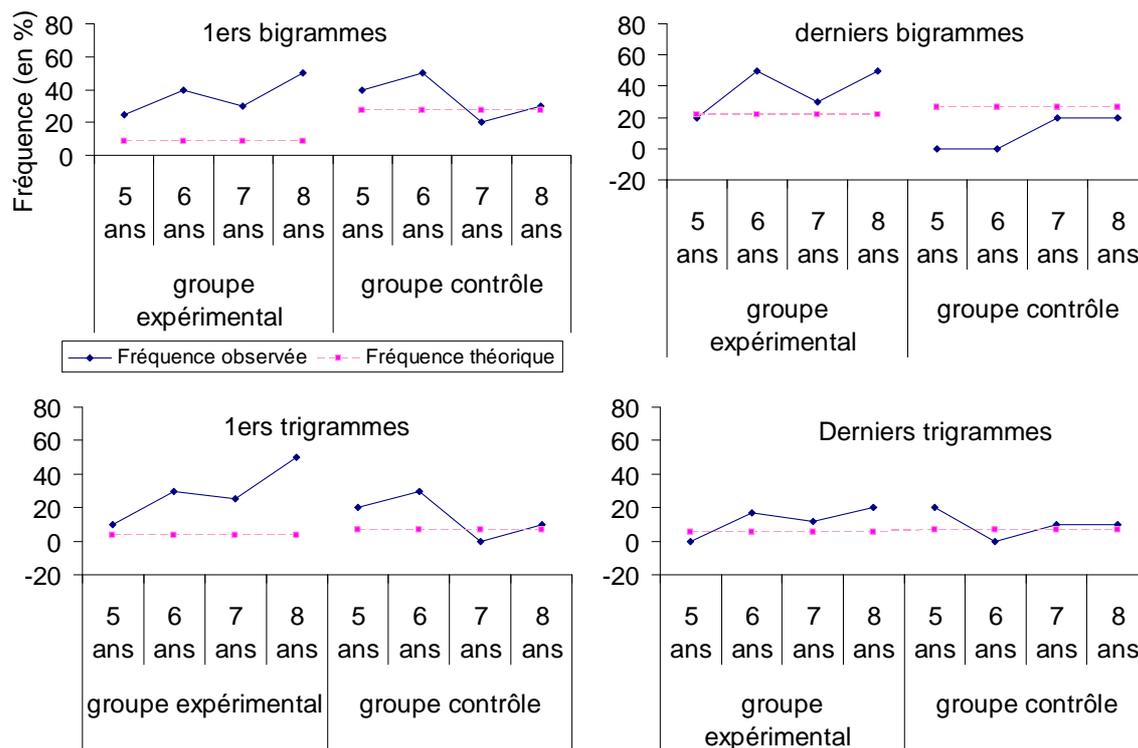
Unité	Groupe	Proportions Théoriques	Proportions observées	Tests de Student
1 <sup>ère</sup> couleur correcte	Expérimental	.40	.675	* $t(79) = 5.22, p < .01$
Bigrammes corrects	Expérimental	.379	.553	* $t(79) = 4.73, p < .01$
	Contrôle	.546	.604	$t(39) = 1.67, p = .10$
Trigrammes corrects	Expérimental	.088	.281	* $t(79) = 4.20, p < .01$
	Contrôle	.132	.187	$t(39) = 1.25, p = .22$
Quadrigrammes corrects	Expérimental	.012	.130	* $t(79) = 2.32, p < .05$
	Contrôle	.016	.031	$t < 1$

Les tests de Student révèlent que seul le groupe expérimental exposé aux séries grammaticales présente des productions significativement supérieures au hasard pour la première couleur (67.5%),  $t(79) = 5.22, p < .01$ , les bigrammes (55.3%),  $t(79) = 4.73, p < .01$ , les trigrammes (28.1%),  $t(79) = 4.20, p < .01$ , et les quadrigrammes corrects (13%),  $t(79) = 2.32, p < .05$ . En revanche, les productions du groupe contrôle confronté aux séries aléatoires ne diffèrent pas du hasard pour les bigrammes (60.4%),  $t(39) = 1.67, p = .10$ , les trigrammes (18.7%),  $t(39) = 1.25, p = .22$ , et les quadrigrammes corrects (3.1%),  $t < 1$ .

Ces résultats n'indiquent pas d'augmentation des performances avec le développement, telle que la production des unités saillantes du matériel en a révélée. Toutefois, on relève que l'unité qui avait le plus de chance de capturer l'attention des sujets (la 1<sup>ère</sup> couleur) présente tout de même une variation indiquant une augmentation des performances dans la classe d'âge la plus élevée. Par ailleurs, il apparaît que seul le groupe expérimental exposé aux séries grammaticales présente des performances supérieures au hasard pour l'ensemble des unités "neutres" testées dans cette analyse, tandis que le groupe contrôle exposé aux séries aléatoires présente des productions proches du hasard.

- ✓ Codage des parties début et fin des drapeaux: premiers et derniers bigrammes et trigrammes.

L'analyse du codage de la position a été également menée sur les 1<sup>ers</sup> et derniers bigrammes et 1<sup>ers</sup> et derniers trigrammes. Rappelons que l'ensemble de ces unités devait être à la fois de la bonne couleur (correctes) et correctement positionné au sein du drapeau. Les Figures 36, 37, 38 et 39 présentent les fréquences de production des 1<sup>ers</sup> et derniers bigrammes et trigrammes corrects pour chaque classe d'âge en fonction du Groupe.



Figures 36, 37, 38 et 39. Fréquence moyenne (en %) des unités 1ers et derniers bigrammes et trigrammes corrects, observée et théorique, en fonction du groupe d'âge observé (5 ans, 6 ans, 7 ans et 8 ans) et du Groupe (groupes expérimental vs groupe contrôle).

Une ANOVA comprenant les facteurs inter-sujets Age (4) et Groupe (2) a été conduite sur les fréquences de production des unités attestant du codage des parties "début et fin" des drapeaux. La production de 1<sup>ers</sup> bigrammes corrects, comme celle de derniers bigrammes corrects, ne révèlent pas d'effet significatif de l'âge, respectivement  $F < 1$  et  $F(3, 112) = 1.54, p = .21$ , ni d'effet d'interaction Age\*Groupe, respectivement  $F < 1$  et  $F(3, 112) = 1.06, p = .37$ . L'absence d'effet significatif pour le groupe expérimental, respectivement  $F(3, 76) = 1.05, p = .37$  et  $F(3, 76) = 1.96, p = .13$ , et le groupe contrôle, respectivement  $F < 1$  et  $F(3, 36) = 1.5, p = .23$ , le confirme. Toutefois, si pour les 1<sup>ers</sup> trigrammes corrects, l'âge n'apparaît pas significatif,  $F(3, 112) = 1.37, p = .25$ , ni l'interaction Age\*Groupe,  $F < 1$ , l'ANOVA révèle un effet significatif de l'âge pour le groupe expérimental,  $F(3, 76) = 2.81, p < .05$ , mais pas pour le groupe contrôle,  $F(3, 36) = 1.30, p = .29$ . Aucun effet significatif de l'âge,  $F < 1$ , ni d'interaction Age\*Groupe n'est révélé pour la production des derniers trigrammes corrects,  $F < 1$ , ainsi qu'aucun effet significatif de l'âge, lorsque les groupes expérimental et contrôle sont considérés séparément, respectivement,  $F(3, 65) = 1.33, p = .27$  et  $F < 1$ .

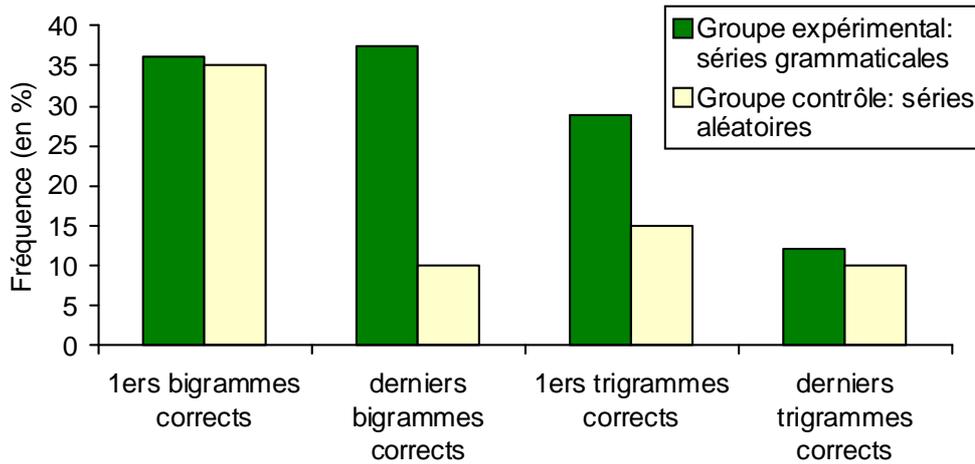


Figure 40. Fréquence moyenne (en %) de premiers et derniers bigrammes et trigrammes corrects, en fonction du Groupe (groupe expérimental vs groupe contrôle).

Une ANOVA ne révèle pas d'effet significatif du facteur Groupe pour la production de 1<sup>ers</sup> bigrammes corrects,  $F < 1$ , de 1<sup>ers</sup> trigrammes corrects,  $F(1, 112) = 2.92, p = .09$ , ainsi que de derniers trigrammes corrects,  $F < 1$ . Par ailleurs, on observe un effet significatif du Groupe pour la production de derniers bigrammes corrects,  $F(1, 112) = 10.96, p < .01$ . Toutefois, la supériorité du nombre d'unités possibles à l'intérieur des séries aléatoires par rapport aux séries grammaticales, notamment en première position, ne permet pas à l'ANOVA de fournir une lecture complète des résultats.

Le Tableau 11 présente les comparaisons menées à l'aide de tests de Student entre les proportions observées et théoriques en fonction du Groupe.

Tableau 11: Comparaison entre les proportions observées et théoriques des unités «début et fin» de drapeaux, en fonction du Groupe. (\* indique que la différence entre les proportions est significative à .05 ou .01)

Unité	Groupe	Proportions Théoriques	Proportions observées	Tests de Student
1 <sup>ers</sup> Bigrammes corrects	Expérimental	.083	.362	* $t(79) = 5.16, p < .01$
	contrôle	.271	.35	$t(39) = 1.18, p = .25$
Derniers Bigrammes corrects	Expérimental	.221	.375	* $t(79) = 2.88, p < .01$
	contrôle	.267	.10	* $t(39) = -3.36, p < .01$
1 <sup>ers</sup> Trigrammes corrects	Expérimental	.035	.287	* $t(79) = 4.95, p < .01$
	contrôle	.069	.15	$t(39) = 1.58, p = .12$
Derniers Trigrammes corrects	Expérimental	.057	.121	$t(79) = 1.63, p = .11$
	contrôle	.069	.10	$t < 1$

## Expérience 2: Influences conscientes et développement

Les comparaisons des proportions observées à celles théoriques mettent en évidence des productions pour le groupe expérimental significativement supérieures au hasard concernant les 1<sup>ers</sup> bigrammes (36.2%),  $t(79) = 5.16$ ,  $p < .01$ , les derniers bigrammes (37.5%),  $t(79) = 2.88$ ,  $p < .01$ , les 1<sup>ers</sup> trigrammes (28.7%),  $t(79) = 4.95$ ,  $p < .01$ , mais qui ne diffèrent pas du hasard pour les derniers trigrammes (12.1%),  $p = .11$ . En revanche, les productions du groupe contrôle ne diffèrent pas du hasard pour les 1<sup>ers</sup> bigrammes et trigrammes, ainsi que pour les derniers trigrammes, respectivement  $p = .25$ ,  $p = .12$  et  $t < 1$ , tandis que les derniers bigrammes sont significativement moins produits que ne le prédit le hasard,  $t(39) = -3.36$ ,  $p < .01$ .

Ainsi, les résultats indiquent un effet de l'âge uniquement pour la production des 1ers trigrammes corrects pour le groupe expérimental, et révèlent que le codage de l'information positionnelle "début et fin" de drapeaux n'a été possible que pour les sujets soumis aux séries grammaticales. On note également que le codage a opéré pour les unités composées de deux couleurs, quelle que soit leur position ("début" ou "fin"), alors que seules les unités de trois couleurs en position de "début" ont été codées.

### 2. Performances au test de génération explicite des unités composant les drapeaux.

Cette partie a pour but de tester les capacités d'apprentissage des unités qui composent les drapeaux vus en phase d'entraînement et d'observer dans quelle mesure le questionnement explicite favorise la réactivation des influences conscientes intervenant en phase d'entraînement, entraînant une amélioration des performances avec l'âge. L'analyse des réponses concernant les unités saillantes du matériel, répétition adjacentes et non-adjacentes, a précédé celles relatives aux autres unités, 1<sup>ère</sup> et 2<sup>ème</sup> couleur, et couleur la plus fréquente.

#### a. Apprentissage des unités saillantes du matériel.

Les fréquences observées de génération des répétitions ADJ et non-ADJ correctes en fonction du groupe d'âge et du Type de séries sont présentées dans les Figures 41A et 41B. Les fréquences théoriques sont également figurées, afin d'apporter une lecture plus complète des résultats.

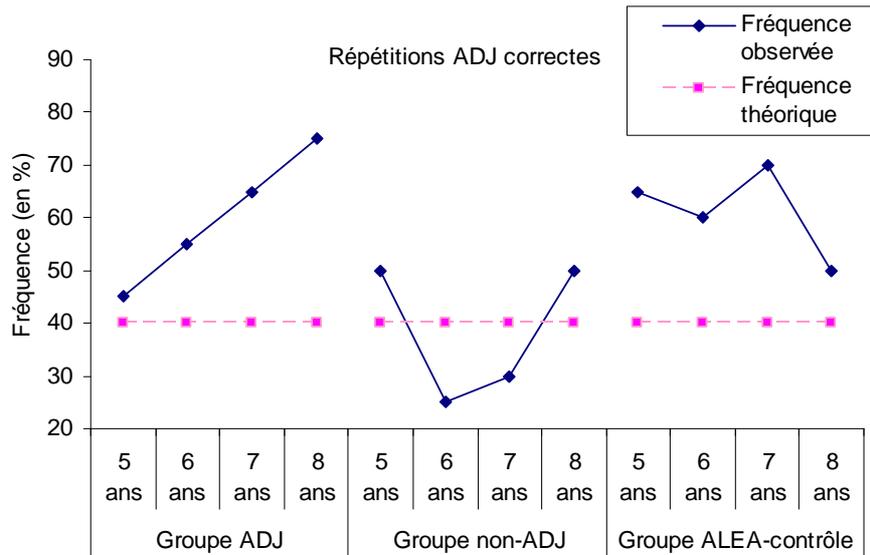


Figure 41A. Fréquence moyenne (en %) de génération de répétitions adjacentes correctes, observée et théorique, en fonction du groupe d'âge observé (5 ans, 6 ans, 7 ans et 8 ans) et du Type de séries (groupes ADJ, non-ADJ et ALEA-contrôle).

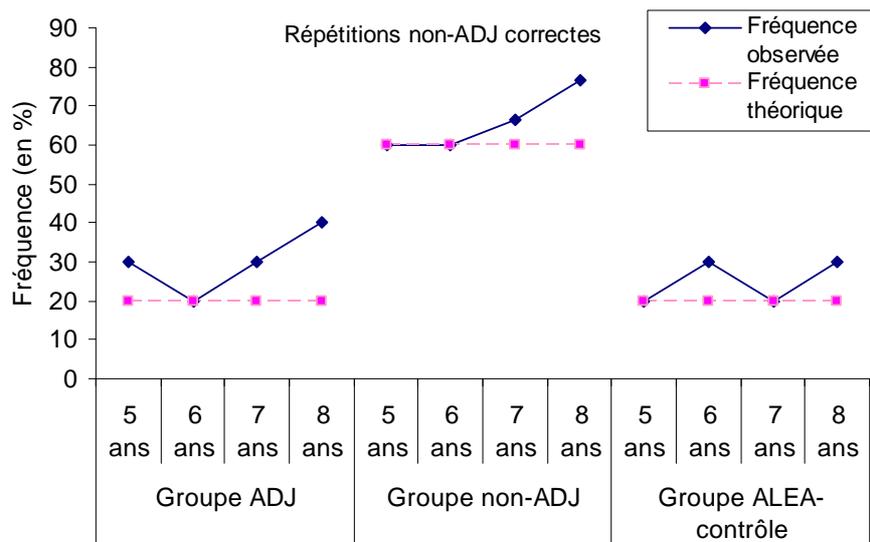


Figure 41B. Fréquence moyenne (en %) de génération de répétitions non-adjacentes correctes, observée et théorique, en fonction du groupe d'âge observé (5 ans, 6 ans, 7 ans et 8 ans) et du Type de séries (groupes ADJ, non-ADJ et ALEA-contrôle).

Une ANOVA comprenant les facteurs inter-sujets Age (4) et Type de séries (3) a été menée sur les fréquences de génération "explicite" de répétitions ADJ et non-ADJ correctes comme mesures. Elle fait apparaître un effet significatif de l'âge,  $F(3, 108) = 3.67, p < .02$ , mais pas d'effet significatif d'interaction Age\*Type de séries,  $F < 1$ , pour les répétitions ADJ correctes. Lorsque les groupes sont analysés séparément, le facteur Age montre un effet significatif pour le groupe REP seulement,  $F(3, 36) = 3.14, p < .04$ , mais pas pour les groupes non-ADJ et ALEA-contrôle,  $F_s < 1$ . Concernant les répétitions non-ADJ correctes, nous n'observons pas d'effet significatif de l'âge,  $F < 1$ , ni d'effet

significatif d'interaction Age\*Type de séries,  $F < 1$ . Lorsque les groupes sont considérés séparément, l'âge n'est pas davantage significatif, quel que soit le groupe,  $F_s < 1$ .

Les fréquences de génération explicite de répétitions ADJ et non-ADJ correctes en fonction du Type de séries sont présentées dans la Figure 42.

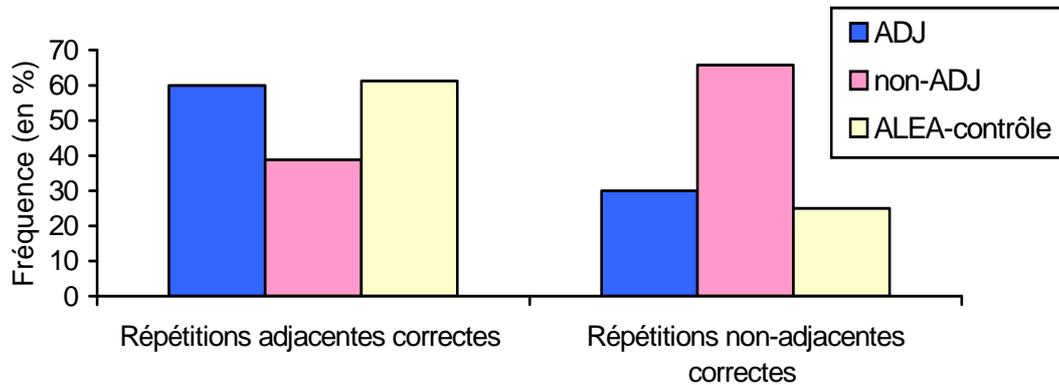


Figure 42. Fréquence moyenne (en %) de génération explicite de répétitions adjacentes et non-adjacentes correctes, en fonction du Type de séries (ADJ, non-ADJ et ALEA-contrôle).

Le facteur Type de séries montre un effet significatif pour la production de répétitions adjacentes correctes,  $F(2, 108) = 8.27, p < .01$ , indiquant une production supérieure pour le groupe ADJ (60%) par rapport au groupe non-ADJ (38.7%). Toutefois, une différence inattendue apparaît, indiquant une production significativement supérieure pour le groupe ALEA-contrôle (61.2%) par rapport au groupe non-ADJ (38.7%),  $F(1, 108) = 13.10, p < .01$ . La production de répétitions non-adjacentes correctes met en évidence un effet significatif du Type de séries, avec une production supérieure pour le groupe non-ADJ (65.8%) par rapport aux groupes ADJ (30%) et ALEA-contrôle (25%),  $F(2, 108) = 11.78, p < .01$ .

Une comparaison entre les proportions observées au test de génération explicite et celles théoriques, censées exprimer une production au hasard, a été menée afin de préciser les résultats précédents. Les résultats des tests de Student sont présentés dans le Tableau 12.

Tableau 12: Comparaison entre les proportions observées et théoriques de répétitions adjacentes et non-adjacentes correctes, en fonction du Type de séries. (\* indique que la différence entre les proportions est significative à .05 ou .01)

Unité	Groupe	Proportions Théoriques	Proportions Observées	Tests de Student
Répétitions adjacentes correctes	ADJ	.40	.60	* $t(39) = 4.16, p < .01$
	non-ADJ	.40	.387	$t < 1$
	ALEA	.40	.612	* $t(39) = 4.46, p < .01$
Répétition non-adjacentes correctes	ADJ	.20	.30	$p = .18$
	non-ADJ	.60	.658	$p = .17$
	ALEA	.20	.25	$t < 1$

Si la production de répétitions ADJ correctes du groupe non-ADJ (38.7%) ne se différencie pas significativement du hasard (40%),  $t < 1$ , celle du groupe ADJ (60%) est significativement supérieure à celui-ci,  $t(39) = 4.16, p < .01$ . Par ailleurs, la production de répétitions ADJ correctes pour le groupe ALEA-contrôle (25%) significativement supérieure au hasard (40%),  $t(39) = 4.46, p < .01$ , confirme le résultat inattendu observé avec l'ANOVA. En revanche, aucun des groupes n'a produit de répétitions non-ADJ correctes au-delà du hasard (non-ADJ: 60%, ADJ: 20% et ALEA-contrôle: 20%), que ce soit pour le groupe ADJ (30%),  $p = .18$ , le groupe non-ADJ (65.8%),  $p = .17$ , ou le groupe ALEA-contrôle (25%),  $t < 1$ .

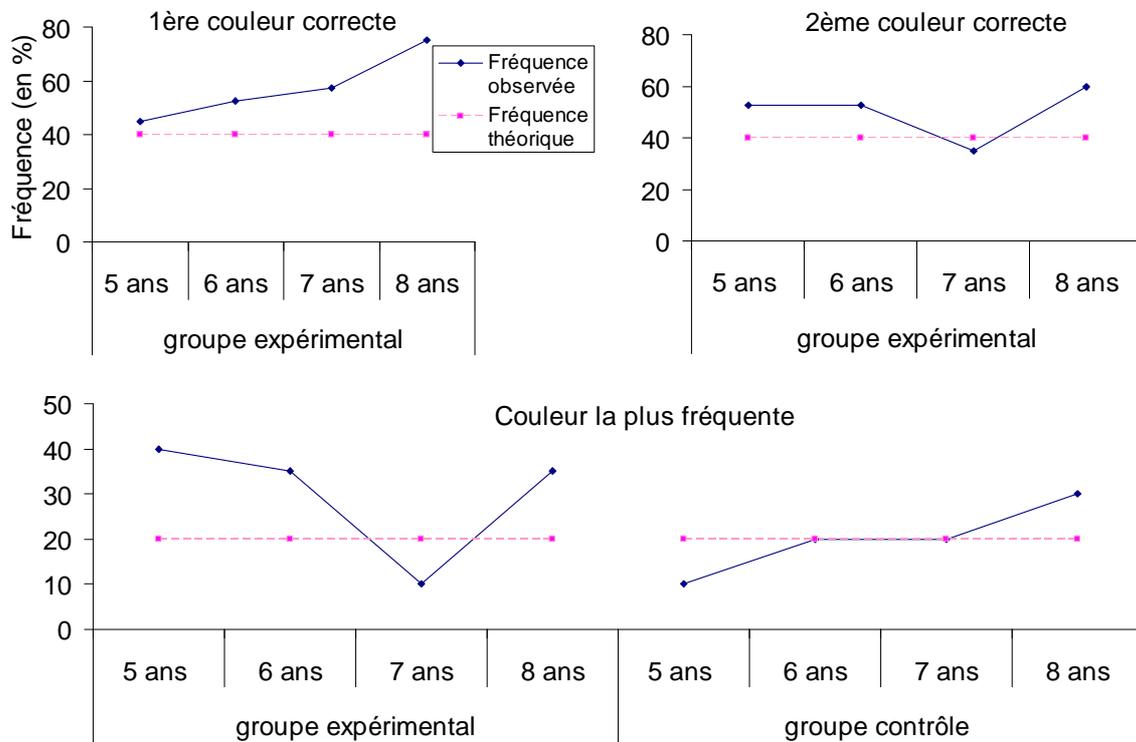
Ainsi, ces résultats mettent en évidence un effet de l'âge dans la production de répétitions ADJ correctes uniquement pour le groupe ADJ, spécifiquement exposé à ces unités. Toutefois, malgré une courbe indiquant une augmentation de la production de répétitions non-ADJ correctes avec l'âge pour le groupe non-ADJ, nous n'observons pas le même effet significatif attendu.

Le codage des unités saillantes du matériel par les sujets qui y ont été spécifiquement exposés est ici, au moins en partie, confirmé. Toutefois, on note un effet plus important pour les répétitions adjacentes, qui s'étend même au groupe contrôle, bien que leur présence soit réduite au sein des séries aléatoires.

b. Apprentissage de la 1<sup>ère</sup> et 2<sup>ème</sup> couleur des drapeaux et de la couleur la plus présente.

Les données concernant la 1<sup>ère</sup> et la 2<sup>ème</sup> couleur ont été analysées uniquement pour les groupes exposés aux séries grammaticales (voir page 44). En revanche, le groupe contrôle exposé aux séries aléatoires a été considéré pour l'analyse de la couleur la plus présente au sein des drapeaux. Les Figures 43, 44 et 45 présentent les fréquences de production de 1<sup>ère</sup> et 2<sup>ème</sup> couleurs correctes pour les

différentes classes d'âge du groupe expérimental, ainsi que les fréquences de production de la couleur la plus présente au sein de la série d'entraînement en fonction des facteurs Age et Groupe.



Figures 43, 44 et 45. Fréquence moyenne de production (en %) de la 1<sup>ère</sup>, 2<sup>ème</sup> couleur en fonction du groupe d'âge observé (5 ans, 6 ans, 7 ans et 8 ans) et de la couleur la plus fréquente au sein des drapeaux, en fonction de l'Age et du Groupe (expérimental vs contrôle).

Une ANOVA comprenant le facteur inter-sujets Age (4) a été menée sur les fréquences de production de 1<sup>ère</sup> et 2<sup>ème</sup> couleurs correctes du groupe expérimental. Comme le montre la Figure 43, un effet significatif de l'âge indique une augmentation des fréquences de production de 1<sup>ère</sup> couleur correcte avec le développement (5 ans: 45%, 6 ans: 52.5%, 7 ans: 57.5% et 8 ans: 75%),  $F(3, 76) = 4.43, p < .01$ . Par ailleurs, des comparaisons planifiées précisent que la production de 1<sup>ère</sup> couleur correcte croît linéairement avec l'âge,  $F(1, 76) = 12.30, p < .01$ . Concernant la 2<sup>ème</sup> couleur, nous observons un effet tendanciel de l'âge,  $F(3, 76) = 2.51, p = .06$ , indiquant une stagnation entre 5 et 6 ans (52.5%) puis une chute de la fréquence de production à 7 ans (35%) pour remonter ensuite à 8 ans (60%). Enfin, l'ANOVA comprenant les facteurs inter-sujets Age (4) et Groupe (2) sur la fréquence de production de la couleur la plus présente au sein des drapeaux ne révèle aucun effet de l'âge,  $F < 1$ , ni aucun effet significatif d'interaction Age\*Groupe,  $F < 1$ . Ces résultats sont confirmés par l'absence d'effet significatif de l'âge pour le groupe expérimental,  $F(3, 76) = 1.77, p = .16$ , comme pour le groupe contrôle,  $F < 1$ , lorsque l'on considère ces groupes séparément.

Une ANOVA comprenant les facteurs inter-sujets Age (4) et Groupe (2) a été conduite sur les fréquences de production de la couleur la plus fréquente. Elle ne révèle pas d'effet significatif du Groupe,  $F(1, 112) = 1.36, p = .24$ .

Tableau 13: Comparaison entre les proportions observées et théoriques pour la 1<sup>ère</sup>, la 2<sup>ème</sup> couleur et la couleur la plus présente au sein des drapeaux, en fonction du Groupe. (\* indique que la différence entre les proportions est significative à .05 ou .01)

Unité	Groupe	Proportions Théoriques	Proportions observées	Tests de Student
1 <sup>ère</sup> couleur	Expérimental	.40	.575	* $t(79) = 5.44, p < .01$
2 <sup>ème</sup> couleur	Expérimental	.40	.50	* $t(79) = 2.90, p < .01$
Couleur la plus présente	Expérimental	.20	.30	$t(79) = 1.94, p = .056$
	contrôle	.20	.20	$t < 1$

Comme le montre le Tableau 13, les tests de Student indiquent, pour le groupe expérimental, des productions significativement supérieures au hasard (40%) en ce qui concerne la 1<sup>ère</sup> couleur (57.5%),  $t(79) = 5.44, p < .01$ , et la 2<sup>ème</sup> couleur des drapeaux (50%),  $t(79) = 2.90, p < .01$ , et une production de la couleur la plus fréquente correcte (30%) qui tend à se différencier du hasard (20%),  $t(79) = 1.94, p = .056$ , alors que celle du groupe contrôle (20%) correspond au hasard,  $t < 1$ .

Ainsi, seule l'analyse de l'information la plus susceptible d'attirer l'attention du sujet, de par sa position (1<sup>ère</sup> couleur du drapeau), montre des performances qui augmentent avec l'âge. On observe également un codage de la partie "début" du drapeau de la part des sujets soumis aux séries grammaticales, tandis que celui de la couleur la plus fréquente, inexistant pour le groupe contrôle, n'apparaît que tendanciellement pour le groupe expérimental.

### 3. Performances au test de reconnaissance.

Pour terminer, l'évolution des capacités d'apprentissage implicite avec l'âge a été observée à travers les performances au test de reconnaissance pour les différentes classes d'âge (5, 6, 7 et 8 ans) des groupes expérimental (ADJ et non-ADJ) et contrôle (ALEA-contrôle). Les résultats sont illustrés dans la Figure 46. On peut y voir une augmentation des fréquences de réponses correctes pour le groupe expérimental uniquement après 7 ans, tandis que le groupe contrôle soumis aux séries aléatoires ne montre pas d'augmentation des performances avec l'âge.

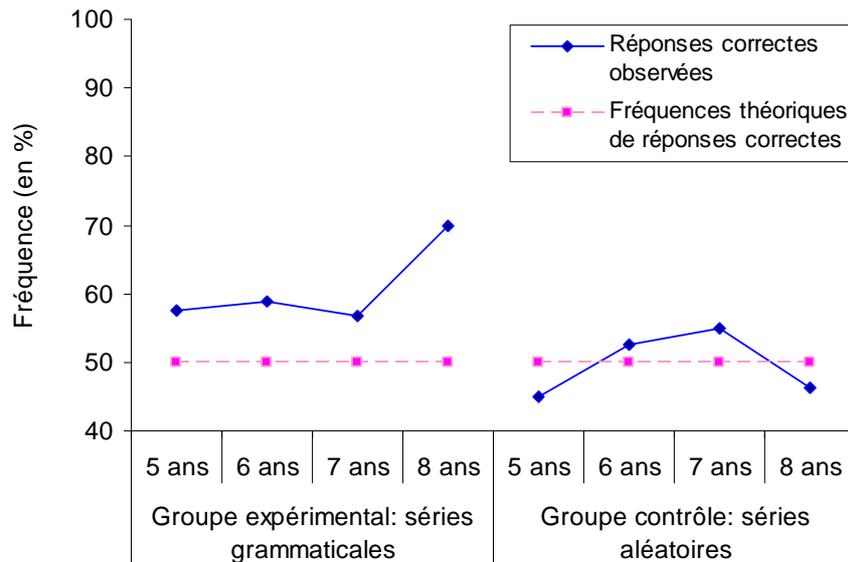


Figure 46. Fréquence moyenne de réponses correctes (en %) au test de reconnaissance, en fonction de l'Age (5, 6, 7 et 8 ans) et du Groupe (expérimental vs contrôle).

Une ANOVA a été conduite avec les facteurs inter-sujets Age (4: 5, 6, 7 et 8 ans) et Groupe (2: groupe expérimental et groupe contrôle) sur les fréquences de réponses correctes au test de reconnaissance. Le facteur Age ne révèle aucun effet significatif,  $F < 1$ , tandis qu'un effet d'interaction Age\*Groupe tendanciel est observé,  $F(3, 112) = 2.35, p = .07$ . Lorsque les groupes sont considérés séparément, un effet tendanciel de l'âge est observé pour le groupe expérimental,  $F(3, 76) = 2.58, p = .06$ , alors qu'aucun effet significatif n'apparaît pour le groupe contrôle,  $F(3, 76) = 1.39, p = .26$ . Des comparaisons planifiées précisent que les enfants de 8 ans exposés aux séries grammaticales tendent à produire davantage de réponses correctes que ceux de 7 ans,  $F(1, 76) = 5.80, p < .05$ .

Comme le montre la Figure 47, la fréquence de réponses correctes pour le groupe expérimental exposé aux séries grammaticales est supérieure à celle du groupe contrôle exposé aux séries aléatoires.

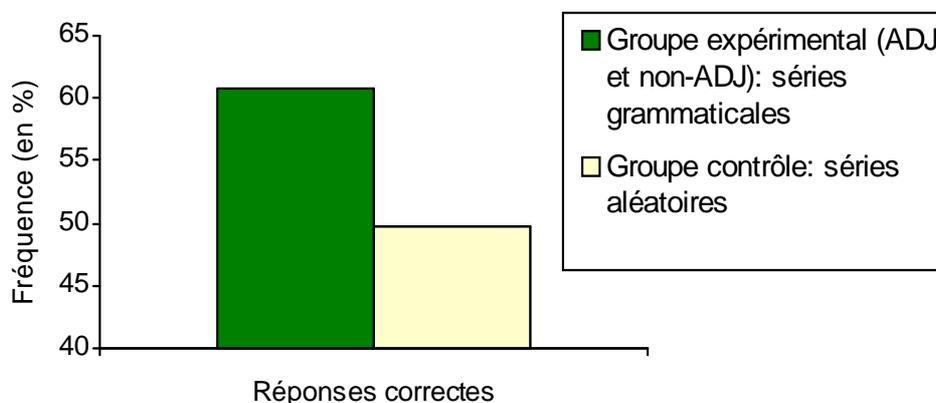


Figure 47. Fréquence moyenne de réponses correctes (en %) au test de reconnaissance, en fonction du Groupe (expérimental vs contrôle).

## Expérience 2: Influences conscientes et développement

Le facteur Groupe révèle un effet significatif dans le sens d'une supériorité de réponses correctes pour le groupe expérimental ( $M = 60.8\%$ ,  $SD = 17,8$ ) par rapport au groupe contrôle ( $M = 49.7\%$ ,  $SD = 13,1$ ),  $F(1, 112) = 12.84$ ,  $p < .01$ . Notons que les deux sous-groupes exposés aux séries grammaticales présentent des performances équivalentes (groupe ADJ:  $M = 61.6\%$ ,  $SD = 16,1$ ; groupe non-ADJ:  $M = 60\%$ ,  $SD = 19,4$ ). Par ailleurs, comme le révèlent les tests de Student présentés dans le Tableau 14, les proportions de réponses correctes observées pour le groupe expérimental (60.8%) sont significativement supérieures au hasard (50%),  $t(79) = 5.43$ ,  $p < .01$ , alors que les performances du groupe contrôle (49.7%) ne diffèrent pas significativement d'une production au hasard,  $t < 1$ .

Tableau 14: Comparaison entre les proportions observées et théoriques au test de reconnaissance, en fonction du Groupe. (\* indique que la différence entre les proportions est significative à .05 ou .01)

Unités	Groupe	Proportions Théoriques	Proportions observées	Tests de Student
Réponses correctes	Expérimental	.50	.608	* $t(79) = 5.43$ , $p < .01$
	contrôle	.50	.497	$t < 1$

Notons que l'on retrouve des performances supérieures au hasard pour les deux types de séries grammaticales, qu'elles intègrent un grand nombre de répétitions non-adjacentes (groupe non-ADJ:  $M = 60\%$ ),  $t(39) = 3.25$ ,  $p < .01$ , ou un grand nombre de répétitions adjacentes (groupe ADJ:  $M = 61.6\%$ ),  $t(39) = 4.54$ ,  $p < .01$ .

Une ANOVA comprenant les facteurs inter-sujets Age (4) et Groupe (2) a été menée sur les mesures du critère de sensibilité ( $d'$ ). Rappelons que ce critère permet de déterminer la capacité de discrimination des sujets et de la différencier d'une production de réponses au hasard. Ainsi, un  $d'$  nul indique que les sujets ont répondu au hasard, alors qu'un  $d'$  faible indique une mauvaise capacité de discrimination et un  $d'$  élevé témoigne d'une bonne capacité de discrimination. Comme le montre la Figure 48, le critère de sensibilité présente une augmentation après 7 ans chez les enfants confrontés aux séries grammaticales, tandis que les valeurs  $d'$  demeurent proches de zéro, quel que soit l'âge des participants, dans le groupe exposé aux séries aléatoires. Les fréquences théoriques sont également figurées, afin d'apporter une lecture plus complète des résultats.

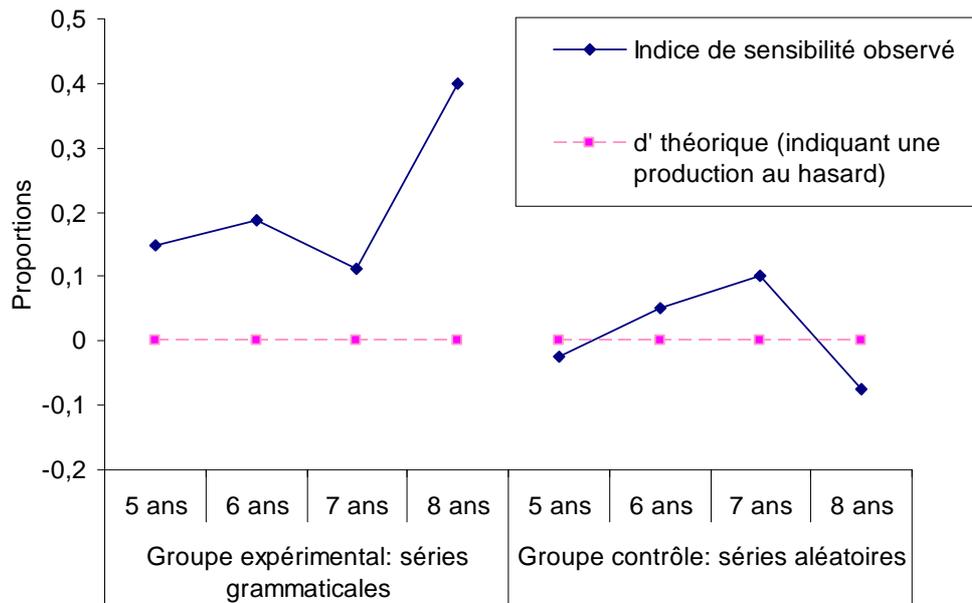


Figure 48. Critère de sensibilité au test de reconnaissance, en fonction de l'Age (5 ans, 6 ans, 7 ans et 8 ans) et du Groupe (expérimental vs contrôle).

L'effet de l'âge n'est pas significatif,  $F < 1$ , mais un effet d'interaction Age\*Groupe tendanciel apparaît,  $F(3, 112) = 2.51$ ,  $p = .06$ . Lorsque les groupes sont analysés séparément, le facteur Age devient significatif pour le groupe expérimental,  $F(3, 76) = 2.75$ ,  $p < .05$ , avec des performances pour les enfants de 8 ans supérieures à celles des enfants de 7 ans,  $F(1, 76) = 6.87$ ,  $p < .05$ , mais aucun effet significatif n'est observé pour le groupe contrôle,  $F < 1$ .

Le facteur Groupe est significatif,  $F(1, 112) = 10.43$ ,  $p < .01$ , le critère de sensibilité étant supérieur pour le groupe grammatical ( $d' = 0.21$ ) par rapport au groupe contrôle ( $d' = 0.01$ ). Par ailleurs, un test de Scheffé met en évidence un effet du Groupe uniquement pour les sujets les plus âgés (8 ans),  $p < .05$ .

Cette première analyse révèle une augmentation des capacités de reconnaissance avec l'âge pour les sujets exposés aux séries grammaticales uniquement. Toutefois, cette augmentation n'apparaît qu'après 7 ans. Comme nous l'avons observé dans l'Expérience 1, le groupe expérimental a montré une meilleure sensibilité aux items vus en phase d'entraînement, reconnaissant davantage les items d'étude présentés en phase test. En revanche, le groupe contrôle a tendance à répondre au hasard, comme en témoigne le critère de sensibilité ( $d' = .01$ ). Cependant, le faible critère de sensibilité observé pour le groupe expérimental ( $d' = .21$ ) signifie que la discrimination des drapeaux grammaticaux reste difficile.

## Discussion

L'Expérience 2 a cherché à montrer que des effets d'âge émergent lorsque les tâches utilisées en AI suscitent l'activation de processus conscients de récupération de l'information durant la phase

test. Ainsi, nous avons examiné si un test de génération explicite, et dans une moindre mesure, un test de reconnaissance, favorisent de tels effets de l'âge. Nous avons également entrepris de confirmer les principaux résultats observés dans l'Expérience 1, notamment la sensibilité des enfants aux caractéristiques saillantes spécifiques des items qu'ils leur ont été présentés en phase d'entraînement.

*Influence des processus conscients, capacités d'AI et âge des sujets.*

La majorité des travaux menés dans une perspective développementale suggère une invariabilité des capacités d'AI avec l'âge (par exemple, Meulemans et al., 1998; Vinter & Perruchet, 2000), en accord avec le postulat de Reber (1993). Toutefois, ces conclusions n'impliquent pas pour autant que les performances d'AI sont toujours indépendantes de l'âge des participants, puisque certains travaux rapportent des effets d'âge (e.g., Fletcher et al., 2000; Maybery et al., 1995). Certains auteurs (par exemple, Meulemans 1998a; Vinter & Perruchet, 1999) ont mis en cause la responsabilité de processus conscients intervenant durant les tâches, Afin de minimiser l'influence de tels processus et de garantir la nature implicite des traitements mis en œuvre, Vinter et Perruchet (1999) ont proposé, à travers la "Neutral Parameter Procedure" ou NPP, d'appliquer deux critères de neutralité aux tâches employées pour tester les capacités d'AI. Lors d'un test de génération libre respectant ces critères, l'Expérience 1 a montré que les performances demeuraient stables avec l'âge des participants. Ces résultats confirment l'invariabilité des performances observée par Vinter et Perruchet (1999, 2000), dans une tâche impliquant un principe grapho-moteur (le "Starting Rotation Principle" ou SRP: Van Sommers, 1984) et respectant, elle aussi, les exigences de la NPP. En revanche, le test de reconnaissance, et davantage celui de génération explicite, font appel à des processus conscients de récupération de l'information (Gardiner & Java, 1993). En effet, les consignes administrées lors de ces tests font explicitement référence à la phase d'entraînement. L'Expérience 2 a reproduit la même procédure d'entraînement utilisée dans l'Expérience 1, mais le test de génération implicite a été remplacé par des tests de génération explicite et de reconnaissance. Des enfants ont été invités à construire un drapeau entier vu pendant la phase d'entraînement, ainsi que certaines des unités qui composent les drapeaux d'étude, et à reconnaître ces drapeaux parmi de nouveaux. L'emploi de tels tests ne satisfait pas aux exigences de la NPP, puisque le comportement que les participants cherchent à atteindre consciemment ne diffère pas de celui que les expérimentateurs tentent d'induire par le biais d'influences inconscientes. Nous avons ainsi suggéré que des effets de l'âge devraient émerger dans l'Expérience 2, suite aux tests de génération explicite et de reconnaissance, du fait qu'ils devraient favoriser l'activation des processus conscients consacrés à la récupération de l'information codée en phase d'entraînement. Toutefois, nous supposons que ces effets peuvent ne pas être aussi systématiques que ceux obtenus en tâches explicites (par exemple, Greenbaum & Graf, 1989; Isingrini et al., 1995).

Dans le test de reconnaissance, les enfants de 8 ans confrontés aux séries grammaticales ont montré une fréquence de réponses correctes supérieure à celle observée à 7 ans, révélant une légère tendance du groupe expérimental à montrer une augmentation de la reconnaissance après 7 ans, alors

## Expérience 2: Influences conscientes et développement

qu'on n'observait aucun effet de l'âge dans le groupe contrôle. L'analyse du critère de sensibilité (d') a confirmé ces résultats. Concernant le test de génération explicite du drapeau entier, une augmentation linéaire des performances avec l'âge est apparue pour la production correcte des répétitions ADJ dans le groupe ADJ et non-ADJ dans le groupe non-ADJ, et pour celle des répétitions ADJ correctement positionnées dans le groupe ADJ. Par ailleurs, les enfants de 8 ans ont produit plus de drapeaux entièrement corrects que ceux de 5 ans, uniquement dans le groupe expérimental. L'effet de l'âge est significatif pour la production de 1<sup>ères</sup> couleurs correctes pour le groupe expérimental pour la classe d'âge la plus élevée et pour celle des 1<sup>ers</sup> trigrammes corrects du groupe expérimental qui augmente linéaire avec l'âge. Lors de la génération explicite des unités qui composent les drapeaux, la production de répétitions adjacentes correctes du groupe ADJ a augmenté linéairement avec l'âge, comme la production de 1<sup>ères</sup> couleurs correctes. En revanche, aucun effet d'âge n'est apparu pour les productions de structures ADJ et non-ADJ. Cependant, notons que ces structures ont été très peu produites dans le test de génération explicite. De même, l'âge n'a pas eu d'effet sur la production des répétitions non-ADJ correctement positionnées et ni des 1<sup>ers</sup> et derniers bigrammes et derniers trigrammes corrects. Pour terminer, l'âge n'a pas influé sur la production des répétitions non-ADJ du groupe non-ADJ dans la génération explicite des unités composant les drapeaux.

En résumé, les effets de l'âge observés dans l'Expérience 2 sont davantage significatifs en génération explicite qu'en reconnaissance. On note qu'ils sont observés uniquement dans le groupe expérimental ou dans les groupes où un apprentissage spécifique était attendu (le groupe non-ADJ pour les répétitions non-adjacentes correctes, le groupe ADJ pour les répétitions correctes et les répétitions correctement positionnées). Enfin, ils concernent davantage les unités saillantes d'un point de vue strictement perceptif (ADJ et non-ADJ) ou d'un point de vue positionnel (1<sup>ère</sup> couleur et 1<sup>ers</sup> trigrammes), qui dans les deux cas, ont le plus de chance d'obtenir une attention particulière des participants durant la phase d'entraînement.

Ces résultats révèlent que conformément à nos prévisions, les effets d'âge émergent lorsqu'on favorise l'activation de certains processus conscients en faisant explicitement référence à la phase d'entraînement. L'apparition progressive des effets de l'âge, en fonction de la capacité de la tâche à susciter l'intrusion d'influences explicites (absents en génération implicite, tendanciels en reconnaissance et significatifs en génération explicite), renforce l'hypothèse de l'implication d'influences conscientes dans certains des effets de l'âge rapportés dans ce champ d'étude (par exemple, Fletcher et al., 2000; Maybery et al., 1995). Ces données confirment le bien fondé des critiques énoncées à l'encontre des paradigmes classiquement employés dans ce domaine de recherche et la nécessité de contrôler la perméabilité des procédures aux influences conscientes (Meulemans et al., 1998; Viner & Perruchet, 1999). Ainsi, bien que la procédure d'apprentissage demeure implicite (c'est le cas dans les Expérience 1 et 2), des effets peuvent intervenir en fonction des consignes de la tâche administrée en phase test.

Apprentissage aux tests de génération explicite et de reconnaissance.

Les effets de l'âge étaient attendus dans les groupes où un apprentissage spécifique devait opérer. L'Expérience 2, bien qu'utilisant des tests explicite de génération et de reconnaissance en phase test, a employé une procédure d'apprentissage implicite équivalente à celle de l'Expérience 1. Par conséquent, l'Expérience 2 devrait répliquer les principaux résultats obtenus dans l'Expérience 1, notamment la sensibilité des enfants aux caractéristiques saillantes spécifiques des items qu'ils leurs sont présentés en phase d'entraînement.

- Performances aux tests de génération explicite.

Le test de génération explicite du drapeau entier a consisté à demander aux enfants de construire un drapeau qu'ils sont sûrs d'avoir vu durant la phase d'entraînement. Ce test a conduit aux mêmes analyses que celles menées sur les performances de génération implicite de l'Expérience 1. Ainsi, les prévisions relatives aux modèles théoriques d'AI demeurent donc les mêmes (Voir page 31-34).

Les résultats confirment l'apprentissage d'unités saillantes correctes ADJ et non-ADJ, spécifiques des items présentés aux participants en phase d'entraînement (respectivement, les groupes ADJ et non-ADJ). Par ailleurs, les résultats à la génération explicite des unités saillantes qui composent les drapeaux, confirment également cet apprentissage spécifique. Enfin, les drapeaux entiers corrects construits par les groupes expérimentaux contiennent exclusivement le type d'unités saillantes auxquelles les sujets ont été exposés.

La position abstractionniste (Reber, 1967, 1989), selon laquelle la connaissance acquise reflète la structure grammaticale du matériel, et non ses propriétés de superficielles, ne supporte pas de tels résultats. En effet, les séries ADJ et non-ADJ diffèrent seulement sur la fréquence des caractéristiques de surface qui composent les items d'apprentissage, et non sur les règles qui ont servi à les construire. En revanche, les autres modèles rendent compte de l'apprentissage spécifique des unités saillantes du matériel. Les unités saillantes font intrinsèquement partie des exemplaires mémorisés (Brooks, 1978), des fragments appris (Perruchet, 1994), ou du contenu du focus attentionnel des enfants servant à élaborer leur expérience phénoménologique (Perruchet & Vinter, 2002). Par ailleurs, la position abstractionniste rend difficilement compte de la sensibilité du groupe contrôle à la répétition, puisque aucune structure grammaticale ne régit les séries aléatoires, empêchant toute abstraction. En revanche, la "similarité", au sein même de la phase d'entraînement, entre les deux drapeaux contenant chacun une répétition, pourrait avoir favorisé leur mémorisation (Brooks, 1978). Les modèles fragmentariste et SOC permettent d'envisager que la saillance particulière des répétitions, en l'absence de cooccurrences particulièrement fréquentes à l'intérieur des séries aléatoires, pourrait guider le focus attentionnel et favoriser leur codage. Toutefois, la faible fréquence de ces unités saillantes pourrait expliquer la "fragilité" des unités cognitives isomorphes qui en découlent et qui ne seraient activées qu'en présence de consignes suffisamment explicites. Le modèle SOC permet donc de rendre également compte de l'émergence de ce résultat propre à l'Expérience 2.

## Expérience 2: Influences conscientes et développement

En revanche, aucun apprentissage spécifique des structures ADJ et non-ADJ n'est observé au test de génération explicite. Aucune reconsidération des prévisions des modèles théoriques n'est nécessaire, puisque les instructions mêmes du test de génération explicite peuvent avoir conduit à un tel résultat. En effet, il a été demandé aux enfants de construire un drapeau tel qu'il a été vu, ce qui pourrait avoir conduit à une adhésion aux couleurs vues en entraînement. Les positions exemplariste, fragmentariste, ou le modèle SOC envisagent que des processus conscients de récupération de l'information pourraient conduire à des productions correctes, puisqu'ils peuvent rendre compte de l'accès conscient à la connaissance. Ces trois conceptions suggèrent respectivement, une mémorisation consciente des exemplaires (Brooks, 1978) ou l'implication de processus conscients lors du traitement attentionnel du matériel (Perruchet, 1994; Perruchet & Vinter, 2002). Toutefois, d'un point de vue abstractionniste (Reber, 1967, 1989), l'absence d'accès conscient à la connaissance acquise, relativise l'impact des instructions et donc, l'idée d'adhésion aux couleurs de la phase d'étude. Ainsi, l'absence de répétitions incorrectes reflèterait davantage l'absence d'une véritable abstraction des structures ADJ et non-ADJ, envisagée dans l'Expérience 1.

Concernant le codage de la position, les positions abstractionniste et exemplariste supposent respectivement, que la grammaire définit la position régissant les règles locales, et que les exemplaires contiennent l'information positionnelle. De ce fait, les enfants peuvent apprendre cette information. En revanche, les modèles fragmentariste et SOC n'envisagent cette possibilité que pour l'information "début et fin" de drapeaux (dans notre matériel, les parties saillantes des drapeaux étaient parfois positionnées en début et fin de séquences). Les parties initiales et finales des drapeaux contiennent une information positionnelle et pourraient solliciter une attention particulière de la part des participants. Les résultats ont montré un apprentissage de la position de l'unité saillante ADJ uniquement pour le groupe ADJ, contrairement à ce que nous avons observé dans l'Expérience 1. Toutefois, rien n'incitait les participants dans l'Expérience 1 à produire les unités dans une séquence particulière (génération implicite). Pour autant, la position a pu être codée comme une information plus "périphérique" que la couleur par exemple et donc pas nécessairement exploitée dans la génération implicite. En revanche, les consignes explicites de l'Expérience 2 pourraient avoir réactivé ces informations "périphériques", telles que la position, associées à l'information centrale qu'incarne la couleur. Les positions abstractionniste et exemplariste rendent difficilement compte de cette réactivation. La consigne explicite ne saurait réactiver une information inconsciente selon Reber (1967, 1989), et l'apprentissage devrait avoir lieu quelle que soit la consigne, puisque la position est intrinsèquement liée aux items mémorisés selon Brooks (1978) ou à la grammaire abstraite selon Reber (1967, 1989), à condition d'une abstraction des règles globales. Ainsi, seuls les modèles fragmentariste et SOC peuvent rendre compte d'une telle activation en fonction de la demande explicite de la tâche.

Pour terminer, le codage des unités "neutres" indique que seul le groupe expérimental montre un apprentissage significatif pour l'ensemble de ces unités: bigrammes, trigrammes, quadrigrammes corrects, 1<sup>ère</sup> et 2<sup>ème</sup> couleurs correctes, et tendanciel pour la couleur la plus fréquente. En revanche, le groupe contrôle, exposé aux séries aléatoires, présente des productions proches du hasard. Le codage

des parties "début et fin" de drapeaux a opéré uniquement pour le groupe expérimental et pour les bigrammes, quelle que soit leur place ("début" ou "fin"), alors que seules les unités de trois couleurs de "début" de drapeaux ont été codées. Globalement, il semble que les quatre modèles d'AI peuvent rendre compte de ces résultats. L'intégralité des unités qui composent les items grammaticaux présentés au groupe expérimental est régie par une grammaire (position abstractionniste), est contenue dans les exemplaires mémorisés (position exemplariste), constitue les fragments appris (conception fragmentariste) ou forme le contenu de l'expérience phénoménologique du sujet (modèle SOC). Les résultats de l'Expérience 2 diffèrent, ici aussi, de ceux observés dans l'Expérience 1. En effet, l'Expérience 2 montre que le groupe expérimental a appris la quasi-totalité des unités observées. Ces performances peuvent être interprétées en termes de meilleure récupération de la connaissance acquise par l'intermédiaire des processus conscients suscités par les consignes des tests explicites utilisées dans l'Expérience 2. La réactivation de la connaissance acquise par des instructions explicites suggère un accès conscient à l'information dont les modèles exemplariste fragmentariste et SOC rendent compte, contrairement à la position abstractionniste.

- Performances au test de reconnaissance.

Concernant le test de reconnaissance, de meilleures performances pour le groupe expérimental que pour le groupe contrôle font l'unanimité parmi les principaux modèles d'AI. On peut ainsi rendre compte de ce profil de résultats par la conformité des items corrects à la structure grammaticale apprise durant la phase d'entraînement (Reber, 1967, 1989a), la comparaison entre les exemplaires stockés en mémoire et ceux présentés en test, dont la similarité est plus importante entre les items grammaticaux (Brooks, 1978), la reconnaissance des fragments fréquents des items grammaticaux, communs entre les items d'étude et de test (Perruchet, 1994) ou la représentation isomorphe aux caractéristiques du matériel fournit par le contenu de l'expérience phénoménologique des participants exposés aux items grammaticaux (Perruchet & Vinter, 2002). Les arguments avancés par ces modèles nécessitent que les items reconnus soient structurés et présentent des régularités stables, comme c'est le cas d'items générés par une grammaire à état fini. Ainsi, puisque les items présentés au groupe contrôle sont issus de séries aléatoires et que les séries ADJ et non-ADJ sont construites sur la base d'une grammaire commune, et contiennent chacune des unités saillantes fréquentes, rien ne prédit que le groupe contrôle reconnaisse les items corrects au-delà du hasard, ni que les groupes ADJ et non-ADJ présentent une différence de reconnaissance. Les résultats au test de reconnaissance sont en accord avec ces prédictions, puisqu'on observe une reconnaissance du groupe expérimental supérieure à celle du groupe contrôle, proche du hasard. Cette différence par rapport au groupe contrôle demeure lorsque les groupes ADJ et non-ADJ, qui présentent des performances très proches, sont considérés séparément. Toutefois, le critère de sensibilité indique que la discrimination des drapeaux grammaticaux reste difficile.

Pour conclure, l'Expérience 2 a montré l'émergence d'effets de l'âge dans les groupes où un apprentissage spécifique a opéré. L'importance et la systématisation de ces effets pourraient être liées au fait que les consignes données en test sollicitent l'activation de processus conscients de récupération de la connaissance acquise. Les résultats confirment que ce qui est généré explicitement reflète le traitement attentionnel des caractéristiques superficielles du matériel au cours de la phase d'entraînement. Pourtant, les positions abstractionniste (Reber, 1967, 1989a) et exemplariste (Brooks, 1978) peuvent également rendre compte de la plupart des résultats observés. Toutefois, certains apprentissages (1<sup>ère</sup> couleur, position des répétitions ADJ...) ont été révélés alors qu'ils n'apparaissaient pas dans l'Expérience 1. Les modèles exemplariste et abstractionniste rencontrent des difficultés à expliquer ce paradoxe, tandis que le modèle fragmentariste (Perruchet, 1994), et encore davantage le modèle SOC (Perruchet & Vinter, 2002), se sont révélés plus appropriés pour rendre compte des résultats de l'Expérience 2 et des différences observées par rapport à l'Expérience 1.

Les premières expériences de cette thèse ont pu montrer dans quelles limites méthodologiques (Meulemans, 1998a; Vinter & Perruchet, 1999) l'invariabilité des capacités d'AI avec l'âge postulée par Reber (1993) se vérifie. Le prochain chapitre sera dédié à l'AI dans le cadre du retard mental. L'Expérience 3 tentera de montrer la préservation des capacités d'AI lorsque la procédure est hautement implicite (Reber, 1993), et d'observer si le profil cognitif déficitaire de cette population limite l'apprentissage aux unités les plus simples et les plus saillantes, les unités ADJ par exemple, par rapport à d'autres unités plus complexes, les unités non-ADJ, ou plus neutres, les bigrammes non répétés. L'Expérience 4 investiguera l'effet délétère des processus conscients suscités par la tâche, sur leurs performances, comme il est classique d'en observer dans les tâches explicites (e.g., Wyatt & Connors, 1998; Vicari et al., 2000).

### Chapitre 3

Les capacités d'apprentissage implicite chez l'enfant présentant un retard mental:  
étude d'une procédure hautement implicite (génération implicite)  
ou perméable aux influences explicites (reconnaissance et génération explicite).

## Introduction

Les premières études présentées dans ce travail de recherche ont révélé des capacités d'apprentissage implicite chez les enfants tout-venant, en particulier concernant les propriétés saillantes spécifiques au matériel présenté en phase d'entraînement. Conformément au postulat de Reber (1993), cet apprentissage s'est révélé invariable avec l'âge lorsqu'une procédure hautement implicite a été employée (Expérience 1). En revanche, l'intrusion d'éléments explicites dans les consignes de la phase test a favorisé l'émergence d'effets de l'âge sur les performances (Expérience 2), tels qu'il est classique d'en observer dans les situations d'apprentissage explicite (Greenbaum & Graf, 1989; Isingrini et al., 1995; Karatekin et al., 2007).

Ce troisième chapitre vise à tester la préservation des capacités d'apprentissage implicite chez des enfants présentant un retard mental, tout en examinant dans quelle mesure les déficits (attentionnels, de récupération, de flexibilité cognitive...) liés au retard mental (Ellis, 1970) et la nature des processus sollicités par les consignes de la phase test peuvent influencer leurs performances. Dans l'Expérience 3, ces effets sont investigués à travers un test hautement implicite similaire à celui employé dans l'Expérience 1 (génération implicite). Lors d'une telle procédure, la robustesse des capacités d'apprentissage face au niveau intellectuel (Reber, 1993) garantit-elle les mêmes résultats que chez l'enfant sans retard? Ou les différences de fonctionnement cognitif qui caractérisent le retard mental peuvent-elles altérer les performances? L'Expérience 4 emploie ensuite une procédure perméable aux influences conscientes, semblable à celle utilisée dans l'Expérience 2. Celle-ci a révélé des résultats proches de ceux observés dans des tâches explicites. Etant donné les difficultés que rencontrent classiquement les enfants déficients intellectuels dans ce type de tâche (par exemple, Atwell et al., 2003), leurs performances attestent-elles d'un apprentissage comparable à celui observé dans l'Expérience 2, chez les sujets "tout-venant"?

Préservation des capacités d'apprentissage implicite chez l'enfant présentant un retard mental.

Conformément au postulat de Reber (1993), la plupart des études s'intéressant au lien entre processus implicites et niveau intellectuel rendent compte de corrélations non significatives entre le QI et les performances d'apprentissage, quel que soit le paradigme utilisé (Feldman et al., 1995; Gebauer & Mackintosh, 2007; McGeorge et al., 1997; Myers & Conner, 1992; Reber, Walkenfield & Hernstadt, 1991; Vicari et al., 2000). Cette préservation des capacités est également observée dans des tâches de mémoire implicite (Burack & Zigler, 1990; Perrig & Perrig, 1995; Takegata & Furutuka, 1993; Wyatt & Conners, 1998). Maybery et al. (1995) ont également mis en évidence une absence de corrélation entre les performances lors d'une tâche de covariation incidente et le QI, bien qu'ils observent un effet de l'âge. Toutefois, des corrélations entre l'âge mental (ou le QI) et les performances, aussi bien à des tâches d'apprentissage explicite, qu'implicite ont été révélées par Fletcher et al. (2000), contredisant radicalement les travaux précédents.

Cependant, l'intervention de composantes conceptuelles (Vinter & Detable, 2003), ou explicites (Meulemans, 1998a; Vinter & Perruchet, 1999) dans la procédure de Fletcher et al. (2000) pourrait expliquer ces résultats. Ainsi, Vinter et Detable (2003) ont suggéré qu'une tâche faisant appel à des composantes motrices et perceptives uniquement et limitant la contamination d'influences explicites, telle que développée dans les travaux de Vinter et Perruchet (1999, 2000, 2002), montrerait des processus d'apprentissage implicites efficaces chez les individus avec retard mental (Detable & Vinter, 2004; Detable & Vinter, 2006; Vinter & Detable, 2003).

Dans la poursuite de ces travaux, nous avons tenté de confirmer les capacités d'apprentissage implicite décrites chez ces sujets à l'aide d'un paradigme communément utilisé dans ce champ d'étude et limitant l'intervention d'influences explicites et de traitements conceptuels. Comme Vinter et Detable (2003) en conviennent (p.104); "Différencier une tâche perceptuelle d'une tâche conceptuelle n'est pas chose facile", mais "la complexité de la structure impliquée dans la tâche implicite n'est pas un critère déterminant", tandis que "le traitement conceptuel...est sollicité lorsque le traitement de la tâche implique un encodage verbal ou des choix de réponse basés sur des processus décisionnels hautement explicites". L'Expérience 3 a employé une tâche de grammaire artificielle répondant aux critères de la NPP et faisant davantage référence à des composantes perceptuelles que conceptuelles. Ces précautions devaient permettre d'observer des capacités d'apprentissage implicite chez des enfants présentant un retard mental. Toutefois, malgré la nature hautement implicite d'une procédure favorable à l'expression de la robustesse des processus implicites face au niveau intellectuel, les déficits cognitifs liés au retard mental peuvent-ils contraindre le codage du matériel pendant la phase d'entraînement?

Déficits cognitifs liés au retard mental et codage du matériel.

Il existe un débat sur la manière de conceptualiser le retard mental qui oppose la théorie différentialiste à celle développementale. Selon la première position, des dysfonctionnements d'origine

organique seraient responsables de déficits cognitifs spécifiques, expliquant les difficultés de ces individus. Ces difficultés ont d'abord été attribuées, de manière générale, à une intelligence inférieure et à un développement typique, caractérisés par une rigidité cognitive globale (Lewin, 1936; Kounin, 1941a, 1941b), avant de faire l'objet d'hypothèses plus précises. Parmi celles-ci, ont émergé les théories d'un déficit de la mémoire à court terme (Ellis, 1963), de l'attention (Zeaman & House, 1963), des processus impliqués dans les fonctions exécutives (Belmont & Butterfield, 1971), parmi d'autres qui, par leur multiplicité, ont amené certains auteurs à envisager, de nouveau, un déficit, "global", de la plupart des processus cognitifs (Detterman, 1979). Toutefois, d'après la théorie développementale, cette conception ne s'applique pas au retard mental d'origine "non-spécifique", c'est-à-dire, sociale ou familiale. En effet, concernant cette étiologie, les séquences de développement et leur ordre d'apparition seraient identiques à ceux observés chez des individus sans retard mental (e.g., Weisz & Zigler, 1979; Zigler, 1967, 1969; Zigler & Balla, 1982; Zigler & Hodapp, 1986), sans toutefois qu'un niveau intellectuel comparable soit atteint à un même âge chronologique.

Dans notre étude, nous nous sommes intéressés au retard mental d'origine organique (génétique, principalement) plutôt que non-organique (socioculturelle, familiale), selon la distinction qui est classiquement proposée (voir Burack, Hodapp & Zigler, 1998). Dans le premier cas, le profil cognitif de ces individus est considéré comme radicalement différent de celui d'enfants sans retard (Ellis, 1970; Milgram, 1973), tandis qu'en l'absence de diagnostic organique, les structures et les séquences de développement demeureraient identiques à celles d'un enfant sans retard (Zigler, 1969; Dunst, 1998).

Un des principaux facteurs proposés pour définir le retard intellectuel réside dans un déficit de la mémoire (e.g., Bray & Turner, 1986, 1987; Ellis, 1978; Spitz, 1979). Concernant nos travaux, si un système de mémoire est à rapprocher de l'apprentissage implicite, il s'agit de la mémoire implicite (Berry & Dienes, 1991), puisque celle-ci est caractérisée par une récupération non intentionnelle d'une connaissance précédemment acquise (Perruchet & Nicolas, 1998; Meulemans, 1998b). Toutefois, nous avons évoqué précédemment que les capacités de mémoire implicite sont indépendantes du niveau intellectuel (Burack & Zigler, 1990; Perrig & Perrig, 1995; Takegata & Furutuka, 1993; Wyatt & Connors, 1998). Ainsi, nous nous sommes particulièrement intéressés aux principaux processus cognitifs susceptibles d'opérer lors de l'encodage du matériel pendant la phase d'étude, et pour lesquels la littérature est en mesure d'apporter des arguments de préservation ou d'altération face au niveau intellectuel.

- *Retard mental et Attention.*

D'après le modèle SOC (Perruchet & Vinter, 2002), la segmentation du matériel ferait intervenir des processus attentionnels. Les individus présentant un retard mental sont connus pour posséder de moindres ressources attentionnelles, ou pour ne pas allouer leurs ressources au traitement des informations pertinentes (voir Merrill, 1990; Sperber & McCauley, 1984, pour une revue). Toutefois, un déficit attentionnel systématique a été depuis remis en cause (Burack, Evans, Klaiman, & Iarocci, 2001). En effet, les procédures d'appariement sur l'âge chronologique (Iarocci & Burack,

1998) ou l'absence de distinction entre étiologies du retard mental (Burack & Enns, 1997) limitent la portée de ces résultats. L'appariement sur l'âge chronologique révèle des différences (Bergen & Mosley, 1994; Crosby & Blatt, 1968; Krupski, 1977) qui ne ressortent pas lorsque l'appariement est fait sur l'âge mental (Burack, 1994; Weiss, Weisz, & Bromfield, 1986). On peut toutefois envisager un déficit attentionnel spécifique à quelques types d'étiologies organiques parmi les centaines connues (Iarocci & Burack, 1998). Par ailleurs, il convient également de considérer l'attention à travers ses composantes (Enns, 1990), qui peuvent être spécifiquement déficitaires, et de s'intéresser plus précisément à celles qui caractérisent l'attention sélective, impliquée dans les tâches d'apprentissage implicite (Jiménez et Méndez, 1999). Concernant les traitements pré-attentifs intervenant dans le filtrage des informations au sein du registre sensoriel, des déficits perceptifs semblent caractériser les individus déficients intellectuels (Fox & Oross, 1988, 1990, 1992). Cha (1992) observe également qu'ils sont incapables de restreindre la taille du focus attentionnel et que leurs performances sont influencées par la présence de distracteurs. Hagen et Huntsman (1971) ont d'ailleurs décrit une plus grande distractibilité causée par les informations non pertinentes. Toutefois, d'autres travaux attestent de la préservation des capacités de filtrage (Burack, 1994; Crosby, 1972; Zekulin-Hartley, 1982).

Les informations contenues dans le registre sensoriel vont ensuite orienter les réponses des individus à leur environnement. Luria (1963) et Sokolov (1963) ont suggéré que les faibles performances cognitives des personnes retardées mentalement sont dues à des réponses d'orientation inappropriées à la situation (Furby, 1974). Toutefois, des études montrent des capacités d'amorçage préservées (Cha & Merrill, 1994; Merrill, Cha, & Moore, 1994), telles qu'un effet d'amorçage comparable à celui d'enfants typiques appariés par l'âge mental, chez des sujets présentant des déficiences intellectuelles d'origines diverses (Carlesimo, Marotta, & Vicari, 1997; Vicari et al., 2000, 2001).

L'attention est également envisagée en termes d'organisation et d'intégration des stimuli au sein d'un même focus (e.g., Treisman & Gelade, 1980; Treisman & Gormican, 1988). Socari, Deckner, Baumeister et Carlin (1990), supposant que les individus retardés mentalement sont moins sensibles aux relations entre les éléments composant le matériel, n'observent pas de différence en fonction du QI, bien que la mise en relation soit difficile pour les individus avec retard mental lorsque les stimuli présentent une disparité modérée. Toutefois, on peut se demander si ces capacités perdurent sans que la recherche de ces relations soit motivée par l'expérimentateur.

En résumé, les diverses étiologies du retard mental et procédures d'appariements sur l'âge mental, chronologique ou le QI, ainsi que les nombreuses facettes que recouvrent les processus attentionnels, ne permettent pas de statuer clairement sur un déficit de l'attention inhérent à la déficience intellectuelle. En revanche, nous pouvons raisonnablement convenir que les ressources disponibles permettent d'appréhender le matériel de manière satisfaisante. Toutefois, de possibles altérations perceptives, de sélection, d'organisation et d'intégration des stimuli capturés, liés au retard mental, peuvent contraindre l'expérience phénoménologique des individus (Perruchet & Vinter, 2002).

- *Vitesse et Qualité de traitement de l'information.*

Toujours dans l'objectif d'identifier les structures cognitives responsables des mauvaises performances d'individus présentant un retard mental, de nombreuses études (e.g., Baumeister, 1997; Berkson, 1993; Brooks, Sperber, & McCauley, 1984) ont investigué l'implication des systèmes de contrôle exécutif (Logan, 1985). Les résultats à des tâches de temps de réaction ont montré des performances plus lentes et moins précises pour cette population (voir pour une revue: Baumeister & Kellas, 1968; Maisto & Baumeister, 1984; Nettelbeck & Brewer, 1981). En d'autres termes, l'effet de la rapidité sur la précision des réponses, ou inversement, est encore plus marqué chez les individus retardés mentalement. Nous pouvons donc supposer que, dans le cadre du retard mental, et de surcroît chez des enfants, le traitement du matériel sera davantage contraint par des temps de présentation brefs et un matériel complexe.

Selon Neisser (1967), le traitement initial de l'environnement se ferait en deux étapes, consistant d'abord à scanner la situation, puis à focaliser l'attention sur un aspect particulier du matériel présenté. Spitz (1969) a remarqué des patterns d'exploration visuelle moins rigoureux et moins méthodiques chez les individus en retard de développement. Le traitement du matériel serait également conditionné par la formation de chunks de longueur limitée. Spitz et Webreck (1972) ont observé que l'effet de redondance des répétitions à l'intérieur de séquences de chiffres n'est utile aux déficients intellectuels que lorsque les chunks sont courts (153153), mais pas lorsque les séquences sont plus longues. Ces résultats suggèrent que la longueur des unités pertinentes (saillantes) influence le traitement efficient optimal du matériel.

- *Rigidité Cognitive et Persévération.*

Selon Lewin (1936) et Kounin (1941a, b), une certaine rigidité cognitive caractérise le retard mental. L'absence de flexibilité entre les différentes structures du système cognitif (perméabilité et indépendance) participerait à la lenteur des apprentissages. Des conduites de persévération sont également associées à cette rigidité cognitive. Beeghly et al. (Beeghly, Weiss, & Cicchetti, 1989; Beeghly & Cicchetti, 1987; Beeghly, Weiss-Perry, & Cicchetti, 1990) ont montré des comportements de persévération et un manque de flexibilité lors de tâches impliquant le jeu symbolique chez l'enfant trisomique. Des explications ont également été apportées en termes de capacités plus lentes du traitement de l'information (Lincoln, Courchesne, Kilman, & Galambos, 1985; Sigman & Sena, 1993), de déficits d'exploration de la situation (MacTurk, Vietze, McCarthy, McQuiston, & Yarrow, 1985) ou attentionnels (Krakow & Kopp, 1983). Dulaney et Ellis (Dulaney & Ellis, 1994; Ellis & Dulaney, 1991; Ellis, Woodley-Zambos, Dulaney, & Palmer, 1989) ont montré une inertie cognitive, qu'ils associent au traitement automatique de la tâche, liée au degré de retard mental. Concernant les comportements répétitifs anormaux, Bodfish, Symons, Parker, et Lewis (2000) ont observé qu'ils ne sont pas spécifiques aux individus atteints d'autisme, bien qu'ils soient plus sévères chez ces derniers, mais sont également présents chez les personnes présentant un retard mental. Frith (1970) a également montré chez des individus présentant un retard mental une adhérence à des règles simples et un

manque d'originalité dans les patterns de production de séquences, comparables à des participants atteints d'autisme. Toutefois, ceci se produit en particulier lorsque l'âge mental de ces derniers est faible (Frith, 1970), tandis que leurs patterns s'apparentent davantage à ceux de sujets sans retard, lorsqu'ils présentent un âge mental relativement élevé (Frith, 1972). Pour terminer, le manque de flexibilité peut également se traduire par des problèmes d'adaptation au changement de contextes, des difficultés d'abstraction, comme dans le cas de généralisation de stratégies, par exemple (Borowski, Reid, & Kurtz, 1984). Concernant l'apprentissage implicite, ces capacités s'expriment à travers les performances de transfert de la connaissance implicitement acquise. Toutefois, Detable et Vinter (2006) ont mis en évidence des capacités de transfert chez des enfants et adolescents présentant un retard mental.

*Appréhension du matériel et contenu de l'expérience phénoménologique.*

Dans l'Expérience 3, des sujets présentant un retard mental ont été aléatoirement assignés à un groupe entraîné soit avec des séries grammaticales ADJ, favorisant les répétitions adjacentes, soit avec des séries grammaticales non-ADJ, favorisant les répétitions non-adjacentes, soit à des séries aléatoires (groupe contrôle-ALEA). L'Expérience 1 a souligné l'importance du groupe contrôle, révélant des tendances comportementales spontanées (évitement des répétitions) qui ont permis d'apprécier plus justement les performances des groupes expérimentaux. Ceci reposait sur l'hypothèse d'une similarité des comportements spontanés entre les groupes (expérimentaux et contrôle). Cependant, nous soupçonnons que des différences existent entre individus avec et sans retard mental. En effet, les conduites de persévération que nous avons citées précédemment ne laissent pas supposer de tendance d'évitement des répétitions dans le cas du retard mental, par exemple. Pour ces raisons, et afin que le plan expérimental soit au plus proche de celui employé dans l'Expérience 1, aucun appariement avec des participants dont le développement est dit "typique", que ce soit sur l'âge mental ou le QI, n'a été souhaité dans l'Expérience 3. En phase test, les participants ont été soumis à une tâche de génération implicite, selon la procédure suivie dans l'Expérience 1. Ainsi, quelles attentes peuvent-être formulées quant aux productions de ces groupes en fonction des éventuels déficits cognitifs cités précédemment?

La première altération possible des performances concerne la sensibilité plus importante pour les unités de répétitions ADJ que non-ADJ. En effet, nous avons convenu dans l'Expérience 1, que d'un point de vue purement associationniste, la répétition adjacente fournit une expérience plus directe que la répétition non-adjacente. Cet effet peut-il être accentué compte tenu des possibles déficits liés au retard mental? Tout d'abord, l'absence de déficit attentionnel global inhérent au retard mental (Burack et al., 2001) ne devrait pas empêcher la segmentation des unités saillantes propres à chaque type de séries grammaticales (ADJ et non-ADJ), constituant le contenu de l'expérience phénoménologique des participants (Perruchet & Vinter, 2002). Ainsi, chaque groupe, ADJ et non-ADJ, devrait apprendre préférentiellement les unités saillantes spécifiques à leurs séries

d'entraînement, plus facilement associées et renforcées de par leur fréquence. Toutefois, si des capacités de filtrage sont préservées (Burack, 1994; Crosby, 1972; Zekulin-Hartley, 1982), des déficits perceptifs (Fox & Oross, 1988, 1990, 1992) peuvent limiter le traitement pré-attentif aux unités les plus saillantes. Ainsi, les unités ADJ pourraient être mieux appréhendées que les non-ADJ. Les performances d'amorçage préservées (Carlesimo et al., 1997; Cha & Merrill, 1994; Merrill, Cha, & Moore, 1994; Vicari et al., 2000, 2001) ne feront probablement qu'accentuer cet effet. Les réponses d'orientation inappropriées suggérées par Luria (1963) et Sokolov (1963) concerneraient les informations dont le filtrage n'a pas permis une trace sensorielle efficace. Enfin, la mise en relation des éléments lors de l'organisation et de l'intégration des stimuli, altérées lorsqu'il y a disparité (Socari et al., 1990), affecterait davantage les unités non-ADJ que ADJ.

La seconde prévision concerne la production des bigrammes, trigrammes et quadrigrammes grammaticaux. Les arguments précédents en faveur d'une meilleure appréhension, et donc un apprentissage plus important, des unités particulièrement saillantes et composées de peu d'éléments (2 plutôt que 3 ou 4), peuvent être repris. Ainsi, nous supposons que les sujets exposés aux séries grammaticales seront peu sensibles aux bigrammes, trigrammes et quadrigrammes ne portant pas de saillance perceptive particulière, malgré leur fréquence, étant donné les contraintes de temps de présentation. Les difficultés à restreindre la taille du focus attentionnel (Cha, 1992) et la distractibilité (Hagen & Huntsman, 1971) devraient limiter la segmentation d'unités peu saillantes. Par ailleurs, l'absence de répétition de mêmes couleurs, créant une certaine disparité entre les éléments, devrait gêner leur mise en relation (Socari et al., 1990). Toutefois, nous pouvons envisager qu'une saillance positionnelle particulière des bigrammes en début et fin de séquences (voir par exemple, Reber, 1989a) permettent leur apprentissage par les groupes expérimentaux. Cependant, nous ne pouvons raisonnablement pas étendre cette hypothèse aux unités de plus grande taille (trigrammes et quadrigrammes), compte tenu des limitations d'empan attentionnel, chez les personnes présentant un retard mental (Spitz & Webreck, 1972).

Nous supposons également que seules les répétitions ADJ seront produites dans des couleurs différentes de celles vues en phase d'étude, du fait de l'expérience directe que procure la structure ADJ, plus forte que celle de la structure non-ADJ. Nous avons supposé dans l'Expérience 1 que la production des structures incorrectes de répétition pouvait trouver des explications alternatives à des mécanismes sophistiqués d'abstraction. D'ailleurs, les individus présentant un retard mental sont peu susceptibles d'engager de tels processus, ce qui n'a pas empêché Detable et Vinter (2006) de rapporter des performances de transfert chez les enfants présentant un retard mental.

Pour terminer, nous faisons l'hypothèse de l'absence de tendance naturelle à éviter les répétitions, en particulier adjacentes, justifiant l'emploi d'un groupe contrôle plutôt qu'un appariement avec des sujets sans retard mental. En effet, les conduites de persévération (Beeghly, Weiss, & Cicchetti, 1989; Beeghly & Cicchetti, 1987; Beeghly, Weiss-Perry, & Cicchetti, 1990) et les comportements répétitifs caractérisant les productions des enfants présentant un retard mental (Frith,

1970, 1972), les productions d'unités ADJ et non-ADJ du groupe contrôle pourraient être davantage conformes aux proportions théoriques censées exprimer des productions au hasard.

En résumé, une procédure hautement implicite et minimisant les composantes conceptuelles en test devrait permettre d'observer des performances d'apprentissage. Toutefois, compte tenu du profil cognitif des participants testés dans l'Expérience 3, la sensibilité au matériel pourrait se limiter aux unités de petites tailles, porteuses d'une saillance particulière, et spécifiques aux séries vues en entraînement. L'influence des composantes explicites et conceptuelles au sein des consignes employées en phase test sera testée ultérieurement, lors de l'Expérience 4.

Expérience 3: Etude d'une procédure hautement implicite: test de génération implicite.

## Méthode

### 1. *Participants.*

Un échantillon total de 30 enfants présentant un retard mental a participé à cette étude. Ces enfants fréquentaient des Instituts Médico-Educatifs (IME) ou des Services d'Education Spécialisée et de Soins à Domicile (SESSAD). Le diagnostic de retard mental a été établi en accord avec les critères de classification du DSM-IV (APA, 1994). Ces enfants ont été répartis de façon aléatoire en trois groupes: deux groupes expérimentaux (groupe ADJ et groupe non-ADJ) et un groupe contrôle (groupe ALEA), sur le modèle des Expériences 1 et 2. Les passations ont été réalisées individuellement, dans une pièce calme mise à notre disposition par les établissements spécialisés fréquentés par les participants. Les caractéristiques des groupes sont présentées dans le Tableau 15.

Tableau 15: Caractéristiques des groupes de sujets présentant un retard mental (ADJ = répétitions adjacentes, non-ADJ = répétitions non-adjacentes, ALEA-contrôle = aléatoires, F = filles, G = garçons, QI = quotient intellectuel, AR = âge réel, AM = âge mental).

Groupes	QI	Effectif	Sexe	AR moyen	AM moyen
ADJ	50 – 70	10	6F – 4G	9 ans 6 mois	5 ans 8 mois
Non-ADJ	50 – 70	10	5F – 5G	10 ans 2 mois	6 ans 7 mois
ALEA	50 – 70	10	7F – 3G	10 ans 1 mois	6 ans 4 mois

Afin de former des groupes relativement homogènes, différentes mesures de QI et d'âge mental établies à l'aide de différents tests psychométriques, tels que le K-ABC ou le WISC-IV, ont été recueillies au sein des dossiers des enfants testés dans cette étude, lors d'entretiens avec les psychologues des établissements sollicités. Ces enfants présentaient un retard mental léger d'origine organique, comprenant des scores de QI allant de 50 à 70. Pour la plupart, la trisomie 21 est à l'origine du retard mental, tandis que pour quelques autres, des diagnostics génétiques inconnus, neurologiques et de dysharmonies cognitives ont été établis.

Avant chaque passation, l'âge de compréhension du vocabulaire (ACV) a été mesuré au moyen de l'Echelle de Vocabulaire en Image Peabody (EVIP, Dunn, Thériault-Whalen, & Dunn, 1993). Ceci a permis d'étalonner l'âge mental des participants sur la base d'un test communément utilisé dans le cadre des études sur le retard mental pour sa rapidité et sa facilité d'administration chez cette population. On admet toutefois que ce test surestime sensiblement le QI des enfants présentant un retard mental (Facon & Facon-Bollengier, 1997). Par ailleurs, le niveau de vocabulaire réceptif permet de vérifier que les sujets sont capables de comprendre les consignes verbales données pendant la tâche.

## 2. *Matériel.*

Le matériel utilisé dans cette expérience est identique à celui décrit dans l'Expérience 1 (voir matériel, Expérience 1, page 35). Ainsi, le jeu de tir à la corde sur ordinateur, les séries (ADJ, non-ADJ et ALEA) de drapeaux de 3, 4 ou 5 couleurs attribués aux équipes d'animaux et les planches et carrés de couleurs utilisés en phase test ont été conservés à l'identique. Rappelons que le matériel utilisé pour l'ensemble des travaux présentés dans cette thèse a été conçu pour une administration des tâches aux sujets les plus jeunes, comme aux sujets présentant un retard mental. Toutefois, nous avons apporté quelques modifications au sein des expériences présentées dans ce chapitre. Concernant l'administration des consignes, nous avons sensiblement ralenti le débit de la voix préenregistrée. De même pour la présentation des séquences de couleurs, nous avons augmenté le délai d'apparition entre deux couleurs et celui de disparition du (des) drapeau(x), une fois complet(s).

## 3. *Procédure.*

Présentation et phase d'apprentissage. Hormis le changement de rythme dans l'administration des consignes, les modifications apportées aux phases de présentation et d'apprentissage par rapport aux Expériences 1 et 2 résident, premièrement, dans la possibilité pour l'expérimentateur de répéter la consigne que l'enfant vient d'entendre. Ainsi, pour les consignes principales, l'expérimentateur s'assurait de la compréhension de la consigne: "Est-ce que tu as bien compris ce que t'a dit le panda, ou est-ce que tu veux réécouter ce qu'il a dit?" Dans le cas où l'enfant le demandait ou manifestait une hésitation à répondre, l'expérimentateur proposait de réécouter la consigne en appuyant sur une touche du clavier. La seconde modification apportée concerne l'apparition des couleurs à l'intérieur des drapeaux. Dans les Expériences 1 et 2, les couleurs apparaissaient de manière séquentielle à l'intérieur

des drapeaux, de gauche à droite, une couleur toutes les 500 ms. Dans la version du jeu administrée aux enfants présentant un retard mental, nous avons conservé ce principe, à l'exception de la vitesse d'apparition successive des couleurs, pour laquelle nous avons décidé de les faire apparaître toutes les 1000 ms. Enfin, après l'affichage de la dernière couleur, le drapeau complet restait affiché 1500 ms avant de disparaître, au lieu de 1000 ms dans les expériences précédentes, lors de la présentation initiale des 8 drapeaux.

*Phase test.* La phase test reprend strictement la procédure utilisée dans l'Expérience 1, un test de génération implicite satisfaisant aux critères de la NPP (Vinter & Perruchet, 1999).

Aux termes de la phase test, le même questionnaire utilisé pour les expériences précédentes a été administré aux sujets. Comme chez les sujets tout-venant, aucune évocation spontanée de la présence de répétitions à l'intérieur des drapeaux ou de toute autre régularité dans les successions de couleurs n'a été relevée, et la phase test n'était jamais explicitement reliée à la phase d'apprentissage par les enfants. Ces données n'ont pas été analysées davantage.

Le recueil des données est identique à celui décrit dans l'Expérience 1.

## Résultats

### 1. Apprentissage des unités saillantes, répétitions ADJ et non-ADJ, correctes.

Les capacités d'apprentissage des unités saillantes du matériel ont été testées à travers l'observation des fréquences de production (en %) des répétitions ADJ et non-ADJ correctes au sein des deux groupes expérimentaux (ADJ et non-ADJ) et du groupe contrôle (ALEA-contrôle). Les résultats de cette première analyse sont présentés dans la Figure 49. On peut y voir des fréquences de production de répétitions ADJ et non-ADJ correctes supérieures pour les groupes exposés respectivement aux séries ADJ et non-ADJ, bien que cette supériorité apparaisse plus marquée pour les répétitions ADJ.

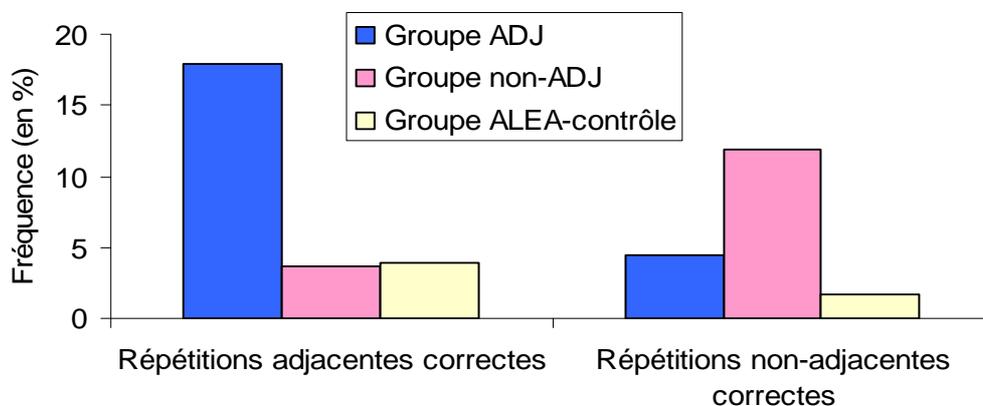


Figure 49. Fréquence moyenne de production (en %) des unités saillantes, répétitions adjacentes et non-adjacentes correctes, en fonction du Type de séries (ADJ, non-ADJ et ALEA-contrôle).

Une ANOVA a été menée avec le facteur inter-sujets Type de séries (3: ADJ, non-ADJ, et ALEA-contrôle) sur les fréquences de production (en %) de répétitions ADJ et non-ADJ correctes. Le facteur Type de séries révèle un effet significatif pour la production de répétitions ADJ correctes,  $F(2, 27) = 5.42$ ,  $p < .02$ , ainsi que pour celle de répétitions non-ADJ correctes,  $F(2, 27) = 4.32$ ,  $p < .03$ . Des comparaisons planifiées indiquent que le groupe ADJ ( $M = 17.9\%$ ,  $SD = 17.2$ ) a produit plus d'unités ADJ correctes que le groupe non-ADJ ( $M = 3.6\%$ ,  $SD = 5.1$ ) et le groupe ALEA-contrôle ( $M = 3.9\%$ ,  $SD = 6.9$ ),  $p_s < .01$ , et que le groupe non-ADJ ( $M = 11.9\%$ ,  $SD = 12.5$ ) a produit plus d'unités non-ADJ correctes que le groupe ADJ ( $M = 4.4\%$ ,  $SD = 5.7$ ) et le groupe ALEA-contrôle ( $M = 1.7\%$ ,  $SD = 2.7$ ), respectivement  $p < .05$  et  $p < .01$ . Ainsi, les enfants semblent avoir appris spécifiquement les unités saillantes correctes des séries auxquelles ils ont été confrontés.

Tableau 16: Comparaison entre les proportions observées et théoriques de répétitions adjacentes et non-adjacentes correctes, en fonction du Type de séries. (\* indique que la différence entre les proportions est significative à .05 ou .01)

Unités	Groupe	Proportions Théoriques	Proportions Observées	tests de Student
Répétitions ADJ correctes	ADJ	.067	.179	$t(9) = 2.07$ , $p = .07$
	non-ADJ	.067	.036	$t(9) = -1.9$ , $p = .09$
	ALEA-contrôle	.067	.039	$t(9) = -1.26$ , $p = .24$
Répétitions non-ADJ correctes	ADJ	.031	.044	$t < 1$
	non-ADJ	.093	.119	$t < 1$
	ALEA-contrôle	.031	.017	$t(9) = -1.69$ , $p = .13$

Afin de compléter ces données, le Tableau 16 illustre une comparaison entre les proportions observées et théoriques pour les unités ADJ et non-ADJ correctes. Des tests de Student font apparaître une tendance pour le groupe ADJ à produire des unités ADJ (17.9%) au-delà du hasard (6,7%),  $t(9) = 2.07$ ,  $p = .07$ , alors que les productions des groupes non-ADJ (3,6%) et ALEA (3.9%) correspondent au hasard (6.7%), respectivement  $t(9) = -1.9$ ,  $p = .09$  et  $t(9) = -1.26$ ,  $p = .24$ . Concernant les unités non-ADJ correctes, aucune production ne diffère significativement du hasard (9.3% ou 3.1%), pour les groupes non-ADJ (11.9%) et ADJ (4.4%),  $t_s < 1$ , comme pour le groupe ALEA (1.7%),  $t(9) = -1.69$ ,  $p = .13$ . Ces résultats confirment l'apprentissage spécifique des unités ADJ par le groupe ADJ mais pas celui des unités non-ADJ par le groupe non-ADJ. Pour ce dernier, la production ne diffère pas du hasard, comme c'est le cas pour les autres groupes où aucun apprentissage spécifique n'était attendu (groupe ALEA quelle que soit l'unité, groupe ADJ pour les unités non-ADJ et groupe non-ADJ pour les unités ADJ).

## 2. Production de drapeaux entiers corrects.

L'apprentissage d'items entiers a été examiné en comparant le nombre d'enfants qui ont produit au moins un drapeau entier correct au sein du groupe expérimental (groupes ADJ et non-ADJ) par rapport au groupe contrôle (groupe ALEA-contrôle). Des tests du  $\chi^2$  révèlent que le nombre d'enfants ayant produit au moins un drapeau entier correct ne diffère pas significativement entre le groupe expérimental (1/20) et le groupe contrôle (0/10),  $\chi^2 < 1$ . Ces résultats ne montrent pas d'apprentissage d'items entiers de la part du groupe expérimental.

## 3. Codage de la structure de répétition, indépendamment de la couleur.

La distinction entre les unités saillantes ADJ et non-ADJ correctes (de couleurs identiques à celles vues en entraînement) et celles produites dans d'autres couleurs a permis d'observer le codage de la structure de répétition (structure ADJ: XX; ou non-ADJ: X \_ X). La Figure 50 présente les fréquences moyennes (en %) de structures ADJ et non-ADJ, en fonction du Type de groupe (ADJ, non-ADJ ou ALEA-contrôle). Les productions correctes sont également illustrées à titre de comparaison. On observe que le groupe ADJ produit plus de structures ADJ que les autres groupes indépendamment de la couleur, tandis que le groupe non-ADJ produit également la structure non-ADJ indépendamment de la couleur mais seules les productions correctes semblent supérieures à celles des autres groupes.

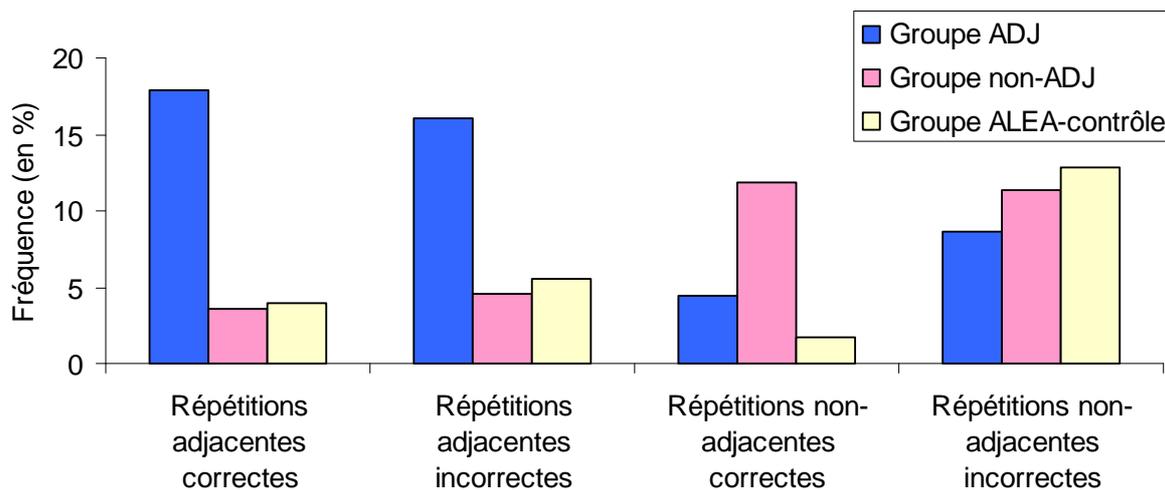


Figure 50. Fréquence moyenne (en %) de répétitions adjacentes et non-adjacentes correctes et incorrectes, en fonction du Type de séries (ADJ, non-ADJ et ALEA-contrôle).

Une ANOVA a été menée avec le facteur inter-sujets Type de séries (3) sur les fréquences de production (en %) de répétitions ADJ et non-ADJ incorrectes. L'effet du Type de séries est significatif

uniquement pour la production d'unités ADJ incorrectes,  $F(2, 27) = 5.52, p < .01$ , indiquant une meilleure performance pour le groupe ADJ ( $M = 16.1\%$ ,  $SD = 11.6$ ) que pour le groupe non-ADJ ( $M = 4.6\%$ ,  $SD = 6.6$ ) et le groupe ALEA-contrôle ( $M = 5.6\%$ ,  $SD = 6.5$ ). Concernant les unités non-ADJ incorrectes, aucun effet significatif du Type de séries, ni aucune différence significative de production entre les groupes non-ADJ ( $M = 11.4\%$ ,  $SD = 17.2$ ), ADJ ( $M = 8.6\%$ ,  $SD = 7.7$ ) ou ALEA-contrôle ( $M = 12.8\%$ ,  $SD = 12.5$ ) n'est observée,  $F_s < 1$ .

Toutefois, puisque les proportions théoriques ne sont pas identiques selon le Type de séries auquel les sujets ont été exposés, il convient de comparer les proportions observées aux proportions théoriques. Le Tableau 17 présente les comparaisons entre les proportions observées et théoriques des répétitions ADJ et non-ADJ incorrectes, en fonction du Type de séries.

Tableau 17: Comparaison entre les proportions observées et théoriques de répétitions adjacente et non-adjacente incorrectes, en fonction du Type de séries. (\* indique que la différence entre les proportions est significative à .05 ou .01)

Unité	Groupe	Proportions Théoriques	Proportions Observées	Tests de Student
Répétitions ADJ incorrecte	ADJ	.100	.161	$t(9) = 1.66, p = .13$
	non-ADJ	.100	.046	* $t(9) = -2.58, p < .05$
	ALEA-contrôle	.100	.056	$t(9) = -2.16, p = .06$
Répétitions non-ADJ incorrectes	ADJ	.124	.086	$t(9) = -1.55, p = .15$
	non-ADJ	.062	.114	$t < 1$
	ALEA-contrôle	.124	.128	$t < 1$

Des tests de Student montrent que le groupe ADJ n'a pas produit de répétitions ADJ incorrectes au-delà du hasard,  $t(9) = 1.66, p = .13$ , alors que les groupes non-ADJ et ALEA-contrôle tendent à en produire moins que le hasard ne le prédit, respectivement  $t(9) = -2.58, p < .05$  et  $t(9) = -2.16, p = .06$ . En revanche, la production de répétitions non-ADJ incorrectes du groupe non-ADJ ne diffère pas du hasard,  $t < 1$ , tout comme celles des groupes ADJ et ALEA-contrôle, respectivement  $t(9) = -1.55, p = .15$  et  $t < 1$ . Ces résultats suggèrent que les unités ADJ tendent à être produites rarement lorsque les participants n'y sont pas spécifiquement exposés, comme en témoignent les résultats inférieurs au hasard des groupes non-ADJ et ALEA-contrôle. Toutefois, l'exposition spécifique à cette unité dans le groupe ADJ permet une production au niveau du hasard. Concernant, les unités non-ADJ, si leur production ne semble pas particulièrement évitée lorsqu'on y a été peu confronté (groupe ADJ et ALEA), une exposition spécifique à celles-ci (groupe non-ADJ) ne profite pas au codage de leur structure, ni à celui de leur forme grammaticale.

#### 4. Codage de la position des unités saillantes.

L'analyse du codage de la position s'est concentrée sur le groupe pour lequel un apprentissage spécifique a opéré, c'est-à-dire le groupe ADJ pour les unités ADJ. Un test de chi2 révèle que le groupe ADJ tend à produire moins d'unités ADJ correctement positionnées (15/43) que ce que prédirait une production au hasard (24/43),  $\chi^2(1) = 3.8, p = .051$ . Un examen des drapeaux produits montre que ce résultat s'explique par une tendance à produire les unités ADJ en début de drapeau, place qu'elles n'occupent jamais dans les séries ADJ.

#### 5. Production des autres unités correctes.

L'analyse de ces productions ne mettant pas l'accent sur les particularités des séries ADJ et non-ADJ, toutes deux grammaticales, l'ensemble des séries grammaticales est comparé aux séries aléatoires.

##### a. Apprentissage de la 1<sup>ère</sup> couleur, des bigrammes, trigrammes et quadrigrammes corrects.

La production de 1<sup>ère</sup> couleur pour les séries aléatoires étant inintéressante (toutes les couleurs sont représentées à cette position dans les séries aléatoires, voir méthode), son analyse s'est limitée à la comparaison entre proportions observées et théoriques. Les fréquences de production (en %) de bigrammes, trigrammes et quadrigrammes corrects, en fonction de la Grammaticalité des séries, sont représentées dans la Figure 51. Celle-ci indique une fréquence de production des bigrammes corrects pour les séries aléatoires supérieure à celle du groupe expérimental et une absence de différence pour les trigrammes et les quadrigrammes corrects.

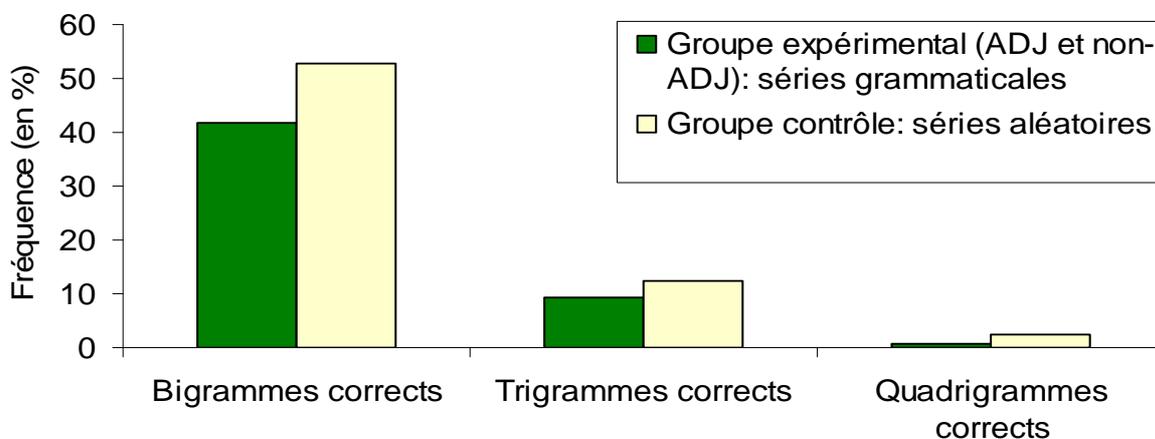


Figure 51. Fréquence moyenne de production (en %) des éléments; bigrammes, trigrammes et quadrigrammes corrects, en fonction du Groupe (expérimental vs contrôle).

Une ANOVA conduite avec le facteur inter-sujets Groupe (2: expérimental / contrôle) sur les fréquences de production de bigrammes, trigrammes et quadrigrammes corrects met en évidence un effet significatif du Groupe pour la production de bigrammes corrects,  $F(1, 28) = 5.61, p < .05$ , indiquant une meilleure performance pour le groupe contrôle ( $M = 52.6\%$ ,  $SD = 14.3$ ) par rapport au groupe expérimental ( $M = 41.9\%$ ,  $SD = 10.3$ ). Aucun effet significatif n'apparaît pour les autres productions,  $F_s < 1$ . Ces résultats révèlent une absence d'apprentissage de ces unités correctes par le groupe expérimental par rapport au groupe contrôle. Par ailleurs, le plus grand nombre de bigrammes corrects dans les séries aléatoires peut expliquer la supériorité du groupe contrôle concernant la production de bigrammes corrects. Pour ces raisons, une comparaison entre les proportions observées et théoriques (censées exprimer un tirage de couleurs au hasard) a été menée à l'aide d'un test de Student, comme l'indique le Tableau 18.

Tableau 18: Comparaison entre les proportions observées et théoriques de première couleur, bigrammes, trigrammes et quadrigrammes corrects, en fonction du Groupe. (\* indique que la différence entre les proportions est significative à .05 ou .01)

Unités	Groupe	Proportions Théoriques	Proportions observées	t de Student
1 <sup>ère</sup> couleur correcte	Expérimental	.40	.383	$t < 1$
Bigrammes corrects	Expérimental	.379	.419	$t(19) = 1.58, p = .13$
	Contrôle	.546	.526	$t < 1$
Trigrammes corrects	Expérimental	.088	.093	$t < 1$
	Contrôle	.132	.125	$t < 1$
Quadrigrammes corrects	Expérimental	.014	.006	$t(19) = -1.19, p = .25$
	Contrôle	.016	.025	$t < 1$

Malgré une production de bigrammes corrects du groupe expérimental (41.9%) supérieure au hasard (37.9%), la différence n'apparaît pas significative. Toutefois, lorsqu'on considère les groupes ADJ et non-ADJ séparément, seul le groupe ADJ montre une production de bigrammes corrects (45%) significativement supérieure au hasard (35.8%),  $t(9) = 3.07, p < .02$ . Les productions de 1<sup>ère</sup> couleur, trigrammes et de quadrigrammes corrects du groupe expérimental correspondent également à nos estimations du hasard, respectivement  $t < 1$ ,  $t < 1$  et  $t(19) = -1.19, p = .25$ . Le groupe contrôle ne montre également aucune performance significativement supérieure au hasard quelle que soit l'unité considérée,  $t_s < 1$ .

Ces résultats témoignent de l'absence d'apprentissage des unités correctes 1<sup>ère</sup> couleur, bigrammes, trigrammes et quadrigrammes pour l'ensemble des participants. Seul le groupe ADJ produit davantage

de bigrammes corrects que le hasard ne le prédit. L'apprentissage se limiterait ainsi aux bigrammes et uniquement pour les séries qui contiennent des répétitions adjacentes.

b. Codage des parties "début et fin": premiers et derniers bigrammes et trigrammes.

Pour terminer, les parties début et fin de drapeaux, les plus susceptibles d'avoir obtenu l'attention des participants, ont été examinées. La Figure 52 présente les fréquences de production des premiers et derniers bigrammes et trigrammes corrects en fonction du Groupe (expérimental vs contrôle).

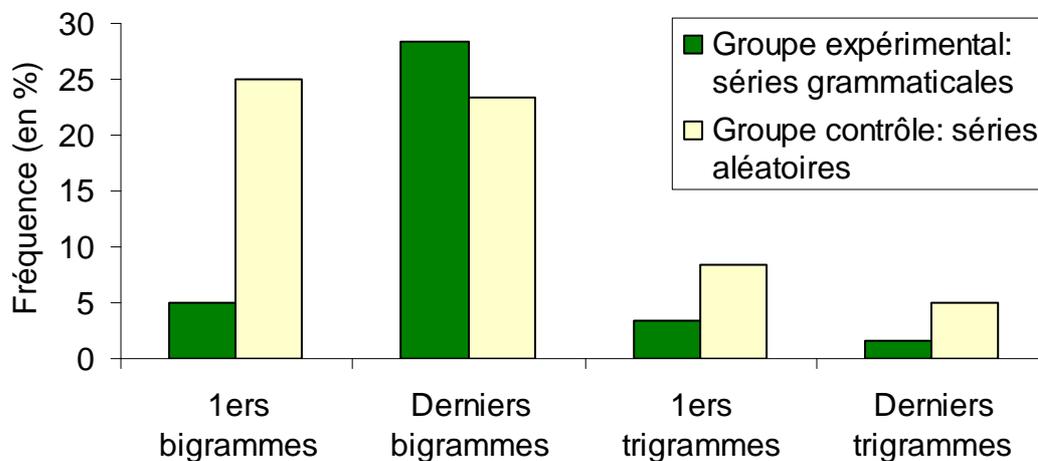


Figure 52. Fréquences moyennes (en %) de premiers et derniers bigrammes et trigrammes corrects, en fonction du Groupe (expérimental vs contrôle).

Une ANOVA comprenant le facteur inter-sujets Groupe (2) révèle un effet significatif pour la production de 1<sup>ers</sup> bigrammes corrects dans le sens d'une production supérieure pour le groupe contrôle (27.1%) par rapport au groupe expérimental (5%),  $F(1, 28) = 18.29, p < .01$ . Aucun effet significatif n'apparaît pour les 1ers bigrammes,  $F < 1$ , ainsi que pour les 1ers et derniers trigrammes, respectivement  $F(1, 28) = 2.95, p = .10$  et  $F(1, 28) = 1.26, p = .27$ .

Afin de compléter l'ANOVA, et notamment le résultat inattendu concernant la production de 1<sup>ers</sup> bigrammes corrects en faveur du groupe contrôle, une comparaison entre les proportions observées et théoriques pour ces unités a été effectuée à l'aide de tests de Student pour chaque groupe, comme indiqué dans le Tableau 19.

Tableau 19: Comparaison entre les proportions théoriques et observées pour les 1<sup>ers</sup> et derniers bigrammes et trigrammes corrects, en fonction du Groupe exposé. (\* indique que la différence entre les proportions est significative à .05 ou .01)

Unités	Groupe	Proportions Théoriques	Proportions observées	tests de Student
1 <sup>ers</sup> Bigrammes corrects	Expérimental	.083	.005	$t(19) = -1.90, p = .07$
	Contrôle	.271	.250	$t < 1$
Derniers Bigrammes corrects	Expérimental	.221	.283	$t(19) = 1.36, p = .19$
	Contrôle	.267	.233	$t < 1$
1 <sup>ers</sup> Trigrammes corrects	Expérimental	.035	.033	$t < 1$
	Contrôle	.069	.083	$t < 1$
Derniers Trigrammes corrects	Expérimental	.057	.017	* $t(19) = -3.49, p < .01$
	Contrôle	.069	.050	$t < 1$

Si les performances du groupe contrôle correspondent au hasard pour l'ensemble des unités "début et fin de drapeaux",  $t_s < 1$ , aucune production pour le groupe expérimental n'est supérieure au hasard. Alors que les derniers bigrammes et 1ers trigrammes corrects sont produits au niveau du hasard par le groupe expérimental, respectivement  $t(19) = 1.36, p = .19$  et  $t < 1$ , celui-ci tend à produire moins de 1ers bigrammes corrects, et significativement moins de derniers trigrammes corrects que prédit par le hasard, respectivement  $t(19) = -1.90, p = .07$  et  $t(19) = -3.49, p < .01$ . Ces résultats montrent une absence totale d'apprentissage des parties "début et fin de drapeaux".

## Discussion

L'Expérience 3 avait pour objectif de tester les capacités d'apprentissage implicite d'enfants présentant un retard mental dans des conditions identiques à l'Expérience 1, pour laquelle nous avons observé un apprentissage indépendamment de l'âge de sujets tout-venant. Nous nous interrogeons sur le fait qu'une procédure hautement implicite garantisse la reproduction de tels résultats chez des sujets avec retard mental, conformément au postulat de Reber (1993), ainsi que sur de possibles altérations des performances compte tenu des déficits cognitifs qui caractérisent les participants. Les résultats de l'Expérience 3 seront discutés à la fin de ce chapitre. Nous allons les résumer ici afin d'introduire l'Expérience 4.

Les performances des enfants présentant un retard mental à la tâche de génération implicite révèlent une sensibilité aux répétitions ADJ spécifique au groupe ADJ, que l'on ne retrouve pas pour les répétitions non-ADJ de la part du groupe non-ADJ. Les sujets exposés aux séries grammaticales n'ont pas appris davantage de drapeaux entiers que le groupe contrôle. Par ailleurs, seule l'exposition

spécifique aux répétitions ADJ a fourni une expérience directe de la structure ADJ, alors que les groupes non-ADJ et contrôle témoignent de son évitement spontané. En revanche, aucune sensibilité à la structure non-ADJ n'est observée pour le groupe non-ADJ, cette structure n'étant pourtant pas spontanément évitée par les autres groupes. Toutefois, la sensibilité aux unités ADJ par le groupe ADJ n'a pas permis le codage de leur position au sein des drapeaux. Concernant les autres unités grammaticales, leur apprentissage se limite aux bigrammes et uniquement au sein des séries qui favorisent les répétitions adjacentes. Aucune information positionnelle n'est codée, comme le montre l'absence totale d'apprentissage des parties "début et fin de drapeaux".

Ainsi, bien que les apprentissages se limitent aux parties les plus saillantes du matériel et contenant un minimum d'éléments, la procédure hautement implicite que nous avons utilisée en test a permis d'observer des capacités d'apprentissage implicite préservées chez des enfants présentant un retard mental. Ces résultats sont conformes au postulat de Reber (1993) et confirment les résultats d'expériences limitant les influences explicites (Vinter & Detable, 2003). Toutefois, c'est en adaptant les procédures classiquement employées dans ce champ d'étude aux critiques mettant en cause des intrusions involontaires d'influences conscientes (Meulemans et al., 1998; Vinter & Perruchet, 2000), ou l'intervention de composantes conceptuelles au sein des traitements opérés par les sujets (Vinter & Detable, 2003), que nous sommes parvenus à mettre en évidence de telles performances. Afin de confirmer l'intervention de ces facteurs dans les études contredisant la préservation des capacités d'apprentissage implicite chez les individus retardés mentalement (Fletcher et al., 2000), l'Expérience 4 consiste à réintroduire ces facteurs, volontairement écartés auparavant, pour examiner leur impact sur les performances de participants présentant un retard de développement.

Expérience 4: L'introduction d'influences conscientes: tests de génération explicite et de reconnaissance.

Le contrôle des influences conscientes au sein des procédures d'apprentissage implicite a permis d'observer une invariabilité des performances face au développement (e.g., Meulemans et al., 1998, Vinter & Perruchet, 2002) ou au niveau intellectuel (Vinter & Detable, 2003). Plusieurs travaux révèlent des capacités de mémoire implicite préservées dans le cadre du retard mental, alors que celles de la mémoire explicite sont altérées (Carlesimo et al., 1997; Dulaney, Raz, & Devine, 1996; Komatsu et al., 1996; Perrig & Perrig, 1995; Vicari et al., 2000; Vicari, 2001; Wyatt & Connors, 1998). Quelques études ont également testé cette dissociation dans le cadre de l'apprentissage implicite (e.g., Maybery et al., 1995; McGeorge et al., 1997; Reber et al., 1991). Toutes montrent des résultats similaires, confirmés par Atwell et al. (2003) qui, dans le cadre d'un apprentissage implicite à l'aide d'un paradigme de grammaire artificielle, ont révélé que les performances des participants avec retard sont inférieures à celles d'individus sans retard dans la tâche explicite. Par contre, lorsque le traitement sollicité par la tâche est de nature implicite, des résultats équivalents sont observés entre les deux

groupes. Vinter et Detable (2008) ont également mis en évidence l'apprentissage implicite d'un comportement moteur similaire chez des individus avec et sans retard appariés sur un âge mental non-verbal, alors que les sujets sans retard bénéficieraient davantage de conditions explicites d'apprentissage. Les tâches d'apprentissage explicite sont habituellement discriminées des tâches implicites par l'implication de processus intentionnels (e.g., Sieger, 1994). A travers les difficultés rencontrées par les individus présentant un retard mental dans les tâches explicites, ce sont donc ces processus qui sont supposés déficitaires chez cette population (e.g., Bebko & Luhaorg, 1998; Bray, 1979; Meador & Ellis, 1987).

Précédemment dans l'Expérience 2, des tests de génération explicite et de reconnaissance ont remplacé le test de génération implicite de l'Expérience 1, dans le but de solliciter des processus intentionnels de récupération d'information durant la phase test (Gardiner & Java, 1993). Par ce même procédé, l'Expérience 4 devrait à son tour tester l'effet de ces processus sur les performances d'individus présentant un retard mental, suite à une phase d'apprentissage implicite strictement identique à celle administrée dans l'Expérience 3. Par ailleurs, les processus intentionnels de récupération devraient davantage entraîner un traitement conceptuel, puisque celui est sollicité lorsque "les choix de réponse sont basés sur des processus décisionnels hautement explicites" selon Vinter et Detable (2003). Cependant, l'intervention de tels traitements affectent les performances de mémoire implicite d'individus retardés mentalement (Komatsu et al., 1996). Ainsi, l'intrusion d'influences explicites et la sollicitation de traitements conceptuels en phase test devraient altérer les performances des participants.

Dans l'Expérience 4, un groupe expérimental d'individus présentant un retard mental est exposé aux mêmes séries grammaticales ADJ et non-ADJ utilisées dans l'Expérience 3. Une partie des résultats s'est focalisée sur les performances du groupe exposé aux séries ADJ, pour lesquelles d'autres participants ont été sensibles aux unités saillantes qui les composent dans l'Expérience 3. Les performances du groupe expérimental sont comparées à celles d'un groupe contrôle composé de sujets "sains" appariés sur l'âge mental et entraîné avec les mêmes séries grammaticales. Compte tenu de la procédure employée, les performances du groupe avec retard mental devraient être inférieures à celles du groupe contrôle, mettant directement en cause l'intervention des processus sollicités dans la présente expérience, au sein des études révélant une absence de capacités d'apprentissage implicite face au niveau intellectuel (Fletcher et al., 2000).

## Méthode

### 1. *Participants.*

Un échantillon de 20 enfants présentant un retard mental a participé à cette étude. Aucun de ces enfants n'a participé à l'Expérience 3. Ils ont été répartis de façon aléatoire en deux groupes expérimentaux (groupe ADJ et non-ADJ) sur le modèle des expériences précédentes. Leur vision était normale ou corrigée, de sorte qu'ils étaient capables discriminer et de nommer les cinq couleurs

utilisées dans cette étude. Les passations ont été réalisées individuellement, dans une pièce calme mise à notre disposition par les établissements spécialisés fréquentés par les participants (IME, SESSAD). Un groupe contrôle composé d'enfants sans retard mental appariés sur l'âge mental a été extrait pour moitié du groupe ADJ et pour l'autre moitié du groupe non-ADJ de l'Expérience 2. Les caractéristiques des groupes sont présentées dans le Tableau 20.

Tableau 20: Caractéristiques des groupes de sujets présentant un retard mental (ADJ = répétitions adjacentes, non-ADJ = répétitions non-adjacentes, ALEA-contrôle = aléatoires, F = filles, G = garçons, QI = quotient intellectuel, AR = âge réel, AM = âge mental).

Groupe	Séries	QI	Effectif	Sexe	AR moyen	AM moyen
Expérimental	ADJ	50 – 70	10	6F – 4G	10 ans 9 mois	7 ans 2mois
(avec retard)	non-ADJ	50 – 70	10	5F – 5G	11 ans 2 mois	7 ans 6 mois
Contrôle	ADJ	/	10	4F – 6G	7 ans 3 mois	7 ans 3 mois
(sans retard)	non-ADJ	/	10	5F – 5G	7 ans 4 mois	7 ans 4 mois

Les groupes ont été formés sur la base de différentes mesures de QI et d'âge mental établies à l'aide de différents tests psychométriques, tels que le K-ABC ou le WISC-IV. Les enfants du groupe expérimental présentaient un retard mental léger d'origine organique, comprenant des scores de QI allant de 50 à 70, avec une majorité de diagnostics génétiques, type trisomie 21, et quelques diagnostics neurologiques et de dysharmonies. Avant chaque passation, l'Echelle de Vocabulaire en Image Peabody a été administrée à chaque enfant du groupe expérimental, afin d'étalonner l'âge mental des participants avec retard et de permettre l'appariement avec les enfants sans retard. Concernant le groupe contrôle, il n'a pas été possible de faire passer des tests psychométriques aux enfants rencontrés en milieu scolaire. Nous avons donc accepté que l'âge réel soit représentatif de l'âge mental chez des enfants en cycle scolaire normal.

## 2. Matériel.

Le matériel utilisé dans l'Expérience 4 est identique à celui décrit dans l'Expérience 2, lors de la phase d'entraînement comme lors de l'administration des tâches de génération explicite et de reconnaissance en phase test. L'enregistrement des données lors de la tâche de reconnaissance demeure informatisé, tandis que l'expérimentateur recourt à une procédure "papier-crayon" lors du recueil des réponses à la tâche de génération explicite dans un tableau prévu à cet effet (Annexe 2). Afin d'adapter la passation aux sujets présentant un retard mental, nous avons conservé les modifications apportées

dans l'Expérience 3, concernant la vitesse de présentation des consignes, l'apparition séquentielle des couleurs toutes les 1000 ms à l'intérieur des drapeaux, ainsi que le délai avant disparition des drapeaux complets de 1500 ms.

### 3. Procédure.

Présentation et phase d'apprentissage. Les phases de présentation et d'apprentissage sont rigoureusement identiques à celles décrites dans l'Expérience 3, de sorte que les consignes, les temps et les nombres de présentations des drapeaux ne diffèrent pas de ceux administrés dans l'Expérience 3.

Phase test. La phase test se compose de deux tâches identiques à celles administrées dans l'Expérience 2: un test de génération explicite et un test de reconnaissance. L'ordre d'administration des tests a été déterminé de manière à réduire l'impact éventuel du premier test sur le second, conformément à ce qui a été décidé dans l'Expérience 2 chez les sujets tout-venant.

➤ Test de génération explicite. Cette tâche reprend la procédure utilisée dans l'Expérience 2. Elle se déroule en deux phases: génération d'un drapeau entier vu en entraînement, puis génération des unités qui composent les drapeaux d'étude. Ici aussi, l'expérimentateur a la possibilité de répéter les consignes préenregistrées. L'utilisation des 25 carrés de couleurs a été maintenue, tandis que les planches représentant des drapeaux des Expériences 1 et 3 étaient abandonnées pour éviter de contraindre la longueur des productions. De nouveaux, seuls les drapeaux de 3, 4 et 5 couleurs ont été considérés. Par ailleurs, aucune production n'a dépassé 5 couleurs.

➤ Test de reconnaissance. Cette tâche reprend également la procédure administrée dans l'Expérience 2, à laquelle s'ajoute la possibilité pour l'expérimentateur de répéter les consignes pour les enfants qui manifeste une hésitation à la première écoute.

Pour terminer, le même questionnaire, sous forme de débriefing, a été repris par l'expérimentateur. Nous avons retrouvé les réponses typiques observées dans les précédentes expériences. Si les réponses attestent de la bonne compréhension de ce qui est demandé dans les tâches et indiquent explicitement un rapprochement entre la phase d'entraînement et la phase test, seuls quelques enfants du groupe contrôle (sans retard) ont évoqué spontanément la présence de répétitions de couleurs au sein des successions des items. Ces données n'ont pas été analysées davantage.

Respect des critères de la "Neutral Parameter Procedure" (NPP). Comme pour les Expériences 1 et 2, alors que l'Expérience 3 propose une procédure la plus implicite possible, à l'aide d'une tâche de génération implicite respectant les critères de la "Neutral Parameter Procedure" (Vinter & Perruchet, 1999), l'Expérience 4 ne permet pas de satisfaire aux critères énoncés dans la NPP (voir page 12). En effet, nous avons convenu précédemment que la tâche de génération implicite ne suggère pas un effort de récupération intentionnelle, alors que ce dernier intervient en partie dans le test de reconnaissance et principalement dans le test de génération explicite (Gardiner & Java, 1993). Suite à une phase d'entraînement équivalente à celle administrée dans l'Expérience 3, les consignes de la phase test administrées dans l'Expérience 4 devraient davantage solliciter des processus intentionnels.

4. *Recueil et analyse des données.*

Génération explicite du drapeau entier. L'analyse du drapeau entier est identique à celle menée dans l'Expérience 3 mais s'est concentrée sur les unités saillantes, répétitions ADJ et non-ADJ correctes et incorrectes. Le nombre de chaque unité au sein de chaque drapeau permet de calculer une fréquence de production en fonction de la longueur du drapeau construit. Compte tenu des résultats observés dans l'Expérience 3, et de l'altération des performances attendues dans cette expérience, nous avons restreint les analyses sur les unités les plus susceptibles d'être apprises. Pour information, l'analyse des autres unités (bigrammes, trigrammes, drapeaux entiers...) n'a pas indiqué d'apprentissage.

Unités composant les drapeaux. Le second test de génération explicite porte uniquement sur les unités saillantes, répétitions ADJ et non-ADJ, composant les drapeaux vus en phase d'étude. La fréquence moyenne de production correcte de chaque unité est obtenue par le calcul de la moyenne des scores des participants.

Performances au test de reconnaissance. Les réponses des sujets, "oui" ou "non" au test de reconnaissance, prennent les valeurs 1 lorsque la réponse est correcte et 0 lorsque la réponse est fautive. Le score moyen des huit essais conduit à une fréquence de réponses correctes. Les proportions de "hits" (répondre oui pour une proposition correcte) et de "fausses alarmes" (répondre oui pour une proposition incorrecte) sont également comptabilisées pour déterminer un critère de sensibilité (d'), sur le modèle de l'Expérience 2.

Des ANOVAS ont été menées avec le facteur Groupe (Expérimental: Retard mental ou RM / Contrôle: sans RM) sur les fréquences moyennes de production de répétitions adjacentes (des groupes ADJ) ou non-adjacentes correctes et incorrectes (des groupes non-ADJ) et sur les fréquences moyennes de réponses correctes au test de reconnaissance (et les critères de sensibilité (d')).

Pour terminer, des comparaisons ont été conduites entre les proportions observées et théoriques, censées exprimer un tirage des couleurs au hasard.

## Résultats

1. Performances au test de génération explicite: production d'un drapeau entier vu en phase d'entraînement.

a. Apprentissage des unités saillantes (répétitions ADJ et non-ADJ) correctes.

Une ANOVA a été menée avec le facteur inter-sujets Groupe (2) sur les fréquences de répétition ADJ du groupe ADJ et de répétitions non-ADJ du groupe non-ADJ.

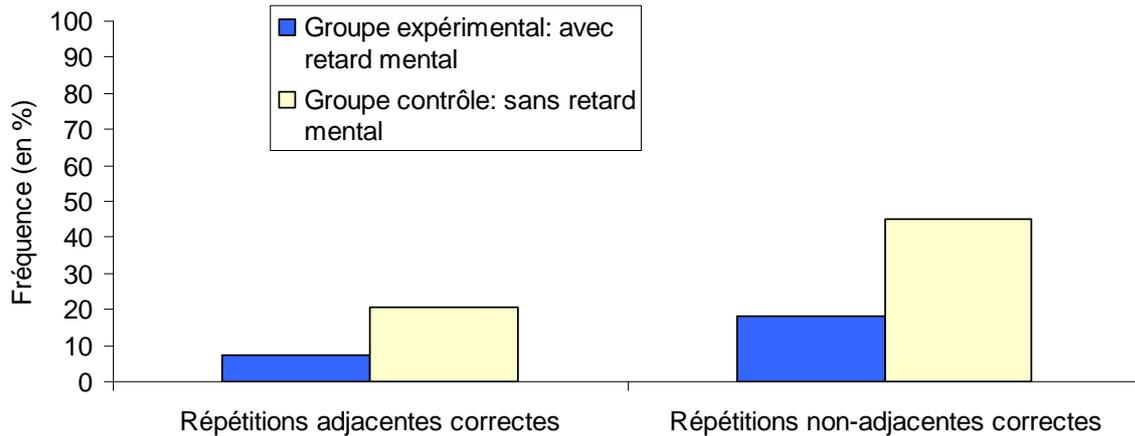


Figure 53. Fréquence moyenne de production (en %) de répétitions ADJ pour le groupe ADJ et de répétitions non-ADJ pour le groupe non-ADJ, en fonction du Groupe (expérimental: RM vs contrôle: sans RM).

Contrairement à ce que la Figure 53 indique, aucun effet significatif n'est observé en faveur d'une production supérieure pour le groupe contrôle. En effet, le facteur Groupe n'est pas significatif pour la production de répétitions ADJ par les groupes ADJ,  $F(1, 18) = 2.14, p = .16$ , ni pour la production de répétitions non-ADJ des groupes non-ADJ,  $F(1, 18) = 1.97, p = .18$ .

Des tests de Student comparent les proportions observées de répétitions ADJ et non-ADJ correctes aux proportions théoriques prédites par le hasard. Le Tableau 21 présente les résultats de ces comparaisons.

Tableau 21 Comparaison entre les proportions observées et théoriques de répétition ADJ et non-ADJ correctes, en fonction du Groupe. (\* indique que la différence entre les proportions est significative à .05 ou .01)

Unités	Groupe	Proportions Théoriques	Proportions Observées	Tests de Student
Répétitions ADJ correctes	Expérimental	.067	.075	$t < 1$
	Contrôle	.067	.208	$t(9) = 1.92, p = .086$
Répétition non-ADJ correctes	Expérimental	.108	.183	$t < 1$
	contrôle	.104	.450	$t(9) = 2.16, p = .059$

Le groupe contrôle exposé aux séries ADJ tend à produire significativement plus de répétitions ADJ ( $M = 20.8\%$ ,  $SD = 23.3$ ) que le hasard le prédit (6.7%),  $t(9) = 1.92, p = .086$ , tandis que la production du groupe expérimental confronté aux séries ADJ ( $M = 7.5\%$ ,  $SD = 16.9$ ), correspond au hasard,  $t < 1$ . Concernant les répétitions non-ADJ, le groupe contrôle qui a vu les séries non-ADJ en entraînement ( $M = 45\%$ ,  $SD = 49.7$ ) montre une production tendanciellement supérieure au hasard

(10.4%),  $t(9) = 2.16$ ,  $p = .059$ , alors que la performance du groupe expérimental exposé aux séries non-ADJ ( $M = 18.3\%$ ,  $SD = 33.7$ ) ne diffère pas significativement du hasard (10.8%),  $t < 1$ .

On note une absence de sensibilité aux répétitions (ADJ et non-ADJ) présentes au sein des items d'apprentissage pour les enfants présentant un retard mental, comme en témoignent leurs performances au niveau du hasard, alors que le groupe contrôle d'enfants sans retard appariés sur l'âge mental manifeste une sensibilité aux unités saillantes du matériel d'entraînement.

b. Codage des structures ADJ et non-ADJ indépendamment de la couleur: répétitions incorrectes.

Une ANOVA menée avec le facteur inter-sujets Groupe (2) sur les fréquences de répétitions ADJ et non-ADJ incorrectes ne montre aucun effet significatif du Groupe, respectivement  $F(1, 18) = 1.98$ ,  $p = .18$  et  $F(1, 18) = 1.43$ ,  $p = .25$ , pour les sujets exposés respectivement aux séries ADJ et non-ADJ. Toutefois, le groupe expérimental produit des répétitions ADJ incorrectes (7.5%) au niveau du hasard (10%),  $t < 1$ , tandis que la production du groupe contrôle (0%) est très inférieure à ce que prédit le hasard. La répétition non-ADJ incorrecte est également produite par le groupe expérimental (11.7%) au niveau du hasard (7.2%),  $t < 1$ , tandis que le groupe contrôle (3.3%) en produit descriptivement moins que le hasard (7%), sans toutefois atteindre le seuil de significativité,  $t(9) = -1.12$ ,  $p = .29$ .

Par ailleurs, la Figure 54 indique que les unités saillantes sont produites indépendamment de la couleur par le groupe expérimental, tandis que le groupe contrôle produit davantage d'unités saillantes correctes qu'incorrectes. Ainsi, les productions correctes et incorrectes du groupe expérimental pour les unités ADJ (respectivement 7.5% et 7.5%) et non-ADJ (18.3% et 11.7%) ne diffèrent pas significativement entre elles,  $t_s < 1$ , tandis que le groupe contrôle produit significativement plus d'unités ADJ et non-ADJ correctes que d'unités ADJ et non-ADJ incorrectes, respectivement  $t(9) = 2.82$ ,  $p < .02$  et  $t(9) = 2.44$ ,  $p < .04$ .

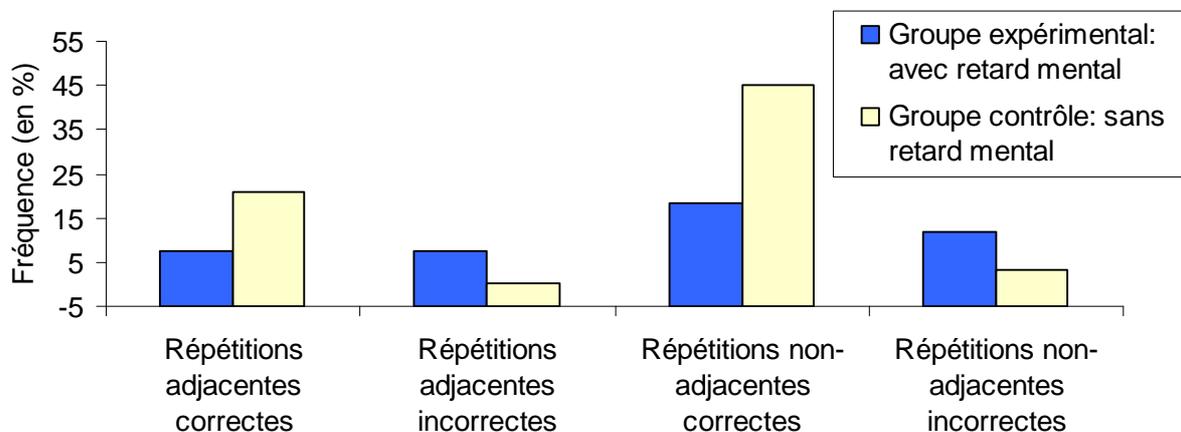


Figure 54. Fréquence moyenne (en %) de répétitions ADJ et non-ADJ correctes et incorrectes, respectivement pour les groupes ADJ et non ADJ, en fonction du Groupe (expérimental: RM vs contrôle: sans RM).

Ces résultats montrent que les sujets du groupe expérimental présentant un retard n'adaptent pas leur production en fonction des consignes, puisque les enfants sans retard du groupe contrôle appariés sur l'âge mental sont les seuls à favoriser les productions correctes, aux dépens des structures incorrectes, lorsqu'il est demandé aux participants de produire des items composés d'unités vues en entraînement.

## 2. Performances au test de génération explicite des unités saillantes du matériel.

La dernière partie teste l'apprentissage des unités (ADJ et non-ADJ) saillantes composant les drapeaux vus en entraînement et examine dans quelle mesure le questionnement explicite altère les performances du groupe expérimental par rapport aux performances du groupe contrôle d'enfants sans retard. Les fréquences de répétitions ADJ et non-ADJ correctes respectives aux groupes ADJ et non-ADJ en fonction du Groupe sont présentées dans la Figure 55.

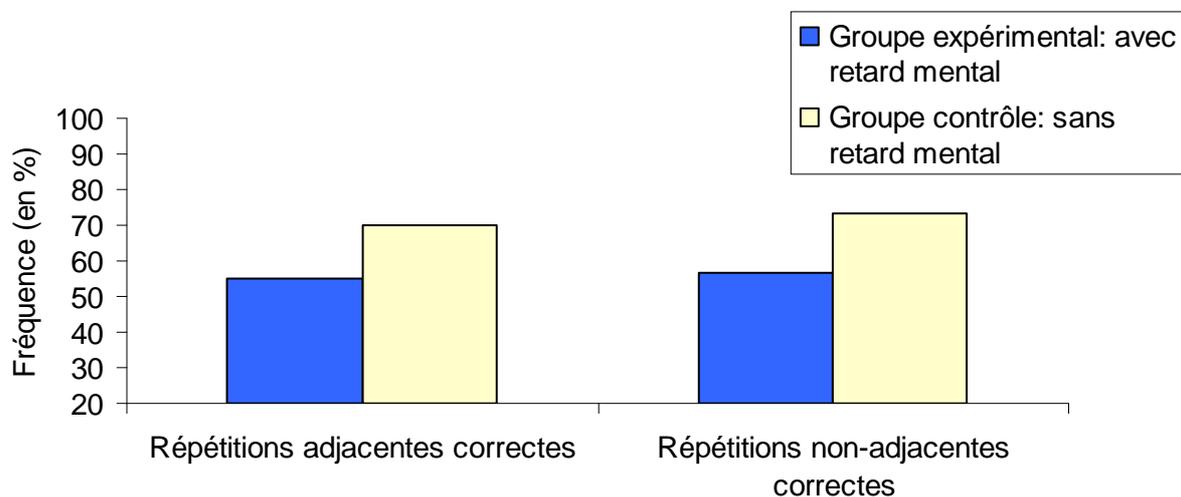


Figure 55. Fréquence moyenne (en %) de répétitions ADJ et non-ADJ correctes, respective au groupes ADJ et non-ADJ, en fonction du Groupe (expérimental: RM vs contrôle: sans RM).

Malgré ce que suggère la Figure 55, le facteur Groupe n'est pas significatif pour les productions de répétitions ADJ,  $F(1, 18) = 1.11, p = .31$ , ou non-ADJ,  $F(1, 18) = 1.92, p = .18$ . Toutefois, alors que le groupe expérimental produit des unités ADJ correctes (55%) au niveau du hasard (40%),  $t(9) = 1.67, p = .13$ , le groupe contrôle (70%) en produit significativement plus que le hasard le prédit,  $t(9) = 2.71, p < .03$ . Concernant la production d'unités non-ADJ correctes, aucun de ces deux groupes (respectivement 56.7% et 73.3%) ne diffère du hasard (60%), respectivement  $t < 1$  et  $t(9) = 1.38, p = .20$ .

Ces résultats révèlent une incapacité des participants présentant un retard mental à produire les unités saillantes correctes auxquelles ils ont été exposés. En revanche, le groupe contrôle composé d'enfants sans retard mental montre principalement un apprentissage de l'unité ADJ.

### 3. Performances au test de reconnaissance.

D'un point de vue descriptif, la Figure 56 montre une fréquence de bonnes réponses pour le groupe expérimental avec retard mental (RM), exposé aux séries grammaticales, légèrement inférieure à celle du groupe contrôle sans retard apparié sur l'âge mental et également confronté aux séries grammaticales.

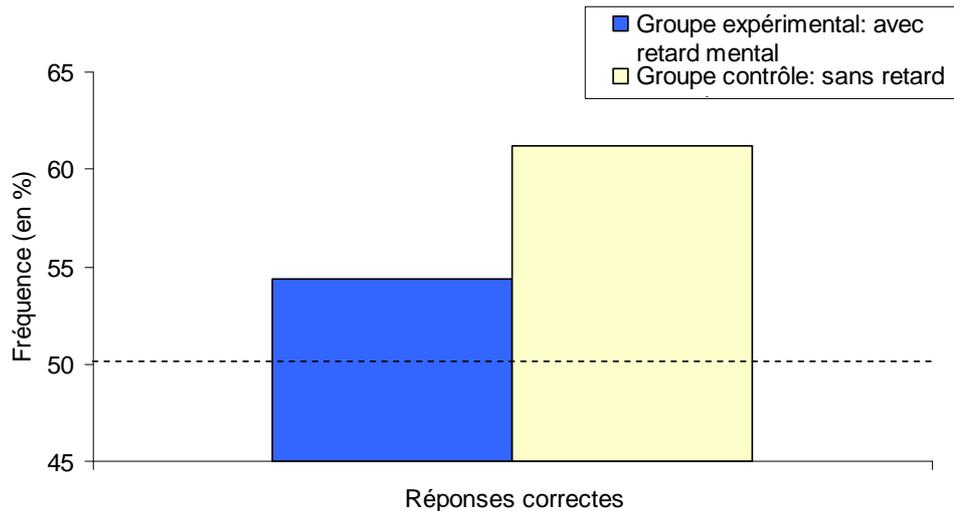


Figure 56. Fréquence moyenne de réponses correctes (en %) à la tâche de reconnaissance, en fonction du Groupe (expérimental: RM vs contrôle: sans retard), la ligne en pointillés indique le seuil du hasard (50 % de bonnes réponses).

Une ANOVA conduite avec le facteur inter-sujets Groupe (2: expérimental: RM vs contrôle: sans RM) sur les fréquences de bonnes réponses au test de reconnaissance ne révèle pas d'effet significatif entre le groupe expérimental (RM) ( $M = 54.4\%$ ,  $SD = 15.8$ ) et le groupe contrôle ( $M = 61.2\%$ ,  $SD = 16.2$ ),  $F(1, 38) = 1.84$ ,  $p = .18$ . Toutefois, comme en témoignent les tests de Student présentés dans le Tableau 22, le groupe contrôle composé d'enfants sans retard (61.2%) produit significativement plus de bonnes réponses que le hasard ne le prédit (50%),  $t(20) = 3.11$ ,  $p < .01$ , tandis que la performance du groupe expérimental constitué d'enfants présentant un retard mental (54.4%) correspond au hasard,  $t < 1$ .

Tableau 22 Comparaison entre les proportions observées et théoriques au test de reconnaissance, en fonction du Groupe. (\* indique que la différence entre les proportions est significative à .05 ou .01)

Unités	Groupe	Proportions Théoriques	Proportions observées	Tests de Student
Réponses correctes	Expérimental	.50	.544	$t(19) = 1.23, p = .23$
	Contrôle	.50	.612	$t(19) = 3.11, p < .01$

Une ANOVA comprenant le facteur inter-sujets Groupe (2) a été menée sur les mesures du critère de sensibilité ( $d'$ ). Ce critère détermine la capacité de discrimination ( $d'$  faible = mauvaise,  $d'$  élevé = bonne) des sujets et la différence d'une production de réponses au hasard ( $d' = 0$ ). Le facteur Groupe n'est pas significatif,  $F(1, 38) = 1.37, p = .25$ , même si le critère de sensibilité du groupe contrôle ( $d' = 0.20$ ) apparaît supérieur à celui du groupe expérimental ( $d' = 0.07$ ). Cependant, les comparaisons des critères observés à un critère de sensibilité nul, indiquant une production au hasard, révèlent que seul le groupe contrôle répond significativement au-delà du hasard,  $t(19) = 2.63, p < .05$ , tandis que la fréquence de bonnes réponses du groupe expérimental correspond au hasard,  $t(19) = 1, p = .33$ .

Cette analyse indique que les capacités des participants présentant un retard mental ne diffèrent pas du hasard, alors que le groupe sans retard reconnaît les drapeaux significativement au-delà du hasard, bien que la discrimination reste difficile au regard du critère de sensibilité. Toutefois, l'effectif ne permet pas de révéler un effet significatif du Groupe.

## Discussion

Ce troisième chapitre avait pour objectif de confirmer la préservation des capacités d'apprentissage implicite chez l'enfant présentant un retard mental, tout en examinant si certains facteurs tels que le profil cognitif spécifique de cette population (Expérience 3 & 4) ou la perméabilité de la procédure aux influences conscientes influençaient les performances (Expérience 4).

### Capacités d'apprentissage implicite préservées et appréhension limitée du matériel.

L'Expérience 3 a testé les capacités d'apprentissage implicite d'enfants avec retard mental dans des conditions identiques à l'Expérience 1. Conformément au postulat de Reber (1993), l'emploi d'une procédure hautement implicite (respectant les critères de la NPP: Vinter & Perruchet, 1999) devait favoriser la reproduction des résultats observés précédemment chez des sujets tout-venant. Chez les enfants présentant un retard mental, les performances à la tâche de génération implicite ont révélé que les sujets du groupe ADJ ont été sensibles aux répétitions ADJ, ainsi qu'à l'expérience directe fournie par la structure ADJ. On note également un apprentissage des bigrammes grammaticaux,

même si celui-ci n'est observé que dans le groupe ADJ. Ces résultats attestent de capacités d'apprentissage implicite préservées chez des enfants présentant un retard mental et confirment les résultats les plus répandus dans la littérature (Detable & Vinter, 2003; McGeorge et al., 1997; Myers & Conner, 1992; Reber et al., 1991; Vicari et al., 2000).

Par ailleurs, du fait de capacités cognitives possiblement déficitaires chez ces participants, nous avons prédit que la sensibilité au matériel pourrait se limiter aux unités les plus courtes et les plus saillantes composant les items perçus pendant la phase d'entraînement. Les résultats ont effectivement montré que les sujets n'ont pas été sensibles aux répétitions non-ADJ correctes ou à leur structure, en particulier le groupe non-ADJ qui y a été spécifiquement exposé. La sensibilité plus importante pour les répétitions ADJ que non-ADJ semble donc vérifiée nos prédictions. En effet, la mise en relation de deux éléments (XX) serait plus facile que celle de trois (XaX), particulièrement chez les sujets avec retard mental. Si l'absence de déficit attentionnel global inhérent au retard mental (Burack et al., 2001) a permis la segmentation des unités ADJ, constituant ainsi le contenu de l'expérience phénoménologique du groupe ADJ (Perruchet & Vinter, 2002), des déficits perceptifs (Fox & Oross, 1988, 1990, 1992) ont pu limiter le traitement pré-attentif aux unités les plus saillantes, les répétitions ADJ. Socari *et al.* (1990) ont par ailleurs observé que l'organisation et l'intégration des stimuli seraient altérées lorsqu'il y a disparité entre les éléments qui les composent, comme c'est davantage le cas pour une répétition non-ADJ (XaX:  $n \neq n+1$  et  $n+1 \neq n+2$ , par exemple). De plus, compte tenu des limitations des systèmes de contrôle exécutif (e.g., Baumeister, 1997; Berkson, 1993; Brooks et al., 1984), du ratio vitesse/précision du traitement, et des contraintes temporelles de la tâche (temps d'exposition au matériel), l'appréhension des structures plus courtes (ADJ = BB, par exemple) est supposée plus facile que celle d'unités plus longues (non-ADJ = BJB, par exemple) (Spitz & Webreck, 1972). Par ailleurs, les conduites de persévération (Beeghly, et al., 1989, 1990; Bodfish, et al., 2000) peuvent correspondre davantage à une production de répétitions ADJ que non-ADJ, qui nécessite d'introduire une alternance de couleur.

Ces arguments rendent compte des différences entre répétitions ADJ et non-ADJ et peuvent également prédire une absence d'apprentissage des unités grammaticales sans saillance perceptive particulière ou de tailles supérieures, telles que les trigrammes, les quadrigrammes ou les drapeaux entiers grammaticaux. L'examen des productions a ainsi révélé que la présentation de séries grammaticales en entraînement n'a pas permis d'apprendre davantage de drapeaux entiers, ni aucune autre unité grammaticale (bigrammes, trigrammes, quadrigrammes), qu'une exposition à des séries aléatoires. Par ailleurs, aucune information positionnelle (unités grammaticales en positions initiale/finale ou répétitions correctement positionnées à l'intérieure des drapeaux) n'a été codée. Toutefois, cette information était apparue comme apprise de manière "périphérique" dans l'Expérience 1 et nécessitait une récupération intentionnelle pour émerger au sein des productions de l'Expérience 2 chez des sujets sans retard mental.

La segmentation d'unités peu saillantes a pu être directement affectée par des difficultés à restreindre la taille du focus attentionnel (Cha, 1992), des limitations d'empan attentionnel efficient (Spitz & Webreck, 1972), ou une certaine distractibilité (Hagen & Huntsman, 1971) observées chez les sujets présentant un retard mental. Il est également apparu que les positions initiales et finales, connues pour leur saillance particulière lors de la présentation de séquences auprès de participants sans retard (voir par exemple, Reber, 1989a), n'ont pas obtenu l'attention nécessaire à l'apprentissage des unités présentes à ces emplacements (Jiménez & Méndez, 1999).

Enfin, seules les structures de répétitions ADJ sont évitées par les groupes qui n'y ont pas été spécifiquement exposés. Ces résultats vont à l'encontre de conduites de persévération envisagées précédemment (Beeghly, et al., 1989, 1990; Bodfish, et al., 2000). Toutefois, selon Frith (1972), ces conduites pourraient ne concerner que les individus ayant un âge mental relativement faible. Concernant les répétitions non-ADJ, si les sujets ont éprouvé des difficultés à percevoir la répétition durant la phase d'entraînement lorsque les éléments répétés n'étaient pas adjacents, et qu'il en a été de même lors de leur propre génération, il va de soi qu'ils n'aient pas cherché à les éviter. Ainsi, contrairement à nos hypothèses, il existe également une tendance naturelle, en l'absence de toutes influences extérieures, à éviter les répétitions adjacentes chez les sujets présentant un retard mental, lorsque celui-ci reste léger. Plus important encore, la production de répétitions ADJ par le groupe ADJ, reflétant l'apprentissage d'un comportement inverse à celui spontanément produit, relativise considérablement l'hypothèse d'une absence de flexibilité du système cognitif inhérente à la déficience intellectuelle (Lewin, 1936; Kounin, 1941a, b).

Ainsi, les déficits cognitifs liés au retard mental conditionnerait l'appréhension du matériel et limiterait les apprentissages aux parties les plus saillantes et contenant un minimum d'éléments. Par ailleurs, l'adoption d'une procédure minimisant l'intervention d'influences conscientes (Meulemans et al., 1998; Vinter & Perruchet, 2000), ou de composantes conceptuelles au sein des traitements opérés par les sujets (Vinter & Detable, 2003), est probablement décisive pour l'observation de capacités d'apprentissage préservées chez cette population (Reber, 1993). Afin de confirmer cette hypothèse, l'Expérience 4 a testé l'effet de la réintroduction de telles influences (conscientes et conceptuelles) sur les performances d'apprentissage implicite de sujets présentant un retard de développement.

#### *Influences de processus explicites et altérations des performances.*

L'Expérience 4 a reconduit la procédure de l'Expérience 2, chez des individus avec retard mental. Dans cette dernière, l'administration de tests de génération explicite et de reconnaissance auprès de sujets tout-venant avait favorisé l'émergence d'effets d'âge semblables à ceux classiquement observés dans les tâches d'apprentissage explicite (Greenbaum & Graf, 1989; Isingrini et al., 1995, Karatekin et al., 2007). La sollicitation de processus intentionnels de récupération d'information durant la phase test (Gardiner & Java, 1993) a directement été mise en cause. En effet, bien que la phase d'entraînement demeurait implicite, les consignes de test adressées aux participants s'apparentaient à

celles de tâches explicites, habituellement discriminées des tâches implicites par l'implication de processus intentionnels (e.g., Seger, 1994). Dans le cadre du retard mental, plusieurs travaux ont révélé une préservation des capacités en situation implicite, alors que les performances seraient altérées en contexte explicite, lors de tâches de mémorisation (Carlesimo et al., 1997; Dulaney et al., 1996; Komatsu et al., 1996; Perrig & Perrig, 1995; Vicari, 2001; Vicari et al., 2000; Wyatt & Conners, 1998) ou d'apprentissage (Atwell et al., 2003; Maybery et al., 1995; McGeorge et al., 1997; Reber et al., 1991; Vinter & Detable, 2008). Seuls les travaux de Fletcher et al. (2000) suggèrent que l'apprentissage implicite serait inopérant chez cette population, au moins chez les individus présentant un âge mental égal ou inférieur à 5 ans 8 mois et un QI de 60, comme c'est le cas dans cette étude. Toutefois, les résultats indiquant des corrélations entre les performances et l'âge (Fletcher et al., 2000; Maybery et al., 1995) ou le QI (Fletcher et al., 2000) ont reçu des critiques méthodologiques suggérant des contaminations explicites (Meulemans 1998a, Vinter & Perruchet, 1999). Les processus décisionnels explicites sont également suspectés de faire intervenir des traitements conceptuels (Vinter & Detable, 2003) connus pour affecter les performances de mémoire implicite d'individus retardés mentalement (Komatsu et al., 1996). Selon Shanks et St. John (1994), on ne peut pas exclure la possibilité d'une exploitation intentionnelle d'une connaissance explicite durant les tâches traditionnellement adressées dans ce domaine d'étude. Les Expériences 1 et 2 ont toutefois montré que les consignes employées pendant la phase test, selon qu'elles satisfaisaient ou non aux critères de neutralité de la NPP (Vinter & Perruchet, 1999), pouvaient respectivement minimiser ou favoriser l'intrusion de ces influences. Ainsi, si l'implication de processus intentionnels de récupération favorise des effets similaires à ceux observés dans des tâches explicites, comme des effets d'âge chez les sujets tout-venant (Expérience 2), les capacités d'apprentissage implicite des sujets présentant un retard mental dans l'Expérience 4 se sont-elles révélées inopérantes?

Les résultats ont indiqué que les participants ne sont pas devenus sensibles aux répétitions présentes au sein des items d'apprentissage, contrairement au groupe contrôle d'enfants sans retard appariés sur l'âge mental. Par ailleurs, le groupe avec retard n'a pas adapté sa production en fonction des consignes, puisque seul le groupe contrôle a favorisé les productions correctes plutôt qu'incorrectes. Rappelons que les consignes de génération explicite demandaient à produire des drapeaux ou parties de drapeaux vus en entraînement. Pour terminer, la reconnaissance des drapeaux vus pendant la phase d'exposition n'a opéré que chez les sujets tout-venant, les participants avec retard mental répondant au niveau du hasard.

Ces résultats contredisent apparemment les principaux travaux sur les capacités d'apprentissage implicite dans le cadre du retard mental. En revanche, ils corroborent les résultats de Fletcher et al. (2000) suggérant que l'apprentissage implicite serait inopérant chez cette population. Toutefois, du fait que nous ayons obtenu des performances d'apprentissage implicite, bien que réduites, dans l'Expérience 3, reprenant strictement la même phase d'apprentissage, les nouvelles consignes utilisées en test et les processus qu'elles sollicitent peuvent être directement mis en cause.

En effet, des contaminations explicites ont également été évoquées pour expliquer les résultats contradictoires de Fletcher et al. (2000) (Vinter & Perruchet, 2000).

Par ailleurs, selon la théorie motivationnelle de Zigler (1962), les enfants avec retard mental ont tendance à se conformer aux instructions pour gagner l'approbation de l'expérimentateur et maintenir le contact social, il est donc peu probable que l'altération des performances s'explique par un non respect des consignes. Ainsi, cette étude confirme que des résultats tels que ceux de Fletcher et al. (2000), contredisant la robustesse des capacités implicites face au niveau intellectuel (Reber, 1993), surviendraient lorsque les tâches impliquent des processus intentionnels, déficitaires dans le cadre du retard mental (e.g., Bebko & Luhaorg, 1998; Bray, 1979; Meador & Ellis, 1987).

En conclusion, la robustesse des capacités d'apprentissage face au retard mental (Reber, 1993) ne peut être postulée que lorsque la situation garantit une procédure hautement implicite, par le respect des critères de la NPP (Vinter & Perruchet, 1999) par exemple (Expérience 3). En revanche, la contamination de la phase test par les processus explicites suffit à altérer les performances, en dépit d'une phase d'entraînement identique. Ceci confirme la dissociation des processus explicite et implicite (Reber, 1993; Reber et al., 1999; Reber & Allen, 2000). Ces données montrent à la fois l'alternative que peut fournir l'apprentissage implicite à certaines difficultés d'apprentissage classique, mais également les limites liées au mode de récupération explicite de l'information acquise implicitement.

Par ailleurs, des limitations sont également liées à l'appréhension du matériel en fonction du profil cognitif des participants, parallèlement au temps de présentation, et à la complexité du matériel. L'apprentissage de la répétition ADJ plutôt que non-ADJ suggère que le faible nombre d'éléments, leur similarité, et leur proximité facilitent le codage. La position abstractionniste (Reber, 1967) peut rendre compte d'une meilleure appréhension d'une structure moins complexe. En revanche, le modèle SOC (Perruchet & Vinter, 1998, 2000, 2002) apparaît comme la position théorique la plus parcimonieuse pour rendre compte de ce résultat. En effet, la mise en œuvre de mécanismes associatifs de base peut tout à fait rendre compte d'une plus grande facilité à coder les unités dont les éléments nécessitent le moins d'associations entre eux. De plus, les enfants présentant un retard mental, tout comme les jeunes enfants, sont plus susceptibles d'engager de tels mécanismes de base que des processus d'abstraction hautement sophistiqués. Ces mécanismes associatifs supposent l'implication de facteurs attentionnels, peu déficitaires dans le cadre du retard mental (Burack et al., 2001), et dont l'apprentissage spécifique de l'unité la plus saillante perceptivement (ADJ) témoigne.

Afin d'examiner l'attention particulière obtenue par l'unité ADJ, l'Expérience 5 s'est attachée à discriminer l'effet de la saillance perceptive de cette unité, d'un effet de fréquence d'occurrence. Nous nous sommes également intéressés au rôle de guide fourni par la saillance, à travers la manière dont celle-ci conditionne la segmentation du matériel présenté pendant la phase d'entraînement et participe à la formation de la connaissance acquise.

## Chapitre 4

### Saillance perceptive et propriétés statistiques du matériel.

#### Introduction

Les Expériences 1 et 2 ont révélé le rôle des unités saillantes du matériel lors de l'apprentissage des caractéristiques de surface spécifiques aux items présentés en phase d'étude chez des sujets tout-venant. Les Expériences 3 et 4 ont montré que, malgré un profil cognitif déficitaire, les enfants présentant un retard mental manifestent une sensibilité particulière pour l'unité la plus propice à obtenir leur attention, la répétition adjacente, à condition qu'une procédure hautement implicite soit appliquée. Toutefois, la procédure utilisée n'a pas permis de discriminer clairement l'effet de la saillance des répétitions d'un apprentissage uniquement dû à leur fréquence d'occurrence élevée au sein des items d'étude. En effet, le seul autre bigramme possédant une fréquence comparable à la répétition adjacente (en deuxième position au sein des items) était placé en position initiale. De ce fait, la saillance positionnelle que lui conférait cet emplacement et le recouvrement respectif partiel des deux unités limitaient la portée d'une telle comparaison. Ainsi, l'objectif de l'Expérience 5 est de comparer l'apprentissage d'unités de même fréquence, l'une offrant une saillance perceptive particulière et l'autre non, tandis qu'elles occupent respectivement la même position à l'intérieur de séquences de deux types de séries aux caractéristiques distributionnelles comparables. De plus, nous avons investigué l'effet de guidance exercé par ces unités lors de la segmentation des items auxquels elles appartiennent, et leur apprentissage concurrentiel vis-à-vis des unités en position initiale de ces séquences. Pour terminer, nous avons examiné quelles étaient les conditions propices à la formation d'unités plus élaborées, telles que les trigrammes.

Divers modèles théoriques de l'AI (e.g., Perruchet, 2008; Pothos, 2007) rendent compte de la reconnaissance des séquences grammaticales à un niveau supérieur au hasard (e.g., Reber, 1967, 1989; Dulany et al., 1984). Si l'abstraction des règles structurant le matériel (Reber, 1967, 1989), ou la mémorisation d'items entiers lors de la phase d'entraînement (Brooks 1978; Vokey & Brooks, 1992) ont été envisagées, ce sont davantage les modèles suggérant l'apprentissage de fragments qui nous intéressent ici. Selon Perruchet (1994), les fragments d'items les plus fréquents seraient appris. Le modèle SOC (Perruchet & Vinter, 2002) a proposé une sensibilité des participants aux propriétés des items présentés, telles que leurs propriétés statistiques ou leurs parties saillantes. Plus une unité est saillante, plus elle serait susceptible d'obtenir l'attention des participants et de créer une unité

cognitive isomorphe à la situation; plus la fréquence de l'unité est élevée, plus la force et la stabilité de l'unité cognitive qui en résulte seraient consolidées.

Un mécanisme de segmentation du matériel, commun à ces deux conceptions, suggère un découpage du matériel en bigrammes ou trigrammes, contenant les règles de manière partielle selon Perruchet (1994), ou constituant les primitives perceptives de la situation d'après Perruchet et Vinter (2002). Ce mécanisme a été décrit dans le modèle "Parser" lors de l'apprentissage d'un langage artificiel (Perruchet & Vinter, 1998b). La segmentation serait automatiquement déclenchée lors de la présence simultanée d'éléments primitifs au sein d'un même focus attentionnel. Les éléments ainsi groupés participeraient à la formation d'unités cognitives grâce à l'action de traitements associatifs inconscients entraînant des changements dans la représentation consciente de la situation, affectant ainsi les performances aux tâches d'AI (Perruchet & Vinter, 2002). Plusieurs arguments convergent vers une segmentation du matériel pendant la phase d'entraînement. Parmi eux, on note les rapports verbaux des participants après la phase d'apprentissage, faisant généralement allusion à des bigrammes et trigrammes appartenant aux séquences d'étude (Mathews et al., 1989; Meulemans & Van der Linden, 1997a; Reber & Allen, 1978). Servan-Schreiber et Anderson (1990) ont rapporté que les participants à qui on demande d'écrire les items pendant la phase d'étude ont tendance à former spontanément des sous-groupes de lettres. Si des travaux rendent compte d'un apprentissage de fragments plutôt que de règles ou d'items entiers (e.g. Perruchet, 1994; Perruchet & Pacteau, 1990; Perruchet et al. 1992), peu s'interrogent sur les contraintes du matériel qui guident la segmentation de manière à ce que les fragments contiennent, partiellement mais suffisamment, les règles structurant la séquence.

Il est admis que la fréquence élevée de cooccurrence d'éléments conduit à la formation de "chunks" (e.g., Dulany et al., 1984; Servan-Schreiber & Anderson, 1990; Perruchet & Pacteau, 1990), guidant la segmentation du matériel autour de bigrammes ou de trigrammes (Perruchet, 1994; Perruchet & Pacteau, 1990). Stadler (1992) a manipulé la fréquence de cooccurrence d'éléments adjacents pour tester l'effet des contraintes statistiques sur l'apprentissage. Les résultats ont montré un meilleur apprentissage des séquences à fortes contraintes statistiques, c'est-à-dire lorsque des blocs d'éléments se répétaient fréquemment à l'intérieur des items. Saffran (2002) a suggéré que les performances d'AI sont meilleures en présentation simultanée plutôt que séquentielle, cette procédure favorisant davantage l'association entre éléments de la séquence. Toutefois, la fréquence ne définit pas à elle seule, et de manière suffisante, la distribution statistique du matériel. La probabilité transitionnelle et la contingence des éléments fournissent d'autres informations sur la composition des séquences. Des travaux ont montré que les participants sont davantage sensibles à la contingence plutôt qu'à la probabilité transitionnelle (Perruchet & Peereman, 2004), et davantage sensibles à cette dernière qu'à la fréquence de cooccurrence (Aslin et al., 1998; Fiser & Aslin, 2001). On peut donc convenir que la qualité informationnelle de chacun de ces critères varie en fonction du contexte, et que d'autres probabilités que la fréquence d'occurrence, davantage conditionnelles, doivent être prises en

compte. Ainsi, la fréquence d'occurrence des unités sera examinée dans cette expérience, et la probabilité transitionnelle et la contingence seront contrôlées.

D'autres propriétés que celles distributionnelles peuvent également influencer la sélection des fragments à la base de l'AI. Nous proposons que les régularités perceptives guident la segmentation en amont des régularités statistiques et constituent les primitives perceptives du matériel. Dans une telle perspective, la saillance participerait à la formation initiale des unités cognitives et les informations statistiques seraient davantage relayées à un rôle de consolidation de ces unités cognitives (Perruchet & Vinter, 2002).

D'après les principes du modèle PARSE (Perruchet & Vinter, 1998b), les propriétés perceptives du matériel participent à la formation d'unités représentationnelles, qui à leur tour guideront la perception. Il existe au moins deux types de saillances avérées, les saillances perceptives et positionnelles. La saillance perceptive à laquelle nous nous sommes intéressés est celle détenue par les répétitions adjacentes (BB, par exemple), conformément à la théorie Gestaltiste (Attneave, 1954). Les répétitions sont avantageuses pour l'apprentissage de séquences, aussi bien chez l'adulte que chez l'enfant (Endress et al., 2007; Marcus et al., 1999; Monaghan & Rowson, 2008). Concernant la saillance positionnelle, certaines études ont rapporté que les participants étaient particulièrement sensibles aux fragments (bigrammes ou trigrammes) en position initiale et finale au sein des séquences (e.g., Druhan & Mathews, 1989; Dulany et al., 1984; Mathews et al., 1989; Perruchet & Pacteau, 1990; Reber & Lewis, 1977; Redington & Chacter, 1996). Plus récemment, Conway & Christiansen (2005, 2006, 2009) ont observé que ces fragments initiaux et finaux fournissent des informations aidant fortement la classification des séquences auxquelles ils appartiennent. Ces auteurs ont également rapporté une différence de sensibilité entre ces deux positions, déjà observée précédemment (Beaman, 2002), en fonction de la modalité sensorielle utilisée dans les tâches. Celle-ci suggère un meilleur rappel des parties initiales de séquences ou de listes présentées visuellement, et une sensibilité particulière aux parties finales lorsque le matériel est présenté de manière auditive. Ainsi, compte tenu de ces observations, nous devons tenir compte de la saillance perceptive des répétitions et de la saillance positionnelle des fragments initiaux de nos items (Cowan, 2001).

Dans cette expérience, nous avons examiné deux classes d'âge: 5 ans et 8 ans. L'étude de jeunes enfants et d'enfants plus âgés pourrait refléter les différentes étapes intervenant dans la formation de la connaissance chez un même individu. Nous faisons l'hypothèse que les productions d'enfants de 5 ans devraient davantage renseigner les premières étapes de l'appréhension du matériel, comme la segmentation des primitives de base, tandis que les productions des enfants de 8 ans rendraient plutôt compte des étapes ultérieures, telles que la formation de chunks plus élaborés (trigrammes corrects).

Le premier objectif de cette recherche est d'étudier le rôle des propriétés perceptives saillantes, comparativement à celui des régularités statistiques du matériel lors de l'apprentissage implicite de séquences. Pour cela, nous avons soumis un premier groupe d'enfants à des séries favorisant la présence de bigrammes fréquents, non saillants perceptivement (séries BIG), en deuxième position au sein des items. Ensuite, un deuxième groupe a été exposé à des séries dont la distribution statistique est comparable à celle des séries BIG, mais où les bigrammes fréquents ont été remplacés par des répétitions adjacentes saillantes perceptivement (séries REP). Une comparaison intergroupe devrait permettre de comparer de manière indépendante l'apprentissage d'unités fréquentes à celui d'autres d'unités aussi fréquentes mais saillantes perceptivement. Nous prédisons un apprentissage supérieur de l'unité saillante, la répétition, en comparaison aux bigrammes non saillants, en dépit d'une fréquence d'occurrence identique.

La seconde investigation concerne l'influence des différentes unités observées: 2<sup>èmes</sup> bigrammes dans les séries BIG, répétitions en 2<sup>ème</sup> position dans les séries REP et bigrammes en position initiale dans les séries BIG et REP, sur la guidance de la segmentation des items et l'apprentissage concurrentiel de ces unités.

Les deux types de séries débutent par un bigramme, non saillant perceptivement, de même fréquence que les 2<sup>èmes</sup> bigrammes dans les séries BIG et REP. Nous savons que les bigrammes initiaux bénéficient d'une saillance positionnelle. Compte tenu du recouvrement partiel des bigrammes initiaux par les bigrammes en 2<sup>ème</sup> position (séries BIG: BJV... ou séries REP: BJJ...), la comparaison intragroupe des productions de ces deux unités permet d'investiguer l'effet de guidance qu'elles induisent sur leur apprentissage respectif. Quelles prédictions peuvent être faites concernant le codage concurrentiel de ces unités?

Dans les séries BIG, nous prédisons que la saillance positionnelle guidera la segmentation autour du bigramme initial (BJ) plutôt que du bigramme fréquent en deuxième position (JV). En revanche, dans les séries REP, le codage de la répétition saillante perceptivement (JJ) devrait l'emporter sur celui du bigramme initial (BJ), malgré la saillance positionnelle de ce dernier. Ces patterns de production devraient être plus particulièrement observés à 5 ans, puisque ceux-ci refléteraient davantage les premières étapes de segmentation du matériel.

Notre dernière hypothèse concerne la formation d'unités plus complexes, comme les trigrammes initiaux. Ceux-ci devraient être absents des productions des enfants les plus jeunes, tandis que les enfants de 8 ans devraient former des chunks plus élaborés correspondant à ces trigrammes initiaux, dont la fréquence élevée (associations de deux bigrammes fréquents) devrait favoriser l'apprentissage. Toutefois, nous prédisons que le groupe BIG aura plus de difficultés que le groupe REP à former ces trigrammes et présentera des patterns de production proches de ceux observés à 5 ans (1<sup>ers</sup> bigrammes > 2<sup>èmes</sup> bigrammes). En effet, d'un point de vue associationniste, 2 éléments distincts (BJJ) sont plus faciles à mettre en relation que 3 (BJV).

Pour terminer, conformément aux résultats de l'Expérience 2, la sollicitation de processus intentionnels de récupération en phase test (génération explicite) devrait favoriser l'émergence d'effets de l'âge pour la production des unités qui ont fait l'objet d'un apprentissage.

## Méthode

### 1. *Participants.*

Un échantillon total de 56 enfants (28 filles et 28 garçons) âgés de 5 et 8 ans a été testé dans cette étude. Deux groupes d'âge ont été constitués ( $n = 28$  par groupe d'âge) selon les niveaux scolaires: moyenne section de maternelle et cours élémentaire première année. Notons que ces deux groupes correspondent aux classes extrêmes testées dans les Expériences 1 et 2. A l'intérieur de chaque classe d'âge, les participants ont été répartis de façon aléatoire en deux groupes: un groupe BIG et un group REP. Aucun de ces enfants n'a participé aux Expérience 1 ou 2 et les critères de sélection étaient identiques à ceux utilisés dans ces expériences. Les caractéristiques des groupes figurent dans le Tableau 23

Tableau 23 Caractéristiques des groupes observés dans l'expérience (BIG = bigrammes, REP = répétitions, F = filles, G = garçons).

Groupes d'âge	Age moyen (ans, mois)	Sexe	Groupes	Effectif	Age moyen	Sexe
5 ans	5 ans 4 mois (étendue: 4,11 - 5,6)	14F – 14G	BIG	14	5 ans 2 mois	5F – 5G
			REP	14	5 ans 2 mois	5F – 5G
8 ans	8 ans 3 mois (étendue : 7,9 - 8,5)	14F – 14G	BIG	14	8 ans 2 mois	5F – 5G
			REP	14	8 ans 4 mois	5F – 5G

### 2. *Matériel.*

Dans cette expérience, nous avons repris le jeu sur ordinateur des expériences précédentes, impliquant la présence de drapeaux. Les drapeaux présentés lors de la phase d'étude correspondent à une série d'items à laquelle nous souhaitons confronter le participant. Deux types de séries ont été constitués: un type de séries (BIG) favorisant la présence de certains bigrammes simples (sans éléments répétés: BJ, RV... par exemple) et un type de séries (REP) favorisant la présence de répétitions adjacentes de deux éléments (BB, JJ... par exemple). Les séries comportaient chacune 8 drapeaux, à savoir, deux de 3 couleurs, trois de 4 couleurs et trois de 5 couleurs. Toutefois, les séries d'items n'ont pas été générées sur la base d'une grammaire à état fini, comme dans les expériences menées jusqu'ici.

Les résultats précédemment obtenus n'argumentant pas en faveur de l'apprentissage de la structure grammaticale sous-jacente, et la liberté de composition des items qu'offre l'abandon de la contrainte grammaticale ont motivé ce choix. Les séries ne sont évidemment pas pour autant dénuées de régularités. Pour les deux types de séries, BIG et REP, nous avons limité le début des drapeaux à deux couleurs parmi les cinq utilisées, conformément à ce qui est classiquement proposé dans les tâches de grammaire artificielle, où le nombre d'éléments différents en première position à l'intérieur des séquences est souvent limité à deux (e.g., Reber, 1969; Meulemans & Van der Linden, 1997b). Dans une perspective où l'apprentissage implicite est parfois envisagé comme un mécanisme mémoriel de détection des patterns similaires au sein des exemplaires (e.g., Mathews et al., 1989), introduire des régularités le plus tôt possible dans les séquences est probablement favorable à ce que le matériel sollicite de lui-même la mise en œuvre de tels mécanismes.

A l'intérieur d'une série, 4 drapeaux débutent par la même couleur (bleu, par exemple) et 4 par une autre couleur (rouge, par exemple). De plus, dans chaque type de séries, BIG et REP, seuls deux bigrammes distincts sont présents en deuxième position. Pour les séries BIG, il s'agit de 2 bigrammes simples (sans éléments répétés: JV et BT, par exemple) et pour les séries REP, de 2 répétitions adjacentes (JJ et VV, par exemple). De ce fait, les séries BIG et REP comptent également 2 bigrammes possibles en position initiale (respectivement, BJ et RB ou BJ et RV, par exemple) et 2 trigrammes initiaux distincts (respectivement, BJV et RBT ou BJJ et RVT, par exemple). Ainsi, les séries BIG sont composées de 12 bigrammes distincts, dont 2 (BJ et RB) apparaissent 4 fois chacun en position initiale, et dont 2 sont des répétitions adjacentes (JV et BT) présentes également chacune 4 fois en deuxième position. JV apparaît une cinquième fois en dernière position d'un drapeau de 5 couleurs. Cinq des autres bigrammes sont présents 1 fois seulement, et 2 autres bigrammes 2 fois, au sein de la série. De plus, on compte 9 trigrammes distincts, dont 2 (BJV et RBT) présents chacun 4 fois en position initiale, tandis que 5 apparaissent 1 fois et 2, 2 fois. De même, les séries REP comportent 12 bigrammes distincts, dont 2 (BJ et RV) apparaissent 4 fois chacun en position initiale et 2 sont des répétitions adjacentes (JJ et VV) présentes également chacune 4 fois en deuxième position à l'intérieure des drapeaux. De plus, 7 des autres bigrammes (sans éléments répétés) apparaissent 1 fois et 1 apparaît 2 fois au sein des séries. On compte 10 trigrammes distincts, dont 2 (BJJ et RVV) sont présents chacun 4 fois en position initiale et 7 apparaissent 1 fois et 1, 2 fois. Enfin, si les exemples donnés ci-dessus correspondent aux séries F1BIG et F1REP, pour chaque type de séries, les couleurs ont été aléatoirement assignées aux différentes positions à l'intérieur des drapeaux de telle sorte que 14 exemplaires différents ont été constitués. Ainsi, à l'intérieur d'une classe d'âge et d'une condition expérimentale (BIG ou REP), chaque sujet voit un exemplaire différent de la série mais possédant la même structure. Ces précautions ont permis d'éviter des effets de position de couleurs et d'obtenir les séries suivantes:

- Séries BIG

F1BIG : BJV-RBT-BJVT-BJVR-RBTV-BJVTR-RBTJV-RBTVJ  
 F2BIG : JBR-VTJ-JBRT-JBRV-VJTR-JBRTV-VJTBR-VJTRB  
 F3BIG : VJT-RVB-VJTB-VJTR-RVBT-VJTBR-RVBJT-RVB TJ  
 F4BIG : VTR-BVJ-VTRJ-VTRB-BVJR-VTRJB-BVJTR-BVJRT  
 F5BIG : VBJ-TVR-VBJR-VBJT-TVRJ-VBJRT-TVRBJ-TVRJB  
 F6BIG : BTV-JBR-BTVR-BTVJ-JBRV-BTVRJ-JBRTV-JBRVT  
 F7BIG : BJR-TBV-BJRV-BJRT-TBVR-BJRV T-TBVJR-TBVRJ  
 F8BIG : RVT-JRB-RVTB-RVTJ-JRBT-RVTBJ-JRBVT-JRBTV  
 F9BIG : TVB-RTJ-TVBJ-TVBR-RTJB-TVBJR-RTJVB-RTJBV  
 F10BIG : TBR-JTV-TBRV-TBRJ-JTVR-TBRVJ-JTVBR-JTVRB  
 F11BIG : BVT-RBJ-BVTJ-BVTR-RBJT-BVTJR-RBJVT-RBJTV  
 F12BIG : JTB-VJR-JTBR-JTBV-VJRB-JTBRV-VJRTB-VJRBT  
 F13BIG: TJB- RTV-TJBV-TJBR-RTVB-TJBVR-RTVJB-RTVBJ  
 F14BIG: VRJ-BVT-VRJT-VRJB-BVTJ-VRJTB-BVTRJ-BVTJR

Le Tableau 24 présente la distribution statistique des différents bigrammes au sein des séries BIG.

Tableau 24 Distribution statistique des bigrammes composant les séries BIG (PT = probabilité transitionnelle, exemple pour la série F1BIG).

	unités	Fréquence xy	x	PT xy/x	Contingence xy-((x-xy)*0.5)
Bigrammes Initiaux	BJ	4	8	0,5	2
	RB	4	6	0,6667	3
Bigrammes fréquents	JV	5	6	0,8333	4,5
	BT	4	8	0,5	2
Autres Bigrammes	VR	2	7	0,2857	-0,5
	VT	2	7	0,2857	-0,5
	VJ	1	7	0,1429	-2
	TV	2	6	0,3333	0
	TR	1	6	0,1667	-1,5
	TJ	1	6	0,1667	-1,5
	JV	1	6	0,1667	-1,5
	JT	1	6	0,1667	-1,5

- Séries REP.

F1REP : BJJ-RVV-BJJV-BJJR-RVVJ-BJJTV-RVVJB-RVVBT  
 F2REP : JBB-VRR- JBBR-JBBV-VRRB-JBBTR-VRRBJ-VRRJT  
 F3REP: VJJ-RTT-VJJT-VJJR-RTTJ-VJJBT-RTTJV-RTTVB  
 F4REP : VTT-BRR-VTTR-VTTB-BRRT-VTTJR-BRRTV-BRRVJ  
 F5REP : VBB-TJJ-VBBJ-VBBT-TJJB-VBBRJ-TJJBV-TJJVR  
 F6REP : BTT-JVV-BTTV-BTTJ-JVVT-BTTRV-JVVTB-JVVBR  
 F7REP : BJJ-TRR-BJJR-BJJT-TRRJ-BJJVR-TRRJ B-TRRBV  
 F8REP : RVV-JTT-RVVT-RVVJ-JTTV-RVVBT-JTTVR-JTTRB  
 F9REP : TVV-RBB-TVVB-TVVR-RBBV-TVVJB-RBBVT-RBBTJ  
 F10REP : TBB-JRR-TBBR-TBBJ-JRRB-TBBVR-JRRBT-JRRTV  
 F11REP : BVV-RTT-BVVT-BVVR-RTTV-BVVJT-RTTVB-RTTBJ  
 F12REP : JTT-VBB-JTTB-JTTV-VBBT-JTTRB-VBBTJ-VBBJR  
 F13REP : TJJ-RBB-TJJB-TJJR-RBBJ-TJJVB-RBBJT-RBBTV  
 F14REP : VRR-BJJ-VRRJ-VRRB-BJJR-VRRTJ-BJJRV-BJJVT

Le Tableau 25 présente la distribution statistique des différents bigrammes au sein des séries REP.

Tableau 25: Distribution statistique des bigrammes composant les séries REP (PT = probabilité transitionnelle, exemple pour la série FIREP).

	unités	Fréquence xy	x	PT xy/x	Contingence $xy - ((x-xy)*0.5)$
Bigrammes Initiaux	RV	4	5	0.8	3.5
	BJ	4	6	0.667	3
Répétitions	JJ	4	10	0.4	1
	VV	4	10	0.4	1
Autres Bigrammes	BT	1	6	0.167	-1.5
	VJ	2	10	0.2	-1,5
	VB	1	10	0.1	-3.5
	JV	1	10	0.1	-3,5
	JB	1	10	0.1	-3,5
	JT	1	10	0.1	-3,5
	JR	1	10	0.1	-3,5
	TV	1	2	0.5	0,5

Le matériel utilisé en phase test demeure strictement identique à celui utilisé dans le test des Expériences 2 et 4, à savoir, les 25 carrés de couleurs représentant équitablement les 5 couleurs du jeu, tandis que l'expérimentateur recueille les réponses à la main dans un tableau prévu à cet effet.

### 3. Procédure.

Présentation et phase d'apprentissage. Les phases de présentation et d'apprentissage sont semblables à celles administrées dans les Expériences 1 et 2, afin que les consignes, les temps et les nombres de présentation des drapeaux soient maintenus entre les différentes études chez les sujets tout-venant.

Phase test. La phase test se limite à un test de génération explicite, afin de maximiser les performances des participants et de minimiser l'intervention de patterns de production spontanés, comme ce fut le cas lors de tests de génération implicite.

➤ Test de génération explicite. Ce test consiste à demander aux participants de produire un drapeau qu'ils sont sûrs d'avoir vu pendant la phase d'entraînement, avec les mêmes instructions que dans l'Expérience 2. Les enfants construisent le drapeau, à même la table, à l'aide des 25 carrés de couleurs mis à leur disposition, afin de ne pas influencer la longueur de la production. Une fois le drapeau produit, l'expérimentateur relève le drapeau généré et informe l'enfant de la fin de la passation. Pour terminer un questionnaire est administré sous forme de débriefing comme dans les expériences précédentes. Les réponses montrent ici aussi la bonne compréhension de ce qui est demandé, ainsi que le rapprochement explicite entre les phases d'entraînement et de génération. La présence de répétitions et de certaines couleurs en début de drapeaux a été évoquée seulement par quelques enfants. Les réponses n'ont pas été analysées davantage.

### 4. Recueil et analyse des données.

Génération explicite du drapeau entier. L'analyse du drapeau entier porte sur les productions correctes des bigrammes fréquents (en 2<sup>ème</sup> position dans les items d'étude), les répétitions correctes (idem), et les bigrammes et trigrammes initiaux corrects des items présentés en entraînement. Précisons que les termes 1<sup>er</sup> et 2<sup>ème</sup> qualifient la position des unités au sein des séquences d'entraînement et non à l'intérieur du drapeau produit. Les unités correctement produites ont été retenues quelle que soit leur position au sein des productions, puisque nous nous intéressons ici uniquement au codage de ces unités indépendamment de celui de leur position. La fréquence de production de chaque unité a été calculée en fonction de la longueur du drapeau construit par chaque participant selon la méthode employée dans les expériences précédentes.

Des ANOVAS ont été menées avec les facteurs inter-sujets Groupe (2: BIG et REP) et Age (2: 5 ans et 8 ans) sur les fréquences de productions des unités observées dans cette expérience. Des comparaisons entre les proportions observées et théoriques, censées exprimer une production au hasard, et entre les productions intragroupes de 1<sup>ers</sup> et 2<sup>èmes</sup> bigrammes ont été menées à l'aide de tests de Student. Pour terminer, un indice consistant à faire la différence entre les productions de 1<sup>ers</sup>

bigrammes et de 2<sup>èmes</sup> bigrammes corrects a permis de préciser l'apprentissage concurrentiel de ces unités en fonction du Groupe et de l'Age.

## Résultats

### 1. Apprentissage des unités fréquentes saillantes et non saillantes perceptivement.

La sensibilité aux unités présentes en deuxième position dans les séquences d'entraînement a été testée à travers l'observation des fréquences de production correcte (en %) des bigrammes fréquents au sein des séries BIG et des répétitions adjacentes présentes dans les séries REP pour les deux classes d'âge, 5 ans et 8 ans. Les résultats sont présentés dans la Figure 57.

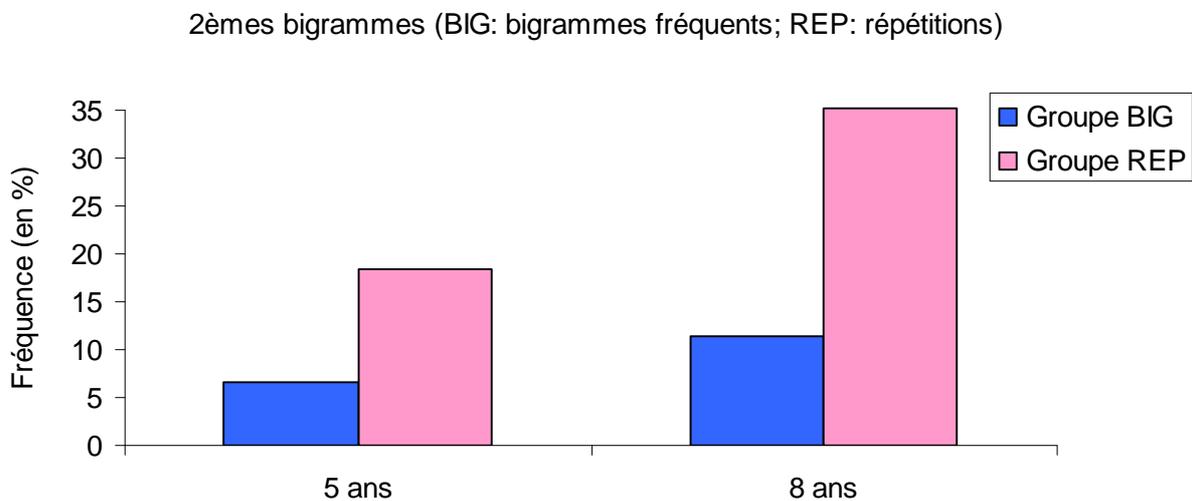


Figure 57. Fréquence moyenne de production correcte (en %) des 2<sup>èmes</sup> bigrammes en fonction du Groupe (BIG et REP) et du groupe d'âge (5 et 8 ans).

Une ANOVA conduite avec les facteurs inter-sujets Groupe (2: BIG vs. REP) et Age (2: 5 et 8 ans) sur les fréquences de production des bigrammes en deuxième position corrects (au sein des items d'étude) a révélé un effet significatif du facteur Groupe,  $F(1, 52) = 17.21, p < .01$ , et du facteur Age,  $F(1, 52) = 6.19, p < .02$ , ainsi qu'une absence d'interaction Groupe\*Age,  $F(1, 52) = 1.91, p = .17$ .

Le groupe REP a produit significativement plus de 2<sup>èmes</sup> bigrammes corrects (répétitions adjacentes: 26.8%) que le groupe BIG (bigrammes fréquents: 8.9%). Lorsque les classes d'âge sont considérées séparément, les performances du groupe REP (35.1%) demeurent significativement supérieures à celles du groupe BIG (11.3%) pour les 8 ans,  $F(1, 26) = 17.36, p < .01$ , tandis que les productions du groupe REP (18.4%) sont tendanciellement supérieures à celles du groupe BIG (6.5%),  $F(1, 26) = 3.42, p = .07$ , pour les 5 ans. Les enfants de 8 ans ont produit significativement plus de 2<sup>èmes</sup> bigrammes corrects (23.2%) que les enfants de 5 ans (12.5%). Dans le groupe REP, les performances

des 8 ans (35.1%) restent significativement supérieures à celles des 5 ans (18.4%),  $F(1, 26) = 6.35, p < .02$ , tandis que l'effet d'âge n'est pas significatif dans le groupe BIG,  $F < 1$ , malgré une performance supérieure des sujets les plus âgés (5 ans = 6.5%; 8 ans = 11.3%). Ainsi, le groupe REP produit plus de 2<sup>èmes</sup> bigrammes corrects que le groupe BIG quel que soit l'âge, et seules les performances du groupe REP augmentent significativement entre 5 et 8 ans.

Comme le montre le Tableau 26 présentant les comparaisons entre les proportions observées et théoriques, les productions de 2<sup>èmes</sup> bigrammes corrects du groupe BIG ne diffèrent pas significativement du hasard (8.3%), que l'on considère l'ensemble des sujets du groupe (8.9%),  $t < 1$ , ou uniquement les 5 ans (6.5%) ou les 8 ans (11.3%),  $t_s < 1$ . En revanche, pour l'ensemble du groupe REP (26.8%), les performances sont significativement supérieures au hasard (6.7%),  $t(27) = 5.56, p < .01$ , ainsi que pour les sujets les plus âgés (35.1%),  $t(13) = 7.43, p < .01$ , ou les plus jeunes,  $t(13) = 2.18, p < .05$ , analysés séparément.

Tableau 26: Comparaison entre les proportions observées et théoriques de 2<sup>èmes</sup> bigrammes corrects, en fonction du Groupe et de l'Age. (\* indique que la différence entre les proportions est significative à .05 ou .01)

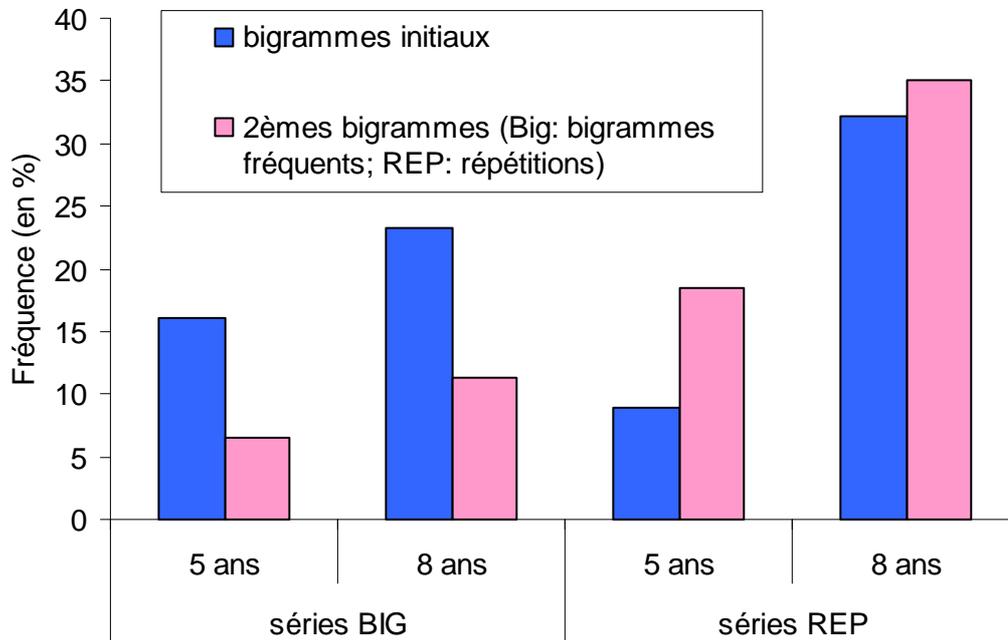
Unité	Groupe	Age	Proportions théoriques	Proportions observées	Test de Student
2ème bigramme correct (BIG: bigramme fréquent; REP: répétition)	BIG	tous		.089	$t < 1$
		5 ans	.083	.065	$t < 1$
		8 ans		.113	$t < 1$
	REP	tous		.268	* $t(27) = 5.56, p < .01$
		5 ans	.067	.184	* $t(13) = 2.18, p < .05$
		8 ans		.351	* $t(13) = 7.43, p < .01$

Ces résultats montrent que les 2<sup>èmes</sup> bigrammes des items d'étude sont appris lorsqu'ils sont saillants perceptivement, comme lorsque les éléments qui les composent se répètent dans les séries REP, alors qu'en l'absence d'une telle saillance, la seule fréquence d'occurrence élevée ne suffit pas au codage des 2<sup>èmes</sup> bigrammes des séries BIG.

2. Apprentissage concurrentiel des bigrammes initiaux et des bigrammes en 2<sup>ème</sup> position (séries BIG: bigrammes fréquents; séries REP: répétitions).

L'apprentissage concurrentiel des unités fréquentes (1ers et 2<sup>èmes</sup> bigrammes se recouvrant partiellement au sein des items d'étude) a été testé à travers d'une part, l'observation des fréquences de production (en %) des bigrammes initiaux et des (2<sup>èmes</sup>) bigrammes fréquents des séries exposées au

groupe BIG et d'autre part, celle des fréquences de bigrammes initiaux et de répétitions adjacentes (en 2<sup>ème</sup> position) des séries exposées au groupe REP. Les résultats sont présentés dans la Figure 58.



**Figure 58.** Fréquence moyenne de production (en %) des bigrammes initiaux et des bigrammes placés en deuxième position en fonction du Groupe (BIG et REP) et du groupe d'âge (5 et 8 ans).

Une ANOVA comprenant les facteurs inter-sujets Groupe (2) et Age (2) sur les fréquences de production des bigrammes en position initiale (au sein des items d'entraînement) ne révèle pas d'effet significatif du Groupe,  $F < 1$ , alors qu'un effet significatif de l'Age est observé,  $F(1, 52) = 7.64$ ,  $p < .01$ , dans le sens d'une meilleure performance pour les 8 ans (27.7%) que pour les 5 ans (12.5%). L'interaction Groupe\*Age n'apparaît pas significative,  $F(1, 52) = 2.14$ ,  $p = .15$ . Toutefois, lorsque le groupe BIG est analysé seul, l'effet de l'âge n'est plus significatif,  $F < 1$ , tandis qu'il le reste dans le groupe REP,  $F(1, 26) = 10.65$ ,  $p < .01$ , indiquant une forte hausse de la production des 1ers bigrammes corrects pour les 8 ans (32.1%) par rapport aux 5 ans (8.9%).

Comme le montre le Tableau 27, des comparaisons entre proportions observées et théoriques ont été effectuées. On peut y voir que si les groupes BIG et REP produisent globalement des 1ers bigrammes corrects significativement au-delà du hasard, respectivement  $t(27) = 2.72$ ,  $p < .012$  et  $t(27) = 2.94$ ,  $p < .01$ , la production des 5 ans du groupe BIG ne se différencie pas significativement du hasard,  $t(13) = 1.63$ ,  $p = .13$ , alors que les 8 ans montrent une tendance significative à en produire davantage que le hasard le prédit,  $t(13) = 2.16$ ,  $p = .05$ . Dans le groupe REP, les 5 ans présentent une performance au niveau du hasard,  $t < 1$ , alors que la production des 8 ans est significativement supérieure à la proportion théorique censée exprimer un tirage de couleurs au hasard,  $t(13) = 4.02$ ,  $p < .01$ .

Tableau 27: Comparaison entre les proportions observées et théoriques de 1<sup>ers</sup> bigrammes corrects, en fonction du Groupe et de l'Age. (\* indique que la différence entre les proportions est significative à .05 ou .01)

Unité	Groupe	Age	Proportions théoriques	Proportions observées	Test de Student
1ers bigrammes corrects	BIG	tous	.083	.196	* $t(27) = 2.72, p < .012$
		5 ans		.161	$t(13) = 1.63, p = .13$
		8 ans		.232	$t(13) = 2.16, p = .05$
	REP	tous		.205	* $t(27) = 2.94, p < .01$
		5 ans		.089	$t < 1$
		8 ans		.321	* $t(13) = 4.02, p < .01$

Ces résultats indiquent une augmentation globale du codage des 1ers bigrammes avec l'âge, en particulier dans le groupe REP, où cette unité est très peu produite par les plus jeunes.

Les comparaisons intragroupes entre les productions de 1ers bigrammes et de 2èmes bigrammes ne permettent pas d'appréhender statistiquement les différences que nous pouvons apprécier uniquement de manière descriptive grâce à la Figure 58. En effet, si le groupe BIG tend à produire davantage de 1ers bigrammes (19.6%) que de 2èmes bigrammes (8.9%) vus dans les items d'étude,  $t(27) = 1.85, p = .07$ , les différences observées séparément à 5 ans (1ers big = 16.1% et 2èmes big = 6.5%) et à 8 ans (23.2% et 11.3%) ne sont pas significatives, respectivement  $t(13) = 1.43, p = .17$  et  $t(13) = 1.23, p = .24$ . De même, la supériorité apparente des 2èmes bigrammes (18.4%) sur les 1ers bigrammes (8.9%) produits par les 5 ans du groupe REP n'apparaît pas significative,  $t(13) = 1.33, p = .20$ . Par conséquent, l'absence de différence constatée à 8 ans entre les productions de ces deux unités dans le groupe REP (1ers big = 32.1% et 2èmes big = 35.1%,  $t < 1$ ) perd de sa signification.

Toutefois, l'emploi d'un indice établissant la différence entre la production de 1ers et de 2èmes bigrammes (1ers bigrammes - 2èmes bigrammes) peut renseigner sur l'apprentissage concurrentiel de ces deux unités. Un avantage pour le codage des 1ers bigrammes se traduit par un indice positif, un codage identique par une valeur nulle, et la prégnance du codage des 2èmes bigrammes s'exprime par un score négatif.

Une ANOVA menée avec les facteurs Groupe (2) et Age (2) sur cette différence entre les 1ers et 2èmes bigrammes produits révèle un effet du Groupe significatif, indiquant une différence significative entre les groupes,  $F(1, 52) = 5.17, p < .03$ , et un renversement de l'indice, positif pour le groupe BIG (10.7%) et négatif pour le groupe REP (-6.25%). Lorsque les classes d'âge sont analysées séparément, le facteur Groupe tend à confirmer ces résultats pour les enfants de 5ans,  $F(1, 26) = 3.81, p = .06$ , avec un indice positif pour le groupe BIG (9.5%) et négatif pour le groupe REP (-9.5%). En revanche,

aucune différence significative n'est observée à 8 ans,  $F(1, 26) = 1.73$ ,  $p = .20$ , entre les indices, positif dans le groupe BIG (11.9%) et pourtant négatif pour le groupe REP (-3%).

Ces résultats, bien qu'en grande partie descriptifs, indiquent que l'apprentissage concurrentiel des unités fréquentes favorise le codage des bigrammes initiaux plutôt que celui en 2<sup>ème</sup> position dans les séquences quel que soit l'âge des sujets. Toutefois, lorsque le 2<sup>ème</sup> bigramme bénéficie d'une saillance perceptuelle particulière, son apprentissage est favorisé par rapport à celui du bigramme initial chez les sujets les plus jeunes, tandis que les sujets les plus âgés semblent coder ces deux unités conjointement.

### 3. Apprentissage des trigrammes initiaux.

La formation de chunks plus élaborés tels que des trigrammes a été testée à travers l'observation des fréquences de production (en %) des trigrammes vus en position initiale (à l'intérieur des items d'étude) pour les groupes BIG et REP et dans chaque classe d'âge, 5 ans et 8 ans. Les résultats sont présentés dans la Figure 59.

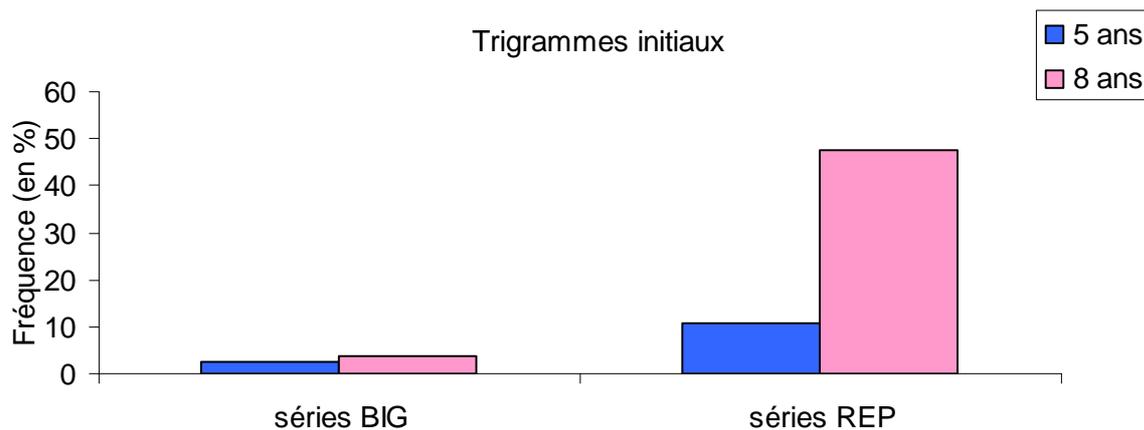


Figure 59. Fréquence moyenne de production (en %) des trigrammes vus en position initiale au sein des séries, en fonction du Groupe (BIG vs. REP) et du groupe d'âge (5 et 8 ans).

Une ANOVA a été conduite avec les facteurs inter-sujets Groupe (2) et Age (2) sur les fréquences de production des trigrammes corrects placés en première position dans les séquences d'apprentissage. Le facteur Groupe montre un effet significatif,  $F(1, 52) = 12.57$ ,  $p < .01$ , ainsi que le facteur Age,  $F(1, 52) = 6.65$ ,  $p < .05$ , et l'interaction Groupe\*Age,  $F(1, 52) = 5.84$ ,  $p < .05$ . Le groupe REP a produit significativement plus de trigrammes initiaux corrects (29.2%) que le groupe BIG (3%). Lorsqu'on analyse les groupes d'âge séparément, on observe que l'effet du Groupe reste significatif uniquement pour les enfants les plus âgés,  $F(1, 26) = 12.7$ ,  $p < .01$ , où le groupe REP (47.6%) continue à produire plus de trigrammes corrects que le groupe BIG (3.6%), tandis que les enfants les plus jeunes ne présentent pas de différence significative entre les groupes REP (10.7%) et BIG (2.38%),  $F(1, 26) =$

1.06,  $p = .31$ . Concernant les effets d'âge, les enfants de 8 ans (25.6%) montrent globalement des performances supérieures à ceux de 5 ans (6.5%). Cet effet d'âge reste significatif lorsque le groupe REP est analysé seul,  $F(1, 26) = 6.82$ ,  $p < .05$ , les 8 ans produisant plus de trigrammes initiaux corrects (47.6%) que les 5 ans (10.7%), alors que la différence de performance entre les jeunes et les plus âgés, respectivement 3.5% et 2.4%, n'est pas significative dans le groupe REP,  $F < 1$ . Le Tableau 28 présente les comparaisons entre les proportions observées et théoriques de 1ers trigrammes corrects produits par l'ensemble des sujets de chaque groupe, BIG et REP, et par classe d'âge.

Tableau 28: Comparaison entre les proportions observées et théoriques de 1ers trigrammes corrects, en fonction du Groupe et de l'Age. (\* indique que la différence entre les proportions est significative à .05 ou .01)

Unité	Groupe	Age	Proportions théoriques	Proportions observées	Test de Student
1ers trigrammes corrects	BIG	tous	.018	.030	$t < 1$
		5 ans		.024	$t < 1$
		8 ans		.036	$t < 1$
	REP	tous	.014	.292	* $t(27) = 3.56$ , $p < .01$
		5 ans		.107	$t(13) = 1.20$ , $p = .25$
		8 ans		.476	* $t(13) = 3.90$ , $p < .01$

Les résultats aux tests de Student montrent que les 1ers trigrammes corrects des items présentés au groupe BIG ne sont pas produits significativement au-delà du hasard (1.8%), par l'ensemble des sujets exposés aux séries BIG (3%),  $t < 1$ . Cela se vérifie pour les 5 ans (2.4%) et les 8 ans (3.6%) analysés séparément,  $t_s < 1$ . En revanche, pour l'ensemble du groupe REP (29.2%), les trigrammes initiaux des séquences d'étude sont produits significativement au-delà du hasard (1.4%),  $t(27) = 3.56$ ,  $p < .01$ . Toutefois, l'analyse séparée des groupes d'âge indique que seuls les sujets les plus âgés produisent ces unités au-delà du hasard (47.6%),  $t(13) = 3.90$ ,  $p < .01$ , contrairement aux plus jeunes (10.7%),  $t(13) = 1.20$ ,  $p = .25$ . Ces résultats montrent que seuls les sujets les plus âgés du groupe REP ont appris de manière significative les trigrammes initiaux des séquences d'étude.

## Discussion

Cette dernière expérience avait pour objectif d'examiner si le caractère saillant des propriétés de surface du matériel contribuait efficacement à leur apprentissage, en plus de leur fréquence statistique. Dans une première partie, nous avons observé les différences d'apprentissage entre unités fréquentes et unités de même fréquence et saillantes perceptivement, introduites à la même position au sein de deux séries items distributionnellement proches. Nous nous sommes intéressés ensuite à

l'influence de la saillance sur la guidance de la segmentation et la sélection des unités perceptives, à travers l'apprentissage concurrentiel des unités qui composent les séries. Pour terminer, les conditions propices à la formation de chunks plus élaborés ont été investiguées à travers les productions d'enfants de 8 ans, tandis que les productions des 5 ans devaient davantage refléter les premières étapes de l'appréhension des séquences.

*L'Influence de la saillance et des régularités statistiques dans l'apprentissage implicite de séquences.*

En accord avec le statut perceptif particulièrement saillant de la répétition (Attneave, 1954), il a été montré à plusieurs reprises que la présence d'éléments répétés à l'intérieur de séquences offrait un bénéfice d'apprentissage significatif par rapport à d'autres caractéristiques structurantes du matériel (Endress et al., 2007; Marcus et al., 1999; Monaghan & Rowson, 2008). Ainsi, lors des expériences précédentes, nous avons suggéré que la saillance des répétitions avait permis leur apprentissage, sans toutefois clairement discriminer le rôle de cette saillance, du fait que ces unités présentaient également des fréquences d'occurrences élevées au sein des séries d'entraînement. Afin d'éclaircir ici la contribution respective de la saillance et de la fréquence statistique élevée, des séries REP favorisent la présence de répétitions adjacentes saillantes (JJ par exemple), tandis que des séries BIG remplacent ces répétitions par des bigrammes sans éléments répétés (BJ par exemple), tout en respectant les propriétés distributionnelles des séquences.

Les résultats montrent que les répétitions des séries REP sont apprises, tandis que les bigrammes "non répétés" présentant les mêmes fréquences et positions au sein des séries BIG ne sont pas produits significativement au-delà du hasard. Ainsi, il apparaît que l'effet de saillance peut être clairement discriminé d'un effet de fréquence, ce dernier n'ayant pas permis à lui seul le même apprentissage dans les conditions d'entraînement de l'Expérience 5. Ces résultats ne remettent évidemment pas en cause l'intervention des régularités statistiques dans la formation des unités apprises dans les tâches de grammaire artificielle (e.g., Dulany et al., 1984; Perruchet & Pacteau, 1990; Servan-Schreiber & Anderson, 1990). D'ailleurs, la fréquence des répétitions dans les séries REP était élevée, et lors des expériences précédentes incluant un groupe contrôle, nous avons observé qu'en l'absence d'une certaine fréquence d'occurrence élevée, la présence de répétitions n'a pas suffi à leur apprentissage.

Afin de mieux comprendre cette différence d'apprentissage, il est nécessaire de considérer les autres unités qui composent les séries BIG et REP, pour déterminer quelles sont les influences qui ont guidé la segmentation du matériel et conduit à la sélection des répétitions dans les séries REP, mais pas à celle des bigrammes fréquents à la même position dans les séries BIG.

*Segmentation du matériel et sélection des unités perceptives.*

De nombreux travaux suggèrent une segmentation des items présentés lors de la phase d'entraînement (Mathews et al., 1989; Meulemans & Van der Linden, 1997a; Perruchet, 1994;

Perruchet & Pacteau, 1990; Perruchet et al. 1992; Reber & Allen, 1978; Servan-Schreiber & Anderson, 1990). Le mécanisme responsable a été décrit dans le modèle "PARSER" pour l'apprentissage d'un langage artificiel (Perruchet & Vinter, 1998b). Il y est indiqué que le matériel entrant dans un focus attentionnel déclenche automatiquement un processus de segmentation. Cette segmentation peut opérer au hasard ou alors être guidée par des propriétés maximisant l'attention du sujet. Parmi ces propriétés, la saillance perceptive attire l'attention du sujet dès les premières confrontations au matériel, alors que la fréquence statistique nécessite certainement davantage de temps pour remplir le même rôle. Dans les séries BIG et REP, les bigrammes initiaux possèdent la même fréquence que, respectivement, les bigrammes et les répétitions en 2<sup>ème</sup> position au sein des items d'étude. Toutefois, les bigrammes initiaux recouvrent partiellement les bigrammes et répétitions en 2<sup>ème</sup> position. Un apprentissage concurrentiel a été prédit, en particulier chez les 5 ans dont les productions reflèteraient davantage les étapes de segmentation de base, plutôt que la formation de chunks plus élaborés regroupant plusieurs bigrammes.

Les résultats des sujets les plus jeunes révèlent que dans les séries BIG, les bigrammes initiaux, saillants positionnellement, sont mieux appris que ceux se trouvant en 2<sup>ème</sup> position, alors que dans les séries REP, lorsque le 2<sup>ème</sup> bigramme est saillant perceptivement, il est mieux appris que le bigramme initial, malgré la saillance positionnelle de ce dernier.

Comme nous l'avons prédit, la saillance positionnelle a guidé la segmentation autour des bigrammes initiaux plutôt que des 2<sup>èmes</sup> bigrammes dans les séries BIG, alors que la saillance perceptive a favorisé la sélection des répétitions plutôt que celle des bigrammes initiaux lors de l'exposition aux séries REP. Ces résultats supposent une influence de la saillance intervenant en amont des régularités statistiques, puisque plus l'unité est saillante, plus elle est susceptible d'être apprise, à fréquence d'occurrence égale (perceptivement > positionnellement > statistiquement). Ainsi, conformément à ce que propose le modèle SOC (Perruchet & Vinter, 2002), les unités saillantes obtiendraient davantage l'attention des sujets et formeraient des unités cognitives isomorphes à la situation. Toutefois, la fréquence élevée des unités saillantes reste nécessaire à la consolidation des unités cognitives qui en résultent, pour changer de manière stable les représentations conscientes de la situation et permettre les adaptations comportementales des sujets.

D'autres types d'information que la structure statistique du matériel sont donc utilisés par les participants lors d'une exposition à des séquences. Par exemple, Perruchet et Tillmann (2010) observent que la "ressemblance" de certaines parties des séquences à de véritables mots aide à leur formation. Pour ces auteurs, cette ressemblance est sans doute liée à de multiples facteurs, comme des propriétés répondant à des principes de type gestaltiste, propices à la formation d'unités perceptives, ou encore à l'expérience de la langue maternelle. Ceci conférerait à ces unités une saillance comparable à celle que nous prêtons dans cette expérience aux répétitions.

Kruschke (2010) suggère que si l'attention joue un rôle dans le cas de l'apprentissage associatif, la saillance doit avoir un effet sur ce type d'apprentissage, puisqu'elle est elle-même définie par une

capacité à attirer l'attention. Toutefois, compte tenu de capacités attentionnelles limitées, l'attention n'est probablement pas capturée par l'intégralité des éléments qui composent le stimulus. En effet, Kruschke (2010, c.f. Larrauri & Schmajuk, 2008) souligne le fait que: "le terme sélective", rattaché à la notion d'attention, "se rapporte au fait d'amplifier et/ou atténuer différemment un sous-ensemble des composants d'un stimulus. Cette sélectivité au sein du stimulus est différente d'atténuer ou d'amplifier tous les aspects d'un stimulus simultanément." Ainsi, l'apprentissage concurrentiel des fragments d'items que nous avons observé peut s'interpréter en termes d'accentuation des parties les plus saillantes et d'inhibition de celles obtenant moins d'attention.

Dans le cadre du paradigme de temps de réaction sériel (SRT), Jiménez et Méndez (1999) font le lien entre le fait de prédire l'apparition du prochain stimulus à partir des positions précédentes et les associations "action-réponse" dans les études sur le conditionnement. Ainsi, des effets de "blocage" bien connus dans ce domaine d'étude et mettant directement en cause des contraintes attentionnelles (e.g., Kamin, 1969; Mackintosh, 1975), interviendraient probablement de la même manière lors de l'apprentissage de séquences.

Dans notre cas, nous pouvons suspecter l'influence d'effets de blocage pour certaines associations faisant intervenir des primitives déjà impliquées dans les associations formées en premier du fait de leur saillance particulière (voir Perruchet & Vinter, 1998a, p.510). Lors de l'exposition à une séquence BJV, composée en partie d'un bigramme initial (BJ) et d'un second bigramme (JV), la saillance positionnelle du 1<sup>er</sup> bigramme participerait à ce que l'association B + J = BJ soit la première formée. De ce fait, l'association J + V = JV pourrait être "bloquée" par le fait que précédemment, J était le "résultat" de "l'action" de B. Dans le cas des séries REP, confronté à une séquence débutant par le trigramme BJJ, la saillance perceptive de la répétition aiderait à la formation première de l'association J + J = JJ, et bloquerait dans un premier temps toute autre association contenant J, comme lors de la formation du premier bigramme B + J = BJ.

Enfin, une fois les premières unités cognitives formées de manière stable et devenues à leur tour les "primitives" perceptives de base, on peut se demander si la redondance des primitives pourrait aider à la formation d'unités plus élaborées.

#### Formation de chunks plus élaborés.

Les tentatives de dissociation entre la force associative des items et la règle sous-jacente ont suggéré leur intervention conjointe dans les performances de jugement de grammaticalité (Knowlton & Squire, 1996), en fonction du nombre d'items présentés (Meulemans & Van der Linden, 1997a) ou de la complexité du matériel à traiter (Tunney & Altmann, 2001). L'âge des participants pourrait également contraindre l'appréhension du matériel, les plus jeunes étant moins susceptibles d'engager des processus sophistiqués d'abstraction (e.g., Case 1985; Fischer 1980). Dans une perspective où la différence de connaissance acquise pourrait s'interpréter en termes de formation progressive de chunks de plus en plus grands en fonction de la situation (Perruchet & Pacteau, 1990; Servan-Schreiber &

Anderson, 1990), ceux formés par les sujets plus âgés devraient être plus élaborés que ceux appris par les plus jeunes, du fait de limitation du focus attentionnel plus importante chez ces derniers (Cowan, 2001; Oberauer, 2002; Pascual-Leone & Baillargeon, 1994). Ainsi, nous avons fait l'hypothèse que la formation des trigrammes initiaux ne concernerait que les enfants les plus âgés de notre expérience, l'appréhension du matériel par les plus jeunes se limitant aux premières étapes de segmentation avec des associations plus élémentaires.

Les résultats indiquent une absence de formation des trigrammes initiaux chez les enfants les plus jeunes, quel que soit le groupe, tandis que les sujets les plus âgés ont appris les trigrammes initiaux des séquences, mais uniquement dans le groupe REP. Si on accepte que les performances de ces deux classes d'âge reflètent les étapes intervenant chez un même individu, nos données confirment une construction hiérarchique de la connaissance, de fragments de plus en plus grands (Perruchet & Pacteau, 1990; Servan-Schreiber & Anderson, 1990), au moins jusqu'aux trigrammes. En effet, l'augmentation de la taille des chunks serait toutefois limitée, et laisserait ensuite place à une réduction du nombre de chunks formés, témoignant d'une segmentation optimale (Perruchet & Vinter, 1998a).

Par ailleurs, la formation progressive d'unités cognitives isomorphes à la situation (Perruchet & Vinter, 2002) s'observe également à travers les performances des 5 ans et des 8 ans dans le groupe REP. La saillance perceptive qui, à 5 ans, a permis de guider les frontières de la segmentation autour de la répétition, et ainsi à concurrencer la formation du 1<sup>er</sup> bigramme, favorise ensuite la formation du trigramme associant ces deux unités chez les enfants de 8 ans. En considérant ces deux patterns comme les étapes successives chez un même individu, on peut envisager que la saillance particulière de la répétition participe à ce que l'unité cognitive qui en résulte devienne rapidement une primitive de base facilitant l'association avec un autre élément fréquent adjacent, la 1<sup>ère</sup> couleur. En effet, d'un point de vue associatif, deux éléments similaires sont facilement mis en relation (répétition, JJ) et trois éléments, dont seulement deux sont distincts (BJJ), sont plus faciles à associer que trois distincts (BJV).

Pour conclure, les modèles théoriques prônant un apprentissage des propriétés de surface du matériel (Perruchet, 1994; Perruchet & Vinter, 2002) rendent compte du rôle de la saillance. La manière dont elle est définie par Kruschke (2005) confirme l'implication de l'attention dans les processus à la base de l'apprentissage implicite (e.g., Jiménez & Méndez, 1999; Jiang, & Chun; 2001; Tanaka et al., 2008). De plus, l'apprentissage concurrentiel des différents fragments des séquences met en évidence des effets d'accentuation et d'inhibition ou de blocage, précisant le caractère "sélectif" de l'attention sollicitée. Par ailleurs, la formation progressive des unités cognitives à la base de l'apprentissage suggère l'intervention de processus associatifs opérant sur les unités traitées conjointement dans le focus attentionnel (Perruchet & Vinter, 2002), plutôt que de processus d'abstraction plus sophistiqués (Reber, 1967). Ainsi, accentuer "perceptivement" certains événements en les indiquant (par surbrillance, soulignement, exagération de leur taille, ou encore en mettant de la

même couleur les évènements à associer), ou "positionnellement" en les plaçant en début de séquences, peut favoriser leur appréhension et contribuer à leur apprentissage implicite. Toutefois, des capacités attentionnelles limitées impliquent que l'accentuation de certaines parties saillantes induira l'inhibition d'autres unités, au moins dans les premières étapes de la construction d'unités cognitives.

# **DISCUSSION GENERALE**

### **III. DISCUSSION GENERALE:**

#### **Discussion générale:**

Ce travail de thèse avait pour objectif d'examiner l'apprentissage des propriétés saillantes spécifiques aux items d'étude par rapport à l'acquisition de la structure grammaticale commune à l'ensemble des séquences utilisées dans des tâches d'apprentissage de GA. Par ce moyen, nous avons tenté de départager quelques uns des principaux modèles théoriques de l'apprentissage implicite à travers différentes prédictions qui découlaient de leurs positions respectives. Une approche développementale et psychopathologique a été adoptée afin d'une part, d'enrichir le corpus de littérature relativement mince concernant les études menées dans ces perspectives, et d'autre part, d'investiguer le postulat de robustesse à propos des processus implicites (Reber, 1993), notamment face au développement et au niveau intellectuel. Ce fut également l'occasion de tester, lorsque la procédure garantit au mieux la nature implicite des processus et permet une préservation des capacités d'AI, si des profils de résultats différents émergent toutefois en fonction de l'âge et du niveau intellectuel. Nous avons également cherché à vérifier dans quelle mesure des effets d'âge et une altération des performances face au retard mental pouvaient se manifester lorsque la procédure est perméable aux influences explicites. Pour terminer, nous avons cherché à savoir plus précisément quelles propriétés du matériel intervenaient lors de son appréhension et de quelle manière elles interagissaient lors de la guidance de la sélection de l'information à encoder et de la formation de la connaissance.

Nous discuterons ces différents points au regard des résultats des 5 expériences présentées dans cette thèse, avant de proposer quelques axes de réflexion concernant des pistes de travail et la nécessité de faire appel à une conception "hybride" et adaptative des phénomènes d'apprentissage implicite.

#### **Modèles théoriques de l'apprentissage implicite: une tentative de les départager.**

Perruchet et Nicolas (1998) soulignent le fait que concernant les premiers travaux sur l'AI (e.g., Berry & Broadbent, 1984; Nissen & Bullemer, 1987; Reber, 1967), les remises en cause ne concernent pas les résultats eux-mêmes mais leur interprétation initiale en terme d'abstraction inconsciente de la structure des situations, et alimentent encore aujourd'hui "un champ de recherche en plein développement". Ce constat confirme d'une part, la robustesse des phénomènes d'AI quelle que soit la procédure expérimentale et témoigne d'autre part, de la difficulté à rendre compte de manière satisfaisante de l'ensemble des résultats observés dans ce domaine. Nicolas (1996, p.487) a proposé que mettre en compétition l'abstraction inconsciente de règles et la mémoire de petits éléments spécifiques constitue une bonne issue pour la poursuite des recherches. Comme il le précise,

cette approche semble donner plutôt raison à la seconde position (e.g., Dulany et al., 1984; Perruchet, 1994; Perruchet & Pacteau, 1990, Servan-Schreiber & Anderson, 1990).

A travers différentes hypothèses formulées à partir de quatre des principaux modèles théoriques de l'AI, nous avons donc comparé la sensibilité des participants aux unités saillantes spécifiques au matériel d'étude à l'apprentissage de règles communes à l'ensemble des séries. Les résultats ont globalement révélé que les sujets ont été sensibles aux propriétés du matériel composant leur expérience phénoménologique et le contenu de leur focus attentionnel (Perruchet & Vinter, 2002). Contrairement à ce que Poletiek et van Schijndel (2009) ont mis en évidence, cet apprentissage a opéré de manière équivalente pour l'ensemble des séries, indépendamment du taux de recouvrement statistique de la grammaire. Ces résultats argumentent donc en faveur des modèles proposant l'apprentissage des propriétés spécifiques des items d'étude dans le cas de l'apprentissage de GA (Johansson, 2009), en accord avec les positions de Brooks (1978), Perruchet (1994), et Perruchet et Vinter (2002). Ces résultats peuvent être difficilement expliqués par la conception abstractionniste (Reber, 1967, 1989), supposant l'apprentissage de la structure grammaticale du matériel, et non de ses propriétés superficielles (Reber & Lewis, 1977).

Nous avons également observé d'autres des résultats tout à fait contradictoires avec l'idée d'abstraction de règles grammaticales. L'apprentissage par le groupe contrôle des bigrammes corrects dans l'Expérience 1 et des répétitions adjacentes correctes dans l'Expérience 2 est effectivement difficile à expliquer par le modèle de Reber (1967), puisque cela revient à apprendre des items non grammaticaux. Par contre, dans le cas d'un matériel suffisamment restreint en nombres d'exemplaires (Brooks, 1978) ou de fragments composant les séries d'entraînement (Perruchet, 1994; Perruchet & Vinter, 2002), la présence de ces unités au sein des séries, bien qu'aléatoires, permet plus facilement aux autres modèles de rendre compte de leur apprentissage.

Rappelons que dans les Expériences 1 et 2, la même phase d'apprentissage implicite a été administrée aux participants, mais alors que, dans l'Expérience 1, un test de génération implicite limitait les influences conscientes intervenant pendant la tâche (Vinter & Perruchet, 1999), l'Expérience 2 faisait appel à des tâches de génération explicite et de reconnaissance propices à l'intrusion de contaminations explicites (Gardiner & Java, 1989). Ainsi, malgré des phases d'entraînement identiques, certains apprentissages (1ère couleur, position des répétitions ADJ...) ont été révélés dans l'Expérience 2 bien qu'ils n'apparaissaient pas dans l'Expérience 1. L'emploi de consignes explicites (Expérience 2) a sollicité des mécanismes de récupération d'informations encodées pendant la phase d'étude qui n'avaient pas été produites de manière non intentionnelle auparavant (Expérience 1). Ceci suggère une connaissance au moins en partie consciente et fragmentée. Le modèle fragmentariste (Perruchet, 1994), et encore davantage le modèle SOC (Perruchet & Vinter, 2002), se sont révélés les plus appropriés pour rendre compte de l'ensemble des résultats, mais également des différences observées entre les expériences.

La sensibilité aux structures répétitives (répétitions incorrectes) n'exclut toutefois pas l'éventualité de processus d'abstraction chez l'enfant. Cependant, si la production de ces relations indépendamment des caractéristiques superficielles pourrait s'apparenter au phénomène de transfert de la structure profonde du matériel (Gomez & Gerken, 1999), on peut également en rendre compte par une forme d'abstraction des spécificités du matériel d'étude (e.g., Brooks & Vokey, 1991, Servan-Schreiber, 1991, Lotz & Kinder, 2006). Les résultats concernant les répétitions correctes laissent penser que les processus d'apprentissage étaient liés aux propriétés de surface du matériel d'étude, et non à sa structure sous-jacente. Cette contradiction ébranle fortement l'hypothèse abstractionniste. Toutefois, nous n'avons pas pu écarter l'idée d'une abstraction de règles dans le cas d'une structure simple (Tunney & Altmann, 2001), la structure ADJ pour les enfants les plus âgés (e.g., Case, 1985; Fischer, 1980) dans l'Expérience 1.

On peut supposer que cette modification à travers les âges reflète les différentes étapes par lesquelles un individu évoluerait pendant un épisode d'apprentissage implicite lorsque celui-ci dure suffisamment longtemps au regard de la complexité du matériel à apprendre. Manza et Reber (1997) ont proposé que le traitement de l'information dans une tâche d'apprentissage implicite débute à un bas niveau, relatif à la "forme physique" du matériel, et se poursuit à un niveau plus élevé, correspondant à la forme abstraite du matériel. L'abstraction de structures grammaticales peut ainsi être considérée comme résultant d'une certaine quantité d'expérience avec les caractéristiques superficielles du matériel, guidée par les unités saillantes statistiquement et "perceptuellement". Puisque les jeunes enfants sont moins susceptibles que les plus âgés d'engager des processus d'abstraction (e.g., Case, 1985; Fischer, 1980), ils n'atteindraient pas l'étape d'abstraction finale dans les mêmes conditions que des enfants plus âgés. Cette hypothèse impliquerait que des durées d'étude plus longues, ou des conditions d'apprentissage moins complexes, pourraient permettre aux enfants les plus jeunes d'engager plus facilement des processus d'abstraction. Cette suggestion pourrait être testée dans des expériences à venir.

Une autre explication plus parcimonieuse, dont peuvent rendre compte les modèles en faveur d'un traitement des stimuli spécifiques de la phase d'étude, peut être proposée concernant les performances des enfants de 8 ans. Il est concevable que les unités adjacentes saillantes perceptivement aient guidé l'attention des sujets, favorisant ainsi l'apprentissage par la mise en œuvre de processus associatifs (Perruchet & Vinter, 2002). Se peut-il que l'exposition aux répétitions adjacentes ou non adjacentes se résume, à un niveau phénoménologique, à être confronté à de la répétition sans autre nuance? Ces unités répétitives auraient influencé le comportement des enfants lorsqu'il leur a été demandé de générer des séquences de couleurs. Générer des répétitions non-adjacentes représenterait un compromis entre cette sensibilité à la répétition et une préférence comportementale spontanée s'y opposant, puisque les unités non-ADJ introduisent plus de variation dans la séquence que les répétitions adjacentes. Une telle diminution de contraintes pourrait être la conséquence d'une plus grande flexibilité procédurale observée chez les enfants les plus âgés comparés aux plus jeunes

(Karmiloff-Smith, 1992; Picard & Vinter, 1999; Vinter & Marot, 2007). Cette explication peut également rendre compte du fait que les enfants exposés aux unités non-ADJ dans le groupe non-ADJ n'ont pas produit d'unités ADJ, étant donné que ces unités sont moins compatibles avec la tendance comportementale naturelle à éviter les répétitions.

Nous voyons qu'il n'est pas simple de réfuter la possibilité d'une abstraction de règles. Ceci est probablement dû, en partie, au fait que des processus d'abstraction, bien qu'agissant sur différentes bases de connaissances autres que les règles (e.g., Brooks & Vokey, 1991; Servan-Schreiber, 1991; Gomez et al., 2000; Perruchet & Vinter, 2002), donnent l'impression de connaissances sous-jacentes habituellement rattachées à la structure profonde de la situation (e.g., Reber, 1969). La seconde raison tient peut-être au fait que la règle et les autres formes de connaissance (exemplaires, fragments ou chunks) sont indissociables puisque ces dernières sont les produits de la première. Une conception selon laquelle des processus associatifs participent à la construction progressive des représentations isomorphes à la situation (Perruchet & Vinter, 1998a, 1998b, 2002) conduit inévitablement à ce que les formats de connaissance soient de moins en moins dissociables des règles. Pour ces raisons, une approche "temporelle" de la formation de la connaissance peut constituer une issue favorable à la poursuite des travaux dans le domaine de l'AI.

En effet, il peut être intéressant d'observer la construction progressive de la connaissance pendant la phase d'apprentissage. Pour cela, la tâche ne serait plus composée de deux phases distinctes (phase d'étude / phase test) comme nous en avons l'habitude. Nous pourrions par exemple proposer une phase d'étude plus longue qui constituerait l'entièreté de la tâche. A l'intérieur de celle-ci, des séquences seraient manquantes aux temps t(10), t(15), t(25)...(10, 15 et 25 indiquant le nombre d'expositions à des drapeaux de la série grammaticale), pour lesquelles l'enfant recevrait une consigne de génération implicite du type: "Oh regarde, ce panda a oublié de prendre son drapeau, il lui faut un joli drapeau comme les autres pandas pour participer au tournoi, aide-le à construire un joli drapeau pour que lui aussi puisse participer!"

De par le respect de la NPP (Vinter & Perruchet, 1999), ce type de consigne peut être administré au cours de l'apprentissage sans solliciter de processus intentionnels de "testing d'hypothèses", puisque la neutralité des consignes évite la centration explicite sur l'objet de l'apprentissage. Toutefois, il reste à limiter au maximum le temps d'exposition du sujet à ses propres productions, qui comporteront inévitablement des erreurs dont nous connaissons l'effet délétère sur les performances d'apprentissage implicite (e.g., Baddeley & Wilson, 1994; Perruchet et al., 2006). De cette manière, nous pourrions observer les différents états de connaissance en fonction de la quantité d'exposition au matériel grammatical et ainsi tester si la "taille" du corpus grammatical exposé conduit à une sensibilité aux règles (Tunney & Altmann, 2001) ou non (Poletiek & van Schijndel, 2009), et si cela passe effectivement par une construction progressive des représentations du matériel (Perruchet & Vinter, 2002).

L'ensemble des résultats suggère une interaction complexe entre influences implicites et explicites, hautement sensible au contexte. Les processus impliqués dans l'AI sont sollicités dès que les individus interagissent de façon répétée avec des situations stables et structurées, sans rechercher intentionnellement à s'adapter à ces situations, les traitant cependant de manière attentionnelle. La plupart de nos activités de vie quotidienne, mêmes celles faisant l'objet d'un enseignement explicite (voir Pacton et al., 2001), reposent sur des apprentissages implicites. Des influences conscientes sont susceptibles d'intervenir dès que les consignes exigent une récupération explicite de l'information ou, pour reprendre le concept de Karmiloff-Smith (1992), dès qu'un certain type de redescription représentationnelle est nécessaire. Les modèles exemplariste (Brooks, 1978), fragmentariste (Perruchet, 1994) et SOC (Perruchet & Vinter, 2002), peuvent rendre compte des résultats relatifs à l'âge par la réactivation durant la phase test de processus conscients impliqués, respectivement, dans la mémorisation d'exemplaires ou dans le traitement attentionnel qui opère en phase d'entraînement. En effet, ces trois modèles suggèrent une nature, au moins en partie, consciente de la connaissance acquise. Ceci suffit à rendre compte d'un possible accès conscient à l'information lorsque les demandes de la tâche le permettent. Concernant la position abstractionniste (Reber, 1967, 1989), l'accès conscient à l'information semble moins évident, de par la nature inconsciente des processus d'abstraction et de la connaissance ainsi acquise. Toutefois, des processus de redescription représentationnelle (Karmiloff-Smith, 1992) pourraient conduire à une prise de conscience d'une information dont le codage a pourtant fait l'objet de mécanismes d'abstraction inconscients. Mais cette dernière hypothèse apparaît peu parcimonieuse, et peu plausible pour rendre compte de résultats obtenus dans un délai relativement réduit. Cette conclusion met un modèle développemental tel que celui proposé par Karmiloff-Smith (1992) en difficulté. Ce modèle suggère que la première phase atteinte dans chaque domaine de compétence résulte d'interactions répétées avec l'environnement et conduit à la formation d'une connaissance encodée de manière procédurale, ou implicite, qui contient les règles sur lesquelles reposent les connaissances propres à cet environnement. Cette connaissance implicite rendrait compte du niveau de maîtrise comportemental manifesté par l'enfant dans divers micro-domaines après quelques semaines (ou mois ou années) d'échanges avec son environnement. Nos résultats ne coïncident pas avec la notion de connaissance implicite à la base d'un processus de redescription représentationnelle (voir également Vinter & Perruchet, 1994).

#### Apprentissage implicite et robustesse: quelles sont les conditions requises?

Afin de répondre aux exigences du champ d'étude de l'apprentissage implicite, nous avons choisi de suivre les recommandations de la NPP (Vinter & Perruchet, 1999) dans le but de limiter l'intervention de traitements conscients durant la tâche. De cette manière, l'adaptation comportementale attendue devait être plus facilement imputable à l'action de traitements inconscients. L'application des critères de neutralité devait également nous permettre de confirmer les postulats de robustesse des processus implicites (Reber, 1993) liés à la population à laquelle nous nous sommes

intéressés, l'enfant tout-venant en développement et l'enfant présentant un retard mental. Toutefois, si des travaux s'intéressant à ces populations ont déjà confirmé l'invariabilité des capacités d'AI face à l'âge (Vinter & Perruchet, 1999, 2000) et au retard mental (e.g., Vinter & Detable, 2003, 2008) à l'aide d'une procédure adoptant la NPP, la spécificité graphomotrice de cette tâche nécessitait de reproduire ces résultats à l'aide d'un paradigme communément utilisé dans ce domaine, à savoir une tâche de GA. Par ailleurs, nous avons voulu vérifier si l'intrusion d'influences explicites était bien responsable de la variabilité des performances qui ressort de certaines études en fonction de l'âge et du niveau intellectuel des sujets (Fletcher et al., 2000; Maybery et al., 1995), comme certaines critiques l'ont suggéré (Meulemans, 1998a; Vinter et Perruchet, 1999).

Les capacités d'apprentissage implicite ont été testées à travers une tâche de GA dont le test consistait en une génération implicite de séquences de couleurs chez l'enfant tout-venant âgés de 5 à 8 ans (Expérience 1) et chez l'enfant présentant un retard mental (Expérience 3), ainsi qu'en remplaçant le test par une génération explicite et une reconnaissance des drapeaux d'étude chez ces mêmes populations (respectivement Expériences 2 et 4). Dans le cas de la génération implicite, la procédure respectait les critères de la NPP, limitant les contaminations conscientes, alors que dans le cas de la génération explicite et de la reconnaissance, les consignes de test sont connues pour solliciter des processus de récupération intentionnelle d'information susceptibles de réactiver les influences conscientes intervenant pendant l'apprentissage.

- Face au développement.

La majorité des travaux menés dans une perspective développementale suggère une invariabilité des capacités d'AI avec l'âge (e.g., Meulemans et al., 1998; Vinter & Perruchet, 2000), en accord avec le postulat de Reber (1993). Les performances à la tâche de génération implicite (Expérience 1) ont globalement montré une invariabilité avec l'âge lorsque les influences conscientes sont minimisées pendant la tâche. En revanche, la tâche de reconnaissance et celle de génération explicite (Expérience 2) font appel à des processus conscients de récupération de l'information (Gardiner & Java, 1993), les consignes faisant explicitement référence à la phase d'entraînement. Nous avons suggéré que des effets de l'âge devraient émerger à la suite de ces tests, sans être toutefois aussi systématiques que ceux obtenus en tâches explicites (e.g., Greenbaum & Graf, 1989; Isingrini et al., 1995). Les résultats ont révélé que des effets d'âge ont émergé uniquement dans le groupe expérimental et dans les groupes où un apprentissage spécifique était attendu, et ce davantage pour les unités saillantes d'un point de vue perceptif (ADJ et non-ADJ) ou positionnel (1ère couleur et 1ers trigrammes) que pour les unités plus "neutres" (bigrammes et trigrammes grammaticaux). Par ailleurs, les effets d'âge de l'Expérience 2 étaient particulièrement significatifs en génération explicite mais bien moins en reconnaissance.

Ainsi, l'emploi d'une procédure hautement implicite limitant les intrusions conscientes a favorisé l'invariabilité des performances d'AI face au développement, tandis que des effets d'âge ont

été observés dès qu'on ne garantissait plus l'imperméabilité de la procédure aux contaminations explicites, en dépit d'une phase d'apprentissage identique. D'une part, ces données confirment le postulat de Reber (1993) ainsi que les études attestant de la robustesse des processus implicites en fonction de l'âge des sujets (Fisher, 1997; Karatekin et al., 2007; López-Ramón, 2007; Meulemans et al. 1998; Roter, 1985, cité par Reber, 1993; Thomas & Nelson, 2001; Vinter & Perruchet, 2000). D'autre part, les effets d'âge constatés dans l'Expérience 2 suggèrent que les résultats de Fletcher et al. (2000) et de Maybery et al. (1995) sont probablement la conséquence de processus conscients intervenant dans leurs procédures (Meulemans 1998a; Vinter & Perruchet, 1999).

Un argument allant également dans ce sens provient du fait que les effets les plus significatifs émergent suite au test de génération explicite, sollicitant majoritairement des processus de récupération explicite, tandis que l'effet est beaucoup moins marqué dans le cas de la reconnaissance qui, certes, sollicite en partie ce même type de processus de récupération, mais s'appuie également sur un sentiment de familiarité impliquant probablement des processus de mémoire implicite. Enfin, on peut également évoquer le fait que les effets d'âge concernent davantage les performances relatives aux productions d'unités saillantes. Celles-ci fourniraient probablement une représentation consciente plus stable lors de la phase de découverte du matériel (Perruchet & Vinter, 2002) et seraient réactivées plus efficacement par les processus de récupération intentionnelle sollicités en phase test, en particulier chez les enfants les plus âgés.

Cependant, les observations que nous faisons ici n'impliquent pas que les performances d'apprentissage implicite soient toujours indépendantes de l'âge. Pour preuve, l'essor considérable des travaux indiquant un déclin des performances avec le vieillissement lorsque le matériel d'apprentissage utilisé est complexe (e.g., Howard & Howard, 1997; Howard, Howard, Dennis, & Yankovith, 2007). Par ailleurs, Murphy, McKone et Slee (2003) ont suggéré que des effets de l'âge pourraient émerger dans des tâches de mémoire implicite lorsque la base de connaissance sur laquelle repose la tâche est elle-même sujette au développement.

- Face au niveau intellectuel.

La dissociation entre les processus explicites et implicites (Reber, 1993; Reber et al., 1999; Reber & Allen, 2000) est également soutenue par les études attestant de la robustesse des capacités reposant sur les processus implicites face au niveau intellectuel, contrairement aux capacités mobilisées dans les tâches explicites. Conformément au postulat de Reber (1993), ce pattern de performances est majoritairement présent dans les études concernant l'apprentissage (Atwell et al., 2003; Detable & Vinter, 2003; López-Ramón et al., 2009; McGeorge et al., 1997; Myers & Conner, 1992; Reber et al., 1991, Vicari et al., 2000), comme dans celles administrant des tâches de mémoire (Carlesimo et al., 1997; Dulaney et al., 1996; Komatsu et al., 1996; Perrig & Perrig, 1995; Vicari et al., 2000; Vicari, 2001; Wyatt & Conners, 1998).

Dans l'Expérience 3, les apprentissages se limitent aux parties les plus saillantes du matériel et contenant peu d'éléments, mais des capacités d'AI sont toutefois préservées lorsque la procédure est hautement implicite. Ces résultats sont conformes au postulat de Reber (1993) et confirment les observations au sein de travaux limitant les influences explicites (Vinter & Detable, 2003, 2008). De plus, les sujets présentant un retard mental, comme les sujets sans retard, ont tendance à éviter la production spontanée de répétitions adjacentes. L'apprentissage ainsi réalisé a donc consisté à renverser un comportement, conférant un puissant rôle adaptatif aux capacités d'AI préservées dans le cadre du retard mental.

C'est donc à travers la limitation d'influences conscientes (Meulemans, 1998a; Vinter & Perruchet, 1999), ou de composantes conceptuelles (Vinter & Detable, 2003), que de telles performances ont été rendues possibles. Pour confirmer l'intervention de ces facteurs dans les études contredisant la préservation des capacités d'apprentissage implicite chez les individus retardés mentalement (Fletcher et al., 2000), nous avons réintroduit ces contaminations conscientes au sein de l'Expérience 4.

Les résultats ont indiqué que les participants ne sont pas devenus sensibles aux répétitions présentes au sein des items d'apprentissage, contrairement au groupe contrôle d'enfants tout-venant appariés sur l'âge mental. Par ailleurs, le groupe avec retard mental n'a pas adapté sa production en fonction des consignes, ne favorisant pas les productions correctes comme le groupe contrôle l'a fait. Ainsi, la procédure utilisée dans l'Expérience 4 n'a pas permis de mettre en évidence des capacités d'AI chez des enfants présentant un retard mental. La seule autre étude attestant d'une altération des capacités d'AI dans le cadre du retard mental est celle de Fletcher et al. (2000).

Les contaminations explicites manipulées dans l'Expérience 4 pourraient donc être responsables de l'altération des performances, tout comme dans l'étude de Fletcher et al. (2000), puisque dans l'Expérience 3, empruntant la même phase d'apprentissage que l'Expérience 4, les sujets avec retard mental manifestent des capacités d'AI lorsque ces influences sont limitées.

Ainsi, les études contredisant la robustesse des capacités implicites face au niveau intellectuel (Reber, 1993) s'expliquent par le fait que les tâches employées sollicitent des processus conscients de "testing d'hypothèses", déficitaires dans le cadre du retard mental (e.g., Bebko & Luhaorg, 1998; Bray, 1979; Meador & Ellis, 1987). Récemment, d'autres observations allant dans le sens d'une dissociation des processus conscients et inconscients ont été rapportées par Vinter et Detable (2008). Elles ont mis en évidence l'apprentissage d'un comportement moteur similaire chez des individus avec et sans retard appariés sur un âge mental non-verbal en condition implicite, alors que les sujets présentant un retard bénéficieraient moins des conditions explicites d'apprentissage que les sujets tout-venant. Komatsu, et al. (1996) ont également montré que l'implication des traitements conceptuels dans les mauvaises performances aux tâches aussi bien implicite, qu'explicite, de mémoire, alors que le traitement de composantes perceptuels semble préservé face au niveau intellectuel. Le traitement des composantes conceptuelles est également connu pour être sujet aux effets d'âge dans les tâches de mémoire explicite et implicite (Perez, Peynirciolu, & Blaxton, 1998).

L'appréhension du matériel et la formation de la connaissance: quelles propriétés influencent ces processus?

- Saillance perceptive et propriétés statistiques du matériel.

L'Expérience 5 devait examiner plus précisément le rôle de la saillance des propriétés de surface du matériel dans les expériences précédentes, en plus de leur fréquence statistique. En effet, nous avons suspecté dans les Expériences 1 et 2 que la saillance particulière des répétitions avait pu capturer l'attention aux dépens d'unités plus neutres. Cela aurait eu pour conséquence de favoriser l'apprentissage des répétitions par rapport à d'autres unités qui étaient pourtant parfois de même taille et de fréquence comparable au sein de la séquence d'étude. Nous nous sommes donc dotés d'un matériel plus approprié à l'étude de cette question.

Le mécanisme décrit dans le modèle "PARSER" (Perruchet & Vinter, 1998b) suggère que le processus de segmentation des items présentés en entraînement se déclenche automatiquement lorsque le matériel entre dans le focus attentionnel du sujet. De ce fait, la capture d'attention semble se faire plutôt au hasard dans un premier temps, puis la répétition de certaines unités va conduire progressivement à modifier la perception même de l'environnement. Ce principe confère donc un statut important aux régularités statistiques de l'environnement, puisque les unités les plus répétées sont les plus susceptibles d'entrer dans le focus attentionnel, d'être maintenues en mémoire et donc de former les représentations subjectives guidant la perception par la suite. Ainsi, il n'y a pas de place ici pour une autre forme de saillance que celle que confère la fréquence d'occurrence. Pourtant, on ne peut pas occulter les phénomènes de saillance perceptive ou positionnelle, même si on peut convenir que la saillance, quel que soit son type, est en partie le produit d'une expérience reflétant des régularités de l'environnement. Par exemple, pour la répétition, on peut convenir que sa relative rareté dans l'environnement et sa fréquente association avec quelque chose d'anormal, lui confère une saillance. Dans le cas de la saillance positionnelle, les parties début et fin sont probablement plus souvent porteuses d'informations pertinentes, et parfois suffisantes pour reconstruire la séquence entière. Ainsi, même si la saillance est sous-tendue par un long apprentissage statistique, son effet peut opérer dès la première exposition. Concernant la répétition, sa saillance particulière (Attneave, 1954) est largement soutenue par le bénéfice d'apprentissage qui lui est associé par rapport à d'autres caractéristiques du matériel (e.g., Endress et al., 2007; Marcus et al., 1999; Monaghan & Rowson, 2008).

D'autres types d'information que la structure statistique du matériel sont donc probablement utilisés par les participants lors d'une exposition à des séquences. C'est ce que Perruchet et Tillmann (2010) ont observé à travers la sensibilité des participants à certaines parties des séquences caractérisées par leur "ressemblance" à de véritables mots. La segmentation peut donc opérer au hasard ou alors être guidée par des propriétés capturant préférentiellement l'attention du sujet.

Les résultats de l'Expérience 5 montrent que les répétitions sont apprises, contrairement aux bigrammes "non répétés" de mêmes fréquences et positions à l'intérieur de séries aux caractéristiques distributionnelles identiques. L'effet de saillance perceptive a donc été discriminé d'un effet de fréquence. Ce sont certainement la saillance perceptive et la fréquence des propriétés des stimuli qui ont guidé l'apprentissage spécifique dans les expériences précédentes. Toutefois, parmi ces propriétés, la saillance perceptive attire l'attention (Kruschke, 2010) du sujet dès les premières confrontations au matériel, alors que la fréquence statistique nécessite certainement davantage de temps pour remplir le même rôle, expliquant ainsi cette différence d'apprentissage. L'intervention des régularités statistiques reste toutefois nécessaire pour former une représentation stable de l'unité cognitive formée, au regard de l'absence globale d'apprentissage des répétitions pourtant présentes au sein des séries aléatoires proposées aux groupes contrôle. On note cependant une exception pour l'apprentissage des répétitions ADJ correctes par le groupe contrôle dans l'Expérience 2.

L'idée même que la saillance perceptive capture préférentiellement l'attention et participe à la formation plus rapide des unités cognitives suppose un apprentissage concurrentiel entre les unités composantes les items d'étude. Dès lors, il convenait de ne pas se limiter à l'apprentissage isolé des répétitions et des bigrammes "non-répétés" au sein de leur série respective, mais d'examiner leur apprentissage vis-à-vis de celui des autres unités avec lesquelles ils constituaient les séquences d'entraînement, et avec lesquelles ils ont pu entrer en concurrence pendant le codage du matériel.

- Apprentissage concurrentiel, supériorité de la saillance perceptive sur la saillance positionnelle et de la saillance positionnelle sur celle statistique: le rôle de l'attention.

L'apprentissage concurrentiel des unités a été appréhendé à travers le codage des bigrammes en position initiale et des bigrammes en seconde position. De fait, ces deux bigrammes se recouvraient partiellement, l'enchevêtrement devant favoriser le codage compétitif entre des deux unités. Dans les deux types de séries, BIG et REP, les bigrammes initiaux sont porteurs d'une saillance positionnelle (e.g., Conway & Christiansen, 2005, 2006, 2009; Druhan & Mathews, 1989; Dulany et al., 1984; Mathews et al., 1989; Perruchet & Pacteau, 1990; Reber & Lewis, 1977; Redington & Chacter, 1996), et dans les séries BIG, le 2<sup>ème</sup> bigramme était un bigramme fréquent statistiquement, tandis qu'il s'agissait d'une répétition adjacente, saillante perceptivement (e.g., Endress et al., 2007; Monaghan & Rowson, 2008) dans les séries REP. L'observation des performances des enfants les plus jeunes devait nous renseigner sur les premières étapes de segmentation du matériel à travers le rôle de l'attention, des propriétés saillantes et de l'apprentissage concurrentiel des propriétés qui en découlent. Les résultats ont montré que dans les séries REP, la saillance particulière de la répétition a favorisé son apprentissage aux dépens du bigramme initial, malgré sa saillance positionnelle, et que dans les séries BIG, le bigramme initial a été appris aux dépens du bigramme fréquent. Ces résultats nous ont permis d'ordonner le type de saillance,

perceptive > positionnelle > statistique, en fonction de leur capacité à obtenir préférentiellement l'attention du sujet et d'être apprise. L'influence de la saillance intervient apparemment en amont des régularités statistiques. En effet, plus l'unité est saillante, plus elle est susceptible d'être apprise, à fréquence d'occurrence égale. Le modèle SOC (Perruchet & Vinter, 2002) rend compte du fait que les unités saillantes obtiendraient davantage l'attention des sujets et formeraient des unités cognitives isomorphes à la situation. La fréquence élevée des unités saillantes demeurerait cependant nécessaire à la consolidation des unités cognitives qui en résultent, garantissant ainsi la stabilité des représentations conscientes de la situation responsables des adaptations comportementales des sujets.

Un point intéressant concernant l'apprentissage concurrentiel réside dans le fait qu'il peut être aisément interprété en termes d'apprentissage associatif, notamment à travers le phénomène de blocage mis en évidence dans le domaine du conditionnement. Le fait que certaines associations sont formées en amont d'autres associations, pour des raisons de saillance ou de position par exemple, neutralise, au moins dans un premier temps, les associations suivantes contenant des éléments déjà impliqués dans les premières formées. Perruchet et Vinter (1998, p.507-508) empruntent au conditionnement le principe selon lequel «les associations entre événements contigus tendent à être sélectives et exclusives» et l'applique à la segmentation de séquences de type A, B, C, D, E, où la formation des chunks AB/CDE empêchera celle de l'association BC par exemple. Ces auteurs proposent d'interpréter cet effet en terme attentionnel, "les associations les plus fréquentes capturant toute ou la plupart de l'attention disponible". Ce même rapprochement avec les principes du conditionnement a été fait par Jiménez et Méndez (1999) dans le cadre du paradigme de temps de réaction sériel.

Nos résultats semblent donc facilement interprétables en termes d'apprentissage associatif élémentaire des éléments capturés lors d'un traitement attentionnel guidé par la saillance des propriétés de surface du matériel. Les ressources attentionnelles limitées expliqueraient que la sélection d'information s'accompagne de l'atténuation d'autres informations en dehors du focus attentionnel (e.g., Kamin, 1969; Mackintosh, 1975; Kruschke, 2010). Par ailleurs, cette interprétation argumente en faveur du rôle de l'attention, et plus précisément de l'attention sélective lors de l'AI. Ainsi, de nombreux travaux ont montré qu'il est nécessaire d'allouer un minimum d'attention même pour apprendre ce type d'associations simples (e.g., Jiménez & Méndez, 1999; Hoffmann & Sebal, 2005; Pacton & Perruchet, 2008; Rowland & Shanks, 2006), et plus particulièrement, l'attention est requise dans toutes formes d'apprentissage (e.g., Reber, 1989, 1993; Perruchet, 2008), l'apprentissage implicite étant par exemple envisagé par certains auteurs comme la conséquence automatique de l'attention sélective (Perruchet & Vinter, 2002; Whittlesea & Dorken, 1993, Tanaka et al. , 2008).

Une étude chez des enfants THADA (Trouble Déficitaire de l'Attention avec ou sans Hyperactivité), dont les principales caractéristiques sont une inattention et une impulsivité ou hyperactivité (e.g., Bauermeister, Bird, Canino, Rubio-Stipec, Bravo, & Algeria, 1995), a révélé une différence de performances en faveur d'enfants tout-venant, contradictoire avec la robustesse des processus implicites face aux atteintes neuropsychologiques (Malone & Maybery, 1998; Reber, 1992). De plus,

Curran (1995) a mis en évidence que des dysfonctionnements de certaines régions du cerveau (noyaux basaux), dont les lésions ont pour conséquences des atteintes relatives à l'attention (Brown & Marsden, 1991), affectent l'apprentissage implicite de séquences.

L'apprentissage se limitant aux répétitions adjacentes chez le sujet présentant un retard mental peut être dû à des difficultés à restreindre la taille du focus attentionnel (Cha, 1992), ou des limitations d'empan attentionnel efficient (Spitz & Webreck, 1972) par exemple, réduisant l'appréhension du matériel à l'unité proposant le meilleur compromis entre saillance et faible nombre d'éléments, la répétition adjacente.

Examiner la formation de chunks plus élaborés peut également rendre compte de l'apprentissage associatif progressif, dans la mesure où un nombre restreint d'éléments peut faire l'objet de traitements attentionnels simultanés.

- Formation de chunks plus élaborés.

Rappelons que les performances des 5 ans devaient refléter la segmentation des primitives perceptives à l'origine de la formation des unités cognitives isomorphes à la situation (Perruchet & Vinter, 2002) et ainsi témoigner des premières étapes d'appréhension du matériel. En revanche, les 8 ans étaient censés nous renseigner davantage sur les étapes ultérieures qui participent à la formation de chunks plus élaborés. Si on admet cette possibilité, ce sont donc les résultats des enfants les plus âgés qui nous intéressent maintenant.

Les résultats ont effectivement révélé que les trigrammes initiaux qui s'avéraient, parmi les unités plus élaborés, être les plus propices à émerger, n'ont fait l'objet d'aucun encodage chez les enfants les plus jeunes, et ce quel que soit le groupe. Lorsqu'on s'est intéressé aux sujets les plus âgés, nous avons pu observer un apprentissage des trigrammes initiaux des séquences uniquement dans le groupe REP. Tout d'abord, nous avons considéré que dans la mesure où ces deux groupes d'âge pouvaient représenter deux étapes successives dans l'appréhension du matériel chez un même individu, les profils de résultats différents témoignent d'une certaine construction hiérarchique et donc progressive de la connaissance, bigrammes puis trigrammes dans notre cas. Thomas, Hunt, Vizueta, Sommer, Durston, Yang et Worden (2004) ont d'ailleurs montré que des enfants nécessitent davantage d'exposition à la structure de la situation que des adultes, sinon, lorsque celle-ci est insuffisante, leurs performances sont inférieures à celles d'adultes.

Ces données correspondent à l'idée d'une formation de fragments de plus en plus grands (Perruchet & Pacteau, 1990; Servan-Schreiber & Anderson, 1990) et aboutissant à une réduction du nombre de chunks formés, signe d'une segmentation optimale (Perruchet & Vinter, 1998a). Par ailleurs, la saillance particulière de la répétition semble avoir créé l'unité cognitive correspondant à la répétition plus rapidement que celle constituée par le bigramme de même fréquence à 5 ans, comme nous l'avons vu précédemment. En revanche, il semble qu'à 8ans, cette même saillance qui aurait

momentanément bloqué d'autres associations, aurait ensuite accéléré la formation de chunks plus élaborés, les trigrammes initiaux des séries REP, autour de la répétition. L'unité cognitive résultant de l'expérience de la répétition a été probablement transformée plus rapidement, et de manière plus stable, en unité subjective. Elle a ensuite constitué une primitive de la situation pour être associée à son tour à une autre primitive et former ainsi un chunk rendant compte d'une segmentation optimale du matériel, compte tenu de la fréquence élevée des 1<sup>ers</sup> trigrammes.

Il faut cependant préciser qu'il serait d'autant plus pertinent de rendre compte de ces étapes chez les mêmes individus, le fait que les classes d'âge extrêmes de nos participants puissent refléter différentes étapes chez un même individu, bien que facilement concevable, demeure toutefois un postulat trop arbitraire pour interpréter ces données au-delà du cadre où nous les présentons ici. Nous réitérons donc l'idée de poursuivre les recherches dans une approche "temporelle" de l'AI dont nous avons ébauché la mise en œuvre expérimentale précédemment.

#### Vers un modèle théorique hybride et adaptatif de l'apprentissage implicite.

Dans cette partie, nous proposons d'examiner le modèle SOC (Perruchet & Vinter, 2002) en tant qu'alternative à l'idée d'un modèle théorique hybride et adaptatif à même de rendre compte de la plupart des résultats observés dans le domaine de l'AI, dans la mesure où le modèle SOC est parvenu à expliquer, avec parcimonie, la majorité des données contenues dans cette thèse.

Les tentatives de dissociation entre la force associative des items et la règle sous-jacente ont suggéré leur intervention conjointe dans les performances de jugement de grammaticalité (Knowlton & Squire, 1996), en fonction du nombre d'items présentés (Meulemans & Van der Linden, 1997a), de la complexité du matériel à traiter (Tunney & Altmann, 2001) ou du recouvrement statistique de la grammaire par les items d'étude (Poletiek & van Schijndel, 2009). Toutefois, une conception hybride de l'AI entre abstraction de règles et apprentissage spécifique des items conduit inmanquablement à la sophistication des modèles, alors que la nécessité de recourir à des mécanismes différents en fonction du recouvrement statistique de la grammaire par le matériel (Poletiek & van Schijndel, 2009), par exemple, ne semble pas justifiée. En effet, nous avons observé que, quel que soit le recouvrement, la spécificité de l'apprentissage vis-à-vis des items d'étude demeurerait. Nous avons toutefois évoqué la possibilité que dans le cas de règles simples, celles-ci puissent être abstraites par les sujets. Cependant Perruchet et Vinter (2008, p. 95) rendent compte du fait que des performances classiquement traduites en terme d'abstraction de règles peuvent également être expliquées par le modèle SOC, "tant que le codage relationnel abstrait auquel le sujet est sensible de façon directe reste suffisamment simple pour reposer sur des analyses perceptives élémentaires et automatiques". Toutefois, ils reconnaissent que l'appréhension directe du traitement effectué est difficilement concevable dans le cas où celui-ci est complexe. En revanche, la complexité des situations, comme lors de la formation des unités représentationnelles du langage par exemple, n'est pas antagoniste à des mécanismes d'associations simples participant à la modification des représentations conscientes de la situation elle-même, et ne

nécessitant pas l'existence d'un cognitif inconscient responsable de la mémorisation de relations complexes (Perruchet & Vinter, 2008).

Récemment, Beesley, Wills et Le Pelley (2010) ont montré, dans le cadre du transfert syntaxique, que les sujets étaient davantage sensibles à la variance du set d'items avec lequel ils étaient entraînés (grammatical et non grammatical), permettant ainsi des performances de jugement de grammaticalité au-delà du hasard. Ainsi certains résultats peuvent également s'expliquer par le simple fait de la sensibilité à une situation structurée sans toutefois référer ni à une règle ni aux items spécifiques. Toutefois, on retrouve ici aussi l'idée émise par Perruchet et Vinter (1998a) selon laquelle: "l'application de règles lors de la construction du matériel engendre un profil particulier dans la distribution statistique d'évènements saillants, et c'est la sensibilité des sujets à cette distribution qui médiatise l'adaptation comportementale."

Il convient donc de multiplier les situations expérimentales telles que celles que nous avons essayé de développer à travers les expériences présentées précédemment afin de tester individuellement des modèles comme le modèle SOC. Ce modèle se révélera sûrement très robuste dans sa capacité à rendre compte des diverses situations expérimentales pour plusieurs raisons. Tout d'abord, à travers le fait que les représentations conscientes résultent de l'appréhension des événements eux-mêmes, leur isomorphisme vis-à-vis de la situation semble permettre une bonne adaptation comportementale aux caractéristiques du matériel que l'on pourrait manipuler. Ensuite, le statut conscient des représentations met directement l'état de conscience de l'apprenant vis-à-vis de la situation au cœur de l'apprentissage. Ceci devrait permettre d'observer des différences d'adaptations comportementales fines en fonction des caractéristiques de l'apprenant, comme ce fut le cas dans nos expériences. Par ailleurs, ce statut conscient de la connaissance, au moins en partie, permet de rendre également compte des interactions complexes notamment au regard des manipulations de consignes. Enfin, on peut aussi citer le fait que les principes élémentaires de l'apprentissage associatif que ce modèle intègre sont particulièrement parcimonieux pour rendre compte de nombreuses adaptations comportementales, et la simplicité des traitements permettant un accès direct aux relations établies entre les événements demeure un sérieux compétiteur face aux mécanismes sophistiqués d'abstraction.

### **Conclusion générale:**

En définitive, l'ensemble des données collectées dans ce travail de thèse indiquent globalement que les productions des enfants reflètent ce qu'ils ont traité attentionnellement durant la phase d'entraînement. Par ailleurs, certains résultats ont suggéré qu'une partie de la connaissance pourrait être de nature abstraite, sans forcément concerner les règles structurelles du matériel, mais plutôt des spécificités des items d'étude. Le traitement attentionnel qui semble intervenir serait donc guidé par les propriétés superficielles du matériel d'entraînement, dont la saillance est déterminée par leurs caractéristiques perceptives, positionnelles, et bien sûr statistiques. Le modèle SOC (Perruchet

& Vinter, 2002) s'est montré efficace pour rendre compte de la plupart des données recueillies et pour fournir des interprétations alternatives particulièrement parcimonieuses. Ce travail donne néanmoins un aperçu des difficultés à départager les différentes conceptions théoriques et montre également que des tâches de GA permettent de tester de nombreuses prédictions et semblent tout à fait adaptées à la poursuite de cet objectif. Nous avons pu observer que l'examen des performances d'AI en fonction des apprenants, du matériel, et du type de consignes fournit de précieux éléments de compréhension. De ce fait, les recherches doivent être poursuivies dans cette optique, en faisant interagir ces variables et en y intégrant d'autres, comme le nombre d'expositions (Johansson, 2009) ou la complexité de la grammaire (van den Bos & Poletiek, 2010).

L'approche développementale et psychopathologique a permis de mieux comprendre les interactions complexes entre influences conscientes et inconscientes dans le cadre de la dissociation classiquement faite entre capacités explicites et implicites. Si la robustesse des processus implicites s'est vérifiée, nous avons également mis en évidence que les conditions nécessaires à son observation sont strictement antagonistes à la moindre contamination consciente propice à des mécanismes de récupération intentionnelle d'information. Ceci confirme d'une certaine manière la nécessité de redéfinir l'apprentissage implicite en terme d'absence d'exploitation intentionnelle de la connaissance (e.g., Perruchet & Vinter, 1998a), condition requise à l'invariabilité des capacités d'AI face à l'âge et à leur préservation face au retard mental. Si une meilleure compréhension des interactions entre processus explicites et implicites est un objectif à atteindre pour les travaux de recherche à venir, elle ne signifiera certainement pas une diminution de l'intérêt vis-à-vis des phénomènes d'AI. En effet, cela contribuera à ouvrir le champ d'application de ces capacités afin d'épauler les apprentissages explicites dans le cadre de remédiations cognitives, comme dans celui de la pédagogie générale.

# **BIBLIOGRAPHIE**

## *Bibliographie*

- Abrams, M., & Reber, A.S. (1988). Implicit learning: Robustness in the face of psychiatric disorders. *Journal of Psycholinguistic Research*, 17, 425-439.
- Allen, R., & Reber, A.S. (1980). Very long term memory for tacit knowledge. *Cognition*, 8, 175-185.
- Altmann, G.T.M., Dienes, Z., & Goode, A. (1995). Modality independence of implicitly learned grammatical knowledge. *Journal of Experimental psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 21, 899-912.
- American Psychiatric Association (APA), (1994). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders*, 4th Ed Washington, DC: American Psychiatric Association.
- Aslin, R.N., Saffran, J.R., & Newport, E.L. (1998). Computation of conditional probability statistics by 8-month-old infants. *Psychological Science*, 9, 321-324.
- Attneave, F. (1954). Some informational aspects of visual perception. *Psychological Review*, 61, 183-193.
- Atwell, J.A., Conners, F.A., & Merrill, E.C. (2003). Implicit and explicit learning in young adults with mental retardation. *American Journal on Mental Retardation*, 108(1), 56-68.
- Baddeley, A., & Wilson, B.A. (1994). When implicit learning fails: Amnesia and the problem of error elimination. *Neuropsychologia*, 32, 53-68.
- Bauermeister, J.J., Bird, H.R., Canino, G., Rubio-Stipec, M., Bravo, M., & Algeria, M. (1995). Dimensions of attention deficit hyperactivity disorder: findings from teacher and parent reports in a community sample. *Journal of Clinical Child Psychology*, 24, 264-271.
- Baumeister, A.A. (1997). Behavioral research: Boom or bust? In N.R. Ellis (Ed.), *Handbook of mental deficiency, psychological theory and research* (3<sup>rd</sup> ed., pp. 3-45). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Baumeister, A.A., & Kellas, G. (1968). Reaction time and mental retardation; In N.R. Ellis (Ed.), *International review of research in mental retardation* (Vol.3, pp 163-193). New York: Academic Press.
- Beaman, C.P. (2002). Inverting the modality effect in serial recall. *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology*, 55A, 371-389.
- Bebko, J.M., & Luhaorg, H. (1998). The development of strategy use and metacognitive processing in mental retardation: some sources of difficulty. Dans J.A. Burack, R.M. Hodapp et E Zigler (Eds.), *Handbook of mental retardation and development*, pp. 382-407. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Beeghly, M., & Cicchetti, D. (1987). An organization approach to symbolic development in children with Down syndrome. In D. Cicchetti & M. Beeghly (Eds.), *Symbolic development in atypical children. New directions for child development*. San Francisco: Jossey-Bass.

- Beeghly, M., Weiss, B., & Cicchetti, D. (1989). Structural and affective dimensions of play behaviour in children with Down syndrome and nonhandicapped children. *International Journal of Behavioural Development*, 12, 257-277.
- Beeghly, M., Weiss-Perry, B., & Cicchetti, D. (1990). Beyond sensorimotor function: Early communicative and play development of children with Down syndrome. In D. Cicchetti & M. Beeghly (Eds.), *Children with Down syndrome: A developmental perspective* (pp. 329-368). New York: Cambridge University Press.
- Beesley, T., Wills, A.J., & Le Pelley, M.E. (2010). Syntactic Transfer in Artificial Grammar Learning. *Psychonomic Bulletin & Review*, 17(1), 122-128.
- Belmont, J.M., & Butterfield, E.C. (1971). Learning strategies as determinants of memory deficiencies. *Cognitive Psychology*, 2, 411-420.
- Bennett, I.J., Howard, J.H., Jr., & Howard, D.V. (2007). Age-related differences in implicit learning of subtle third-order sequential structure. *Journals of Gerontology*, 62, 98-103.
- Bergen, A.E., & Mosley, J.L. (1994). Attention and attentional shift efficiency in individuals with and without mental retardation. *American Journal on Mental Retardation*, 98, 688-743.
- Berkson, G. (1993). *Children with handicaps: A review of behavioral research*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Berry, B.C., & Broadbent, D.E. (1984). On the relationship between task performances and associated verbalizable knowledge. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 36A, 209-231.
- Berry, B.C., & Broadbent, D.E. (1988). Interactive tasks and the implicit-explicit distinction. *British journal of Psychology*, 79, 252-272.
- Berry, B.C., & Dienes, Z. (1991). The relationship between implicit memory and implicit learning. *British Journal of psychology*, 82, 359-373.
- Berry, D.C., Dienes, Z. (1993). *Implicit learning. Theoretical and empirical issues*. Erlbaum, Hillsdale, NJ.
- Bodfish, J.W., Symons, F.J., Parker, D.E., & Lewis, M.H. (2000). Varieties of repetitive behavior in autism: comparisons to mental retardation. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 30(3), 237-243.
- Borowski, J.G., Reid, M.K., & Kurtz, B.E. (1984). Metacognition and retardation: Paradigmatic, theoretical, and applied perspectives. In P.H. Brooks, R. Sperber, & C. McCauley (Eds.), *Learning and cognition in the mentally retarded* (pp. 55-75). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Bray, N.W. (1979). Strategy production in the retarded. In N.R. Ellis (Ed.), *Handbook of mental deficiency, psychological theory and research* (2<sup>nd</sup> ed., pp. 699-726). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Bray, N.W., & Turner, L.A. (1986). The rehearsal deficit hypothesis. In N.R. Ellis (Ed.), *International Review of Research in Mental Retardation* (Vol. 14, pp. 77-165). New York: Academic Press.
- Bray, N.W., & Turner, L.A. (1987). Production of anomalies (not strategic deficiencies) in mentally retarded individuals. *Intelligence*, 11, 49-60.

- Bremner, A., Mareschal, D., Destrebecqz, A., & Cleeremans, A. (2007). Cognitive control of sequential knowledge at 2 years of age: Evidence from an incidental sequence learning and generation tasks. *Psychological Science, 18*(3), 261-266.
- Broadbent, D.E. (1977). Levels, hierarchies, and the locus of control. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 29*, 181-201.
- Brooks, L.R. (1978). Nonanalytic concept formation and memory for instances. In E. Rosch & B.B. Lloyd (Eds.), *Cognition and categorization* (pp. 169-221). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Brooks, L.R., & Vokey, J.R. (1991). Abstract analogies and abstracted grammars: Comments on Reber (1989) and Mathews et al. (1989). *Journal of Experimental Psychology: General, 120*, 316-323.
- Brooks, P.H., Sperber, R., & McCauley, C. (1984). *Learning and cognition in the mentally retarded*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Brown, R.G., & Marsden, C.D. (1991). Dual task performance and processing resources in normal subjects and patients with Parkinson's disease. *Brain, 114*, 215-231.
- Buchner, A. (1994). Indirect effects of synthetic grammar learning in an identification task. *Journal of Experimental Psychology : Learning, memory, and Cognition, 20*, 550-566.
- Buchner, A., & Wippich, W. (1998). Differences and commonalities between implicit learning and implicit memory. In M. A. Stadler & P. A. Frensch (Eds.), *Handbook of implicit learning* (pp. 3-46). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Burack, J.A. (1994). Selective attention deficits in persons with autism: preliminary evidence of an efficient attentional lens. *Journal of Abnormal Psychology, 103*, 535-543.
- Burack, J.A., & Enns, J.T. (1997). *Attention, development, and psychopathology*. New York: Guilford Press.
- Burack, J.A., Evans, D.W., Klaiman, C., & Iarocci, G. (2001). The mysterious myth of attention deficits and other defect theories: Contemporary issues in the developmental approach to mental retardation. *International review of research in mental retardation, (Vol. 24. pp. 299-320)*. San Diego: Academic Press.
- Burack, J.A., Hodapp, R.M., & Zigler, E. (1988). Issues in the classification of mental retardation: Differentiating among organic etiologies. *Journal of Child Psychology and Psychiatric, 29*, 765-779.
- Burack, J.A., Hodapp, R.M., & Zigler, E. (1998). *Handbook of mental retardation and development*. New York: Cambridge University Press.
- Burack, J.A., & Zigler, E. (1990). Intentional and incidental memory in organically mentally retarded, familial retarded, and nonretarded individuals. *American Journal on Mental Retardation, 94*, 532-540.
- Carlesimo, G.A., Marotta, L., & Vicari, S. (1997). Long-term memory in mental retardation: Evidence for a specific impairment in subjects with Down's syndrome. *Neuropsychologia, 35*, 71-79.

- Carr, T.H., & Curran, T. (1994). Cognitive factors in learning about structured sequences: Applications to syntax. *Studies in Second Language Acquisition*, 16, 205-230.
- Case, R. (1985). *Intellectual development: Birth to adulthood*. New York: Academic Press.
- Ceccaldi, M., Clarke, S., & Meulemans, T. (2008). De la perception à l'apprentissage. *Revue Neurologique*, 164, 143-147.
- Cha, K. (1992). *The effect of flanking context and its time course in focused attention processes of mentally retarded and nonretarded persons*. Dissertation Abstracts International.
- Cha, K., & Merrill, E.C. (1994). Facilitation and inhibition effects in visual selective attention processes of individuals with and without mental retardation. *American Journal of Mental Retardation*, 98, 594-600.
- Chandler, S. (1993). Are rules and modules really necessary for explaining language? *Journal of Psycholinguistic Research*, 22, 593-606.
- Chomsky, N., & Miller, G.A. (1958). Finite state languages. *Information and Control*, 1, 91-112.
- Cleeremans, A., & Jiménez, L. (1996). *Implicit cognition with the symbolic metaphor of mind: Theoretical and methodological issues*. Unpublished manuscript.
- Cleeremans, A., & Jiménez, L. (1998). Implicit sequence learning: The truth is in the details. In M. A. Stadler & P. A. Frensch (Eds.), *Handbook of Implicit Learning* (pp. 323-364). Thousand Oaks: Sage Publications.
- Conway, C.M., & Christiansen, M.H. (2005). Modality-constrained statistical learning of tactile, visual, and auditory sequences. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, 31, 24-39.
- Conway, C.M., & Christiansen, M.H. (2006). Statistical learning within and between modalities: Pitting abstract against stimulus-specific representations. *Psychological Science*, 17, 905-912.
- Conway C.M., & Christiansen, M.H. (2009). Seeing and hearing in space and time: Effects of modality and presentation rate on implicit statistical learning. *European Journal of Cognitive Psychology*, 21, 561-580.
- Cowan, N. (2001). Processing limits of selective attention and working memory: Potential implications for interpreting. *Interpreting*, 5, 117-146.
- Cowan, N. (2005). *Working memory capacity*. New York: Psychology Press.
- Crosby, K.G. (1972). Attention and distractibility in mentally retarded and intellectually average children. *American Journal of Mental Deficiency*, 77, 46-53.
- Crosby, K.G., & Blatt, B. (1968). Attention and mental retardation. *Journal of Education*, 150, 67-81.
- Curran, T. (1995). On The Neural Mechanisms of Sequence Learning. *Psyche*, 2(12).
- Curran, T., & Keele, S.W. (1993). Attentional and nonattentional forms of sequence learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, 19, 189-202.
- Czyzewska, M., Hill, T., & Lewicki, P. (1991). *Acquisition of information about conditional relations between variables in preschool children*. Unpublished manuscript.

- Destrebecqz, A., & Cleeremans, A. (2001). Can sequence learning be implicit? New evidence with the Process Dissociation Procedure. *Psychonomic Bulletin & Review*; 8(2), 343-350.
- Detable, C., Vinter, A. (2004). Le maintien dans le temps des effets d'un apprentissage implicite chez des enfants et adolescents avec retard mental. *L'année psychologique*, 104, 751-770.
- Detable, C., & Vinter, A. (2006). Les capacités de transfert en situation d'apprentissage implicite chez des préadolescents présentant un retard mental. *Psychologie Française*, 51, 189-203.
- Detterman, D.K. (1979). Memory in the mentally retarded. N.R. Ellis (Ed.), *Handbook of mental deficiency* (2<sup>nd</sup> ed.; pp.727-760). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Dienes, Z., & Altmann, G., (1997). Transfer of implicit knowledge across domains: How implicit and how abstract. In: Berry, D. (Ed.), *How implicit is implicit learning?* Oxford University Press, Oxford, UK, pp. 107-123.
- Dienes, Z., Altmann, G., & Gao, S-J. (1999) Mapping across domains without feedback: A neural network model of implicit learning. *Cognitive Science*, 23, 53-82.
- Dienes, Z., Altmann, G., Kwan, L., & Goode, A. (1995) Unconscious knowledge of artificial grammars is applied strategically. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, 21, 1322-1338.
- Dienes, Z., Broadbent, D.E., & Berry, D.C. (1991). Implicit and explicit knowledge bases in artificial grammar learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, 17, 875-882.
- Druhan, B., & Matthews, R. (1989). THYOS: A classifier system model of implicit knowledge of artificial grammars. *Proceedings of the 11<sup>th</sup> Annual Conference of the Cognitive Science Society*. Hillsdale, NJ : Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- Dulaney, C.L., & Ellis, N.R. (1994). Automated responding and cognitive inertia in individuals with mental retardation. *American journal on Mental Retardation*, 99(1), 8-18.
- Dulaney, C., Raz, N., & Devine, C. (1996). Effortful and automatic processes associated with Down syndrome and nonspecific mental retardation. *American of Experimental psychology: General*, 113, 541-555.
- Dulany, D.E. (1997). Consciousness in the explicit (deliberative) and implicit (evocative). In: *Scientific approaches to the study of consciousness*, ed. J. D. Cohen & J. W. Schooler. Erlbaum.
- Dulany, D.E., Carlson, A., & Dewey, G.I. (1984). A case of syntactical learning and judgment: How conscious and how abstract? *Journal of Experimental Psychology: General*, 113, 541-555.
- Dunn, L.M., Thériault-Whalen, C.M., & Dunn, L.M. (1993). *Echelle de vocabulaire en images Peabody-Forme Révisée*. Toronto: Psycan.
- Dunst, C.J. (1998). Sensorimotor development and developmental disabilities. In Burack, J.A., Hodapp, R.M. et Zigler, E., *Handbook of mental retardation and development* (pp.135-182). Cambridge University Press.

- Eldridge, L.L., Masterman, D., & Knowlton, B.J. (2002). Intact implicit habit learning in Alzheimer's disease. *Behavioral Neuroscience*, *116*, 722–726.
- Ellis, N.R. (1963). The stimulus trace and behavioral inadequacy. In N.R. Ellis (Ed.), *Handbook of mental deficiency*. New York: McGraw-Hill.
- Ellis, N.R. (1970). Memory processes in retardates and normals. In N.R. Ellis (Ed.), *International Review of Research in Mental Retardation*, (Vol. 4, pp. 1-32). New York: Academic Press.
- Ellis, N.R. (1978). Do the mentally retarded have poor memory? *Intelligence*, *2*, 41-54.
- Ellis, N.R., & Dulaney, C.L. (1991). Further evidence for cognitive inertia of persons with mental retardation. *American Journal on Mental Retardation*, *95*, 613-621.
- Ellis, N.R., Woodley-Zambos, P., Dulaney, C.L., & Palmer, R.L. (1989). Automatic-effortful processing and cognitive inertia in persons with mental retardation. *American Journal on Mental Retardation*, *93*, 412-423.
- Endress, A.D., Dehaene-Lambertz, G., & Mehler, J. (2007). Perceptual constraints and the learnability of simple grammars. *Cognition*, *105*, 577-614.
- Endress, A.D., Scholl, B.J. & Mehler, J. (2005). The role of salience in the extraction of algebraic rules. *Journal of Experimental Psychology: General*, *134* (3), 406-419.
- Enns, J.T. (1990). Relations between components of visual attention. In J.T. Enns (Ed.), *The Development of Attention: Research and Theory*. New York: North Holland.
- Facon, B., & Facon-Bollengier, T. (1997). Chronological age and Peabody picture Vocabulary Test performance of persons with mental retardation: new data. *Psychological Reports*, *81*(3), 1232-1234.
- Feldman, J., Kerr, B., & Streissguth, A.P. (1995). Correlational analyses of procedural and declarative learning performance. *Intelligence*, *20*, 87–114.
- Fischer, J.P. (1997). L'apprentissage d'une grammaire artificielle par des enfants de 9 à 11 ans. *L'Année Psychologique*, *97*, 207-236.
- Fischer, K. W. (1980). A theory of cognitive development: The control and construction of hierarchies of skills. *Psychological Review*, *87*, 477-531.
- Fiser, J., & Aslin, R.N. (2001). Unsupervised statistical learning of higher-order spatial structures from visual scenes. *Psychological Science*, *12*, 499–504.
- Fiser, J., & Aslin, R.N. (2002). Statistical learning of higher-order temporal structure from visual shape sequences. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *26*(3), 458-467.
- Fletcher, J., Maybery, M.T., & Bennett, S. (2000). Implicit learning differences: A question of developmental level? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, *26*, 246-252.
- Fox, R., & Oross, S. (1988). Deficits in stereoscopic depth perception by mildly mentally retarded adults. *American Journal on Mental Retardation*, *93*(3), 232-244.

- Fox, R., & Oross, S. (1990). Mental retardation and perception of global motion. *Perception & psychophysics*, 48(3), 252-258.
- Fox, R., & Oross, S. (1992). Perceptual deficits in mildly retarded adults. In N. Bray (Ed.), *International Review of Mental Retardation Research*, Vol. 18 (pp. 1-27). New York: Basic Books.
- Frensch, P.A. (1998). One concept, multiple meanings: on how to define the concept of implicit learning. In M. A. Stadler & P. A. Frensch (Eds.), *Handbook of implicit learning* (pp. 47-104). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Frick, R.W., & Lee, Y.S. (1995). Implicit learning and concept learning. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 48A, 762-782.
- Frith, U. (1970). Studies in pattern detection II: Reproduction and production of color sequences. *Journal of Experimental Child Psychology*, 10, 120-135.
- Frith, U. (1972). Cognitive mechanisms in autism: Experiments with color and tone sequence production. *Journal of Autism and Childhood Schizophrenia*, 2, 160-173.
- Furby, L. (1974). Attentional habituation and mental retardation. *Human development*, 17, 118-138.
- Gardiner, J.M., & Java, R.I. (1993). Recognising and remembering. In A.F. Collins, S.E. Gathercole, M.A. Conway, & P.E. Morris (Eds.), *Theories of memory* (pp. 163-188). Hove, UK: Lawrence Erlbaum Associates.
- Gebauer, G.F., & Mackintosh, N.J. (2007). Psychometric intelligence dissociates implicit and explicit learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 33(1), 34-54.
- Gomez, R.L., & Gerken, L.A. (1999). Artificial grammar learning by 1-year-olds leads to specific and abstract knowledge. *Cognition*, 70(2), 109-135.
- Gomez, R.L., Gerken, L., & Schvaneveldt, R.W., (2000). The basis of transfer in artificial grammar learning. *Memory and Cognition*, 28, 253-263.
- Gomez, R.L., Schvaneveldt, R.W., (1994). What is learned from artificial grammars? Transfer tests of simple associative knowledge. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 20(2), 396-410.
- Grafman, J., Litvan, I., Gomez, C., & Chase, T. (1990). Frontal lobe function in progressive supranuclear palsy. *Archives of Neurology*, 47, 553-558.
- Green, D.M., & Swets, J.A. (1966). *Signal Detection Theory and Psychophysics*. New York: Wiley.
- Greenbaum, J., & Graf, P. (1989). Preschool development of implicit and explicit remembering. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 27, 417-420.
- Hagen, J.W., & Huntsman, N. (1971). Selective attention in mental retardates. *Developmental Psychology*, 5, 151-160.
- Hasher, L., & Zacks, R.T. (1979). Automatic and effortful processes in memory. *Journal of Experimental Psychology: General*, 108, 356-388.

- Hasher, L., & Zacks, R.T. (1984). Automatic processing of fundamental information: The case of frequency of occurrence. *American Psychologist*, *39*, 1372-1388.
- Hatwell, Y. (1995). Children's encoding of location and object properties in vision and haptics: Automatic or attentional processing? *Cahiers de Psychology Cognitive/Current Research on Cognition*, *14*, 47-71.
- Henson, R.N.A. (1998). Item repetition in short-term memory: Ranschburg repeated. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, *24*, 1162-1181.
- Hoffmann, J., & Sebold, A. (2005). When obvious covariations are not even learned implicitly. *European Journal of Cognitive Psychology*, *17*, 449-480.
- Howard, D. V., & Howard, J. H. (1992). Adult age differences in the rate of learning serial patterns: Evidence from direct and indirect tests. *Psychology and Ageing*, *7*, 232-241.
- Howard, J.H., & Howard, D.V. (1997). Age differences in implicit learning of higher-order dependencies in serial patterns. *Psychology and Ageing*, *12*, 634-656.
- Howard, D.V., Howard, J.H. Jr.; Dennis, N.A., LaVine, S., Valentino, K. (2008). Aging and implicit learning of an invariant association. *The Journals of Gerontology: Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*. *63B*(2), 100-105.
- Howard, J.H. Jr., Howard, D.V., Dennis, N.A., & Yankovich, H. (2007). Event Timing and Age Deficits in Higher-Order Sequence Learning. *Ageing, Neuropsychology & Cognition*. *14*, 647-668.
- Hsiao, A.T., & Reber, A. (1998). The role of attention in implicit sequence learning: Exploring the limits of the cognitive unconscious. In M. Stadler & P. Frensch (Eds), *Handbook of implicit learning* (pp. 471-494). Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- Iarocci, G., & Burack, J.A. (1998). Understanding the development of attention in persons with mental retardation: Challenging the myths. In J.A. Burack, R.M. Hodapp, & E. Zigler (Eds.), *Handbook of mental retardation and development*, pp. 349-381. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Isingrini, M., Vazou, F., & Leroy, P. (1995). Dissociation of implicit and explicit memory tests: Effect of age and divided attention on category exemplar generation and cued recall. *Memory and Cognition*, *23*, 462-467.
- Jacoby, L.L. (1991). A process dissociation framework: Separating automatic from intentional uses of memory. *Journal of Memory and Language*, *30*, 513-541.
- Jacoby, L.L. (1998). Invariance in automatic influences of memory: Toward a user's guide for the process dissociation procedure. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, *24*, 3-26.
- Jacoby, L.L., Toth, J.P., & Yonelinas, A.P. (1993). Separating conscious and unconscious influences of memory: Measuring recollection. *Journal of Experimental Psychology: General*, *122*, 139-154.

- Jiang, Y., & Chun, M.M. (2001). Selective attention modulates implicit learning. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology A: Human Experimental Psychology*, 54A(4), 1105-1124.
- Jiménez, L., & Méndez, C. (1999). Which attention is needed for implicit sequence learning? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 25, 236–259.
- Jiménez, L., Méndez, C., & Cleeremans, A. (1996a). Comparing direct and indirect measures of sequence learning. *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory, and Cognition*, 22, 948–969.
- Jiménez, L., Méndez, C., & Cleeremans, A. (1996b). Measures of awareness and of sequence knowledge. *Psyche: An Interdisciplinary Journal of Research on Consciousness*, 2(33), No Pagination Specified.
- Johansson, T. (2009). Strengthening the case for stimulus-specificity in artificial grammar learning. *Experimental Psychology*, 56, 188-197.
- Johnson, S.P., Fernandes, K.J., Frank, M.C., Kirkham, N.Z., Marcus, G.F., Rabagliati, H., & Slemmer, J.A. (2009). Abstract rule learning for visual sequences in 8- and 11-month-olds. *Infancy*, 14(1), 2-18.
- Johnston, W.A., & Dark, V.J. (1986). Selective attention. *Annual Review of Psychology*, 37, 43-75.
- Kamin, L.J. (1969). Predictability, surprise, attention, and conditioning. In: Punishment and Aversive Behavior, edited by Campbell BA, and Church RM. New York: Appleton-Century-Crofts, p. 242-259.
- Karatekin, C., Marcus, D.J., & White, T.J. (2007). Oculomotor and manual indices of incidental and intentional spatial sequence learning in middle childhood and adolescence. *Journal of Experimental Child Psychology*, 96, 107–130.
- Karmiloff-smith, A. (1992). *Beyond modularity: A developmental perspective on cognitive science*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Kinder, A., Shanks, D.R., Cock, J., & Tunney, R.J. (2003). Recollection, Fluency, and the Explicit/Implicit Distinction in Artificial Grammar Learning. *Journal of Experimental Psychology: General*, 132(4), 551-565.
- Kirkham, N.Z., Slemmer, J.A., & Johnson, S.P. (2002). Visual statistical learning in infancy: evidence for a domain general learning mechanism. *Cognition*, 83, B35–B42.
- Kirkham, N.Z., Slemmer, J.A., Richardson, D.C., & Johnson, S.P. (2007). Location, location, location: Development of spatiotemporal sequence learning in infancy. *Child Development*, 78(5), 1559-1571.
- Knopman, D.S., & Nissen, M.J. (1987). Implicit learning in patients with probable Alzheimer's disease. *Neurology*, 37(5), 784-788.
- Knowlton, B.J., Ramus, S.J., & Squire, L.R. (1992). Intact artificial grammar learning in amnesia: Dissociation of classification learning and explicit memory for specific instances. *Psychological Science*, 3, 172–179.

- Knowlton, B.J., & Squire, L.R. (1996). Artificial grammar learning depends on implicit acquisition of both abstract and exemplar-specific information. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 22, 169-181.
- Komatsu, S., Naito, M., & Fuke, T. (1996). Age-related and intelligence-related differences in implicit memory: Effects of generation on a word-fragment completion test. *Journal of Experimental Child Psychology*, 62, 151-172.
- Kounin, P. (1941a). Experimental studies of rigidity: 1. The measurement of rigidity in normal and feeble-minded persons. *Character and Personality*, 9, 251-272.
- Kounin, P. (1941b). Experimental studies of rigidity: 2. the explanatory power of the concept of rigidity as applied to feeble-mindedness. *Character and Personality*, 9, 273-282.
- Krakov, J.B., & Kopp, C.B. (1983). The effects of developmental delay on sustained attention in young children. *Child Development*, 54, 1143-1155.
- Krist, H., Fieberg, E.L., & Wilkening, F. (1993). Intuitive physics in action and judgment: The development of knowledge about projectile motion. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 19, 952-966.
- Krupski, A. (1977). Role of attention in the reaction-time performance of mentally retarded adolescents. *American Journal of Mental Deficiency*, 82, 79-83.
- Kruschke, J.K. (2005). Learning involves attention. In G. Houghton (Ed.), *Connectionist models in cognitive psychology* (pp. 113–140). Hove, East Sussex, UK: Psychology Press.
- Kruschke, J.K. (2010). Models of attentional learning. In: E.M. Pothos and A. Wills (eds.), *Models of Learning and Categorization* (approximate title), Cambridge University Press.
- Larrauri, J.A., & Schmajuk, N.A. (2008). Attentional, associative, and configural mechanisms in extinction. *Psychological Review*, 115(3), 640–675.
- Lewicki, P. (1986). Processing information about covariations that cannot be articulated. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 12, 135–146.
- Lewicki, P., Czyzewska, M., & Hoffman, H. (1987). Unconscious acquisition of complex procedural knowledge. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 13(4), 523–530.
- Lewicki, P., Hill, T., & Czyzewska, M. (1992). Nonconscious acquisition of information. *American Psychologist*, 47, 796-801.
- Lewin, K. (1936). *A dynamic theory of personality*. New York: McGraw-Hill.
- Lincoln, A.J., Courchesne, E., Kilman, B.A., & Galambos, R. (1985). Neuropsychological correlates of information-processing by children with Down syndrome. *American Journal of Mental Deficiency*, 89(4), 403-414.
- Ling, J., & Blades, M. (1996). Incidental recall of color information by children and adults. *Applied Cognitive Psychology*, 10, 141-150.

- Ling, J., & Blades, M. (2002). Further evidence for incidental encoding of color by children and adults. *British Journal of Developmental Psychology, 20*, 537-544.
- Litke, D.R. (2001). *Implicit learning and development*. Dissertation Abstracts International: Section B: The Sciences & Engineering, 61((11-B)), 6159.
- Logan, G.D. (1985). Executive control of thought and action; *Acta Psychologica, 60*, 193-210.
- Logan, G.D. (1988). Toward an instance theory of automatization. *Psychological Review, 95*(4), 492–527.
- López-Ramón, M.F. (2007). Relationships between implicit learning and age in children from 7 to 12 years old. *Avances en Psicología Latinoamericana, 25*(2), 126-137.
- López-Ramón, M.F., Introzzi, I., & Richard's, M.M. (2009). The independence between implicit learning and general intelligence in children of school age. *Anales de Psicología 25*(1), 112-122.
- Lotz, A., & Kinder, A. (2006). Transfer in artificial grammar learning: The role of repetition information. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 32*, 707–715.
- Luria, A. (1963). *The mentally retarded child*. New York: Pergamon.
- Mackintosh, N.J. (1975). A theory of attention: Variations in the associability of stimuli with reinforcement. *Psychological Review, 82*, 276-298.
- MacTurk, R.H., Vietze, P.M., McCarthy, M.E., McQuiston, S., & Yarrow, L.J. (1985). The organization of exploratory behavior in Down syndrome and non-delayed infants. *Child Development, 56*, 573-579.
- Maisto, A.A., & Baumeister, A.A. (1984). Dissection of component processes in rapid information processing tasks: Comparison of retarded and nonretarded people. In: Brooks, P.H., Sperber, R. and McCauly, C., Editors. *Learning and cognition in the mentally retarded*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associate.
- Malone, A.B., & Maybery, A. (1998). Implicit learning in K. Kirsner et al. (Eds), *Implicit and Explicit Mental Processes*, New York, Lawrence Erlbaum Associates.
- Manza, L., & Bornstein, R.F. (1995). Affective discrimination and the implicit learning process. *Consciousness and Cognition: An international Journal, 4*, 399-409.
- Manza, L., & Reber, A.S. (1997). Representing artificial grammar: Transfer across stimulus forms and modalities. In D. Berry (Ed.), *How implicit is implicit learning* (pp. 73-106) Oxford: Oxford University Press.
- Marcus, G., Fernandes, K.J., & Johnson, S.P. (2007). Infant rule learning facilitated by speech. *Psychological Science, 18*(5), 387-391.
- Marcus, G., Vijayan, S., Rao, S., & Vishton, P.M. (1999). Rule learning by seven-month-old infants. *Science, 283*, 77-80.

- Mathews, R.C., Buss, R.R., Stanley, W.B., Blanchard-Fields, F., Cho, J.R., & Druhan, B. (1989). Role of implicit and explicit process in learning from examples: A synergistic effect. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 15(6), 1083–1100.
- Maybery, M., Taylor, M., & O'Brien-Malone, A. (1995). Implicit learning: Sensitive to age but not to the IQ. *Australian Journal of Psychology*, 47, 8-17.
- McAndrews, M.P., & Moscovitch, M. (1985). Rule-based and exemplar-based classification in artificial grammar Learning. *Memory & Cognition*, 13, 53-85.
- McGeorge, P., Crawford, J.R., & Kelly, S.W. (1997). The relationships between psychometric intelligence and learning in an explicit and an implicit task. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 23, 239-245.
- McClelland, J.L., & Plaut, D.C. (1999). Does generalization in infant learning implicate abstract algebra-like rules? *Trends in Cognitive Sciences*, 3, 166–168
- McGeorge, P., Crawford, J.R., & Kelly, S.W. (1997). The relationships between psychometric intelligence and learning in an explicit and an implicit task. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 23, 239-245.
- Meador, D.M., & Ellis, N.R. (1987). Automatic and effortful processing by mentally retarded and nonretarded persons. *American journal of Mental deficiency*, 91, 613-619.
- Merrill, E.C. (1990). Attentional resource allocation and mental retardation. *International Review of Research in Mental Retardation*, 16, 51-88.
- Merrill, E.C., Cha, K., & Moore, A.L. (1994). Suppression of irrelevant location informations by individuals with and without mental retardation. *American Journal of Mental Retardation*, 99, 207-214.
- Meulemans, T. (1998a). *Apprentissage implicite: une approche cognitive, neuropsychologique et développementale (Implicit learning: a cognitive, neuropsychological and developmental approach)*. Marseille, France: Solal.
- Meulemans, T. (1998b). Apprentissage implicite, mémoire implicite et développement. *Psychologie Française*, 43(1), 27-37.
- Meulemans, T., & Van der Linden, M. (1997a). Associative chunk strength in artificial grammar learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 23, 1007-1028.
- Meulemans, T., & Van der Linden, M. (1997b). Does the artificial grammar learning paradigm involve the acquisition of complex information? *Psychologica Belgica*, 37, 69-88.
- Meulemans, T., & Van der Linden, M. (2003). Implicit learning of complex information in amnesia. *Brain and Cognition*, 52, 250-257.
- Meulemans, T., Van Der Linden, M., & Perruchet, P. (1998). Implicit sequence learning in children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 69, 199-221.

- Milgram, N.A. (1973). Cognition and language in mental retardation: Distinctions and implication. Dans D.K. Routh (Ed.), *The experimental psychology of mental retardation*, pp. 157-230. Chicago: Adline.
- Mittenecker, E. (1958). Analysis of sequences of "chance" action. *Zeitschrift für Experimentelle und Angewandte Psychologie*, 5, 45-60.
- Monaghan, P., & Rowson, C. (2008). The effect of repetition and similarity on sequence learning. *Memory and Cognition*, 36, 1509-1514.
- Moussard, A., Bigand, E., Clément, S., & Samson, S. (2008). Préservation des apprentissages implicites en musique dans le vieillissement normal et la maladie d'Alzheimer. *Revue de Neuropsychologie*, 18(1-2):127-152.
- Murphy, K., McKone, E., & Slee, J. (2003). Dissociations between implicit and explicit memory in children: The role of strategic processing and the knowledge base. *Journal of Experimental Child Psychology*, 84, 124-165.
- Myers, C., & Conner, M., (1992). Age differences in skill acquisition and transfer in an implicit learning paradigm. *Applied Cognitive Psychology*, 6, 429-442.
- Neisser, U. (1967). *Cognitive psychology*, New York: Appleton-Century-Crofts.
- Nicolas, S. (1996). L'apprentissage implicite: le cas des grammaires artificielles, *L'Année Psychologique*, 96, 63-80.
- Nissen, M.J., & Bullemer, P. (1987). Attentional requirements of learning: Evidence from performance measures. *Cognitive Psychology*, 19, 1-32.
- Nissen, M. J., Willingham, D., & Hartman, M. (1989). Explicit and implicit remembering: When is learning preserved in amnesia. *Neuropsychologia*, 27, 341-352.
- Nettelbeck, T., & Brewer, N. (1981). Studies of mild mental retardation and timed performance. In: Ellis, N.R., Editor. *International review of research in mental retardation* (Vol. 10), New York: Academic Press.
- Oberauer, K. (2002). Access to information in working memory: Exploring the focus of attention. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 28(3), 411-421.
- Pacton, S., & Perruchet, P. (2008). An attention-based associative account of adjacent and non-adjacent dependency learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 34, 80-96.
- Pacton, S., Perruchet, P., Fayol, M., & Cleeremans, A. (2001). Implicit learning in real world context: The case of orthographic regularities. *Journal of Experimental Psychology: General*, 130, 401-426.
- Park, D.C. & James, C.Q. (1983). Effect of encoding instructions on children's spatial and color memory: Is there evidence for automaticity? *Child Development*, 54, 61-68.
- Pascual-Leone, J., & Baillargeon, R. (1994). Developmental measurement of mental attention. *International Journal of Behavioral development*, 17(1), 161-200.

- Patel, H., Blades, M., & Andrade, J. (1999). Children's incidental recall of color information. *British Journal of Developmental Psychology*, 41A, 797-828.
- Patel, H., Blades, M. & Andrade, J. (2002). Children's incidental learning oh the colors of objects and clothing. *Cognitive Development*, 16, 965-985.
- Perez, L.A., Peynircioglu, Z.F., & Blaxton, T.A. (1998). Developmental differences in implicit and explicit memory performance. *Journal of Experimental Child Psychology*, 70, 167-185.
- Perlman, A., & Tzelgov, J. (2006). Interactions between encoding and retrieval in the domain of sequence-learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 32(1), 118-130.
- Perrig, P., & Perrig, W.J. (1995). Implicit and explicit memory in mentally retarded, learning disabled and normal children. *Swiss Journal of Psychology*, 54, 77-86.
- Perruchet, P. (1988). L'apprentissage sans conscience : données empiriques et implications théoriques, in P. Perruchet (Ed.) *Les automatismes cognitifs*, Liège, Mardaga (pp. 81-102).
- Perruchet, P. (1994). Defining the knowledge units of a synthetic language: Comment on Vokey and Brooks. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 20, 223-228.
- Perruchet, P. (2008). Implicit learning. In H.L. Roediger, III (Ed.), *Cognitive psychology of memory*. Vol. 2 of *Learning and memory: A comprehensive reference*, 4 vols. (J. Byrne, Editor). Oxford: Elsevier (p.597-621).
- Perruchet, P., & Amorim, M.A. (1992). Conscious knowledge and changes in performance in sequence learning: Evidence against dissociation. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 18, 785-800.
- Perruchet, P., & Gallego, J. (1997) A subjective unit formation account of implicit learning. In Berry, D. (Ed.), *How Implicit is Implicit Learning?* Oxford, Oxford University Press (pp. 124-161).
- Perruchet, P., Gallego, J., & Pacteau, C. (1992). A reinterpretation of some earlier evidence for abstractiveness of implicitly acquired knowledge. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 44A, 193-210
- Perruchet, P., & Nicolas, S. (1998). L'apprentissage implicite : Un débat théorique. *Psychologie Française*, 43, 13-25.
- Perruchet, P., & Pacteau, C. (1990). Synthetic grammar learning : Implicit rule abstraction or explicit fragmentary knowledge ? *Journal of Experimental Psychology : General*, 119, 264-275.
- Perruchet, P., & Pacteau, C. (1991). Implicit acquisition of abstract knowledge about artificial grammar : Some methodological and conceptual issues. *Journal of Experimental Psychology : General*, 120, 112-116.
- Perruchet, P., & Peereman, R. (2004). The exploitation of distributional information in syllable processing. *Journal of Neurolinguistics*, 17, 97-119
- Perruchet, P., & Reber, R. (2003). Why untrained control groups provide invalid baselines: A reply to Dienes & Altmann. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 56A, 125-130.

- Perruchet, P., Rey, A., Hivert, E., & Pacton, S. (2006). Do distractors interfere with memory for study pairs in associative recognition? *Memory & Cognition*, *34*, 1046-1054.
- Perruchet, P., & Tillmann, B. (2010). Exploiting multiple sources of information in learning an artificial language: Human data and modeling. *Cognitive Science*, *34*, 255-285.
- Perruchet, P., & Vinter, A. (1998a). Learning and development. The implicit knowledge assumption reconsidered. In M. Stadler et P. Frensch (Eds), *Handbook of implicit learning* (pp. 495-531). Thousands Oaks: Sage Publications.
- Perruchet, P., & Vinter, A. (1998b). PARSER: A model for word segmentation. *Journal of Memory and Language*, *39*, 246-263.
- Perruchet, P., & Vinter, A. (2002). The Self-Organizing Consciousness (Target paper). *Behavioral and Brain Sciences*, *25*, 297- 330.
- Perruchet, P., & Vinter, A. (2008). La conscience auto-organisatrice. *L'année Psychologique*, *108*, 79-106.
- Perruchet, P., Vinter, A., Pacteau, C., & Gallego, J. (2002). The formation of structurally relevant units in artificial grammar learning. *The Quarterly Journal of experimental Psychology*, *55A*, 485-503.
- Picard, D., & Vinter, A. (1999). Representational flexibility in children's drawings: effects of age and verbal instructions. *British Journal of Developmental Psychology*, *17*, 605-622.
- Poletiek, F.H., & van Schijndel, T.J.P. (2009). Stimulus set size and statistical coverage of the grammar in artificial grammar learning. *Psychonomic Bulletin & Review*, *16*, 1058-1064.
- Poletiek, F.H., & Wolters, G. (2009). What is learned about fragments in artificial grammar learning? A transitional probabilities approach. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *62*, 868-876.
- Pothos, E.M. (2005). Expectations about stimulus structure in implicit learning. *Memory and Cognition*, *26*, 171-181.
- Pothos, E.M. (2007). Theories of artificial grammar learning. *Psychological Bulletin*, *133*, 227-244.
- Reber, A.S. (1967). Implicit learning of artificial grammars. *Journal of Verbal learning and Verbal Behavior*, *6*, 855-863.
- Reber, A.S. (1969). Transfer of syntactic structure in synthetic languages. *Journal of Experimental Psychology*, *81*, 219-235.
- Reber, A.S. (1989a). Implicit learning and tacit knowledge. *Journal of Experimental Psychology: General*, *118*, 219-235.
- Reber, A.S. (1989b). More thought on the conscious: Reply to Brody and to Lewicki and Hill. *Journal of Experimental Psychology: General*, *118*, 242-244.
- Reber, A.S. (1992). The cognitive unconscious: An evolutionary perspective. *Consciousness and Cognition*, *1*(2), 93-133.

- Reber, A.S. (1993). *Implicit learning and tacit knowledge: An essay on the cognitive unconscious*. New York: Oxford University Press.
- Reber, A.S., & Allen, R. (1978). Analogy and abstraction strategies in synthetic grammar learning : A functionalist interpretation. *Cognition*, 6, 189-221.
- Reber, A.S., & Allen, R. (2000). Individual differences in implicit learning. Dans R.G. Kunzendorf et B. Wallace (Eds), *Individual differences in conscious experience*. Philadelphia: John Benjamin.
- Reber, A.S., Allen, R., & Reber, P.J. (1999). Implicit and explicit learning; in R. Steinberg (ED.), *The nature of cognition*, Cambridge, MA: MIT Press.
- Reber, A.S., & Lewis, S. (1977). Implicit learning: An analysis of the form and structure of a body of tacit knowledge. *Cognition*, 5, 333-361.
- Reber, A.S., Walkenfeld, F.F., & Hernstadt, R. (1991). Implicit and explicit learning: individual differences and IQ. *Journal of Experimental Psychology: learning, Memory, and Cognition*, 17, 888-896.
- Reber, P.J., Martinez, L.A., & Weintraub, S. (2003). Artificial grammar learning in Alzheimer's disease. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 3(2), 145-153.
- Redington, M., & Chater, N. (1996). Transfer in artificial grammar learning: A reevaluation. *Journal of Experimental Psychology: General*, 125, 123-138.
- Redington, M., & Chater, N. (2002). Knowledge representation and transfer in artificial grammar learning. In: French RA and Cleeremans A (eds.) *Implicit Learning*, pp. 121-143. London: Routledge, Psychology Press.
- Roediger, H.L. (1990). Implicit memory: A commentary. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 28, 373-380.
- Roter, A. (1985, cité par Reber 1993). *Implicit learning from a developmental perspective: Can children learn implicitly as well as adults?* Manuscript no submitted for publication.
- Rovee-collier, C. (1990). The "memory system" of prelinguistic infants. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 608, 517-542.
- Rowland, L.A., & Shanks, D.R. (2006). Attention modulates the learning of multiple contingencies. *Psychonomic Bulletin & Review*, 13, 643-648.
- Saffran, J.R. (2002). Constraints on statistical language learning. *Journal of Memory and Language*, 47(1), 172-196.
- Saffran, J.R., Aslin, R.N., & Newport, E.L. (1996). Statistical learning by 8-month-old infants. *Science*, 274, 1926-1928
- Saffran, J.R., Johnson, E.K., Aslin, R.N., & Newport, E.L. (1999). Statistical learning of tone sequences by human infants and adults. *Cognition*, 70, 27-52.
- Schneider, W., & Shiffrin, R. (1977). Controlled and automatic human information processing: Detection, search and attention. *Psychological Review*, 84, 1-66.

- Schneider, W., & Shiffrin, R.M. (1985). Categorization (restructuring) and automatization: Two separable factors. *Psychological Review*, *92*, 424-428.
- Seeger, C.A. (1994). Implicit learning. *Psychological Bulletin*, *115*, 163-196.
- Seeger, C.A., Prabhakaran, V., Poldrack, R.A., & Gabrieli, J.D.E. (2000). Neural activity differs between explicit and implicit learning of artificial grammar strings: An fMRI study. *Psychology*, *28*, 283-292.
- Servan-Schreiber, E. (1991). *The competitive chunking Theory: models of Perception, Learning, and Memory*. Doctoral Dissertation, Department of Psychology, Carnegie-Mellon University.
- Servan-Schreiber, E., & Anderson, J.R. (1990). Learning artificial grammars with competitive chunking. *Journal of Experimental Psychology : learning, Memory, and Cognition*, *16*, 592-608.
- Shanks, D.R., Johnstone, T., & Staggs, L. (1997). Abstraction processes in artificial grammar learning. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *50A*, 216-252.
- Shanks, D.R., & St. John, M. (1994). Characteristics of dissociable human learning systems. *Behavioral and Brain Sciences*, *17*, 367-447.
- Shanks, D.R., Wilkinson, L., & Channon, S. (2003). Relationship between priming and recognition in deterministic and probabilistic sequence learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *29*, 248–261.
- Shimamura, A.P. (1985). Problems with the finding of stochastic independence as evidence for multiple memory systems. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *11*(1), 1-13.
- Siebert, R.J., Taylor, K.D., Weatherall, M., & Abernethy, D.A. (2006). Is implicit learning impaired in Parkinson's disease? A meta-analysis. *Neuropsychology*, *20*(4), 490-495.
- Sigman, M., & Sena, R. (1993). Pretend play in high risk and developmentally delayed children. *New Directions for Child Development*, *59*, 29-42.
- Socari, S.A., Jr., Deckner, C.W., Baumeister, A.A., & Carlin, M.T. (1990). Attentional functioning and relational learning. *American Journal on Mental Retardation*, *95*, 304-315.
- Sokolov, E.N. (1963). *Perception and the conditioned reflex*. New York: Macmillan.
- Sperber, R., & McCauley, C. (1984). Semantic processing efficiency in the mentally retarded; In P.H. Brooks, R. Sperber, & C. McCauley (Eds.), *Learning and cognition in the mentally retarded* (pp. 414-163). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Spitz, H.H. (1969). Effect of stimulus information reduction on search time of retarded adolescents and normal children. *Journal of Experimental Psychology*, *82*(3), 482-487.
- Spitz, H.H. (1979). Beyond field theory in the study of mental deficiency. In N.R. Ellis (Ed.), *Handbook of mental deficiency, psychological theory and research* (2nd ed., pp. 121-141).

- Spitz, H.H., & Webreck, C.A. (1972). Effects of spontaneous vs. externally-cued learning on the permanent storage of a schema by retardates. *American Journal of Mental Deficiency, 77*, 163–168.
- Stadler, M.A. (1992). Statistical structure and implicit serial learning. *Journal of Experimental psychology: Learning, Memory, and Cognition, 18*, 318-325.
- Stadler, M.A. (1995). Role of attention in implicit learning and maps of cortical motor out-put. *Science, 265*, 1600-1601.
- Stadler, M.A., & Frensch, P.A. (1994). Whither learning, whither memory? *Behavioral and brain Sciences, 17*, 423-424.
- Stadler, M.A., & Frensch, P.A. (1998, Eds.). *Handbook of implicit learning*. Thousands Oaks: Sage Publications.
- Takegata, R., & Furutuka, T. (1993). Perceptual priming effect in mentally retarded persons: Implicit and explicit remembering. *Japanese Journal of Educational Psychology, 41(2)*, 176-182.
- Tanaka, D., Kiyokawa, S., Yamada, A., Dienes, Z., & Shigemasa, K. (2008). Role of selective attention in artificial grammar learning. *Psychonomic Bulletin & Review, 15*, 1154-1159.
- Thomas, K.M., Hunt, R.H., Vizueta, N., Sommer, T., Durston, S., Yang, Y., & Worden, M.S. (2004). Evidence of developmental differences in implicit sequence learning: An fMRI study of children and adults. *Journal of Cognitive Neuroscience, 16*, 1339-1351.
- Thomas, K.M., & Nelson, C.A. (2001). Serial reaction time learning in preschool- and school-age children. *Journal of Experimental Child Psychology, 79*, 364-387.
- Treisman, A.M., & Gelade, G. (1980). A feature-integration theory of attention. *Cognitive Psychology, 12*, 97–136.
- Treisman, A., & Gormican, S. (1988). Feature analysis in early vision: Evidence from search asymmetries. *Psychological Review, 95*, 15–48.
- Tulving, E., & Markowitsch, H.J. (1998). Episodic and declarative memory: The role of the hippocampus. *Hippocampus, 8*, 198–204.
- Tunney, R.J. (2005). Sources of confidence judgments in implicit cognition. *Psychonomic Bulletin & Review, 12(2)*, 367-373.
- Tunney, R.J. (2010). Similarity and confidence in artificial grammar learning. *Experimental Psychology, 57(2)*, 160-168.
- Tunney, R.J., & Altmann, G.T.M. (1999). The transfer effect in artificial grammar learning: Re-appraising the evidence of transfer of sequential dependencies. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 25*, 1322-1333.
- Tunney, R.J., & Altmann, G.T.M. (2001). Two modes of transfer in artificial grammar learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 27(3)*, 614-639.
- Van den Bos, E.J., & Poletiek, F.H. (2010). Structural Selection in Implicit Learning of Artificial Grammars. *Psychological Research, 74*, 138-151.

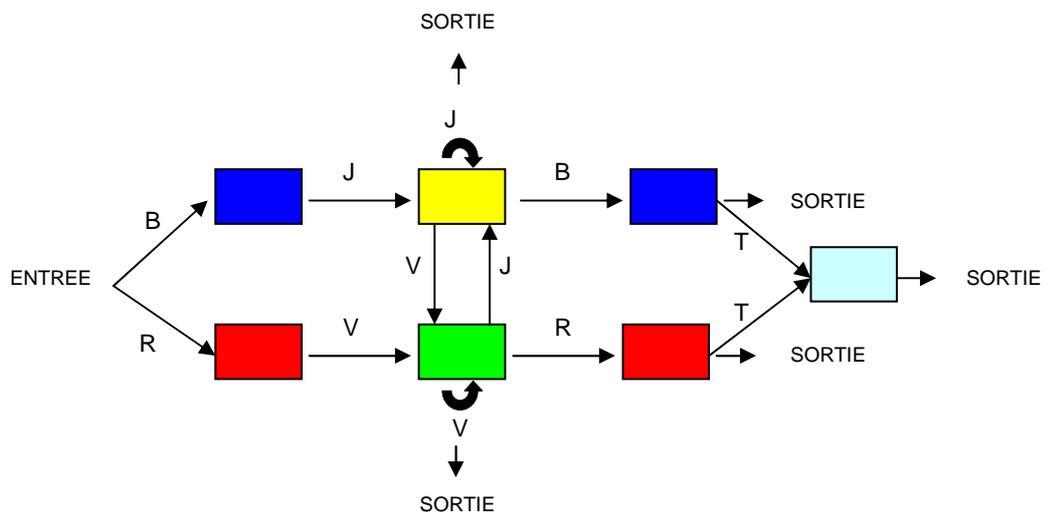
- Van der Linden, M., Cornil, V., Meulemans, T., Salmon, E., Ivanoiu, A., & Coyette, F. (2001). Acquisition of a novel vocabulary in an amnesic patient. *Neurocase*, 7, 283-293.
- Van der Linden, M., Meulemans, T., & Lorrain, D. (1994). Acquisition of new concepts by two amnesic patients; *Cortex*, 30, 305-317.
- Van Sommers, P. (1984). *Drawing and Cognition*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Verfaellie, M. (2000). Semantic learning in amnesia. In L. S. Cermak (Ed.), *Handbook of neuropsychology* (2nd ed., Vol. 2, pp. 335–354). Amsterdam:Elsevier Science.
- Vicari, S. (2001). Implicit versus explicit memory function in children with Down and Williams syndrome. *Down Syndrome Research and Practice*, 7, 35-40.
- Vicari, S., Bellucci, S., & Carlesimo, G.A. (2000). Implicit and explicit memory: a functional dissociation in persons with Down syndrome. *Neuropsychologia*, 38, 240-251.
- Vicari, S., Bellucci, S., & Carlesimo, G.A. (2001). Procedural learning deficit in children Williams syndrome. *Neuropsychologia*, 39(7), 665-677.
- Vinter, A., & Detable, C. (2003). Implicit learning in children and adolescents with mental retardation. *American Journal on Mental Retardation*, 108, 94-107.
- Vinter, A., & Detable, C. (2008). Implicit and explicit motor learning in children with and without Down syndrome. *British Journal of Developmental Psychology*, 26(4), 507-523.
- Vinter, A., & Marot, V. (2007). The development of context sensitivity in children's graphic copying strategies. *Developmental Psychology*, 43, 94-110.
- Vinter, A., & Perruchet, P. (1994). Is there an implicit level of representation ? *Behavioral and Brain Sciences*, 17, 730-731.
- Vinter, A., & Perruchet, P. (1999). Isolating unconscious influences: the neutral parameter procedure. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 52A, 857-875.
- Vinter, A., & Perruchet, P. (2000). Implicit learning in children is not related to age: Evidence from drawing behavior. *Child Development*, 71, 1223-1240.
- Vinter, A., & Perruchet, P. (2002). Implicit motor learning through observational training in adults and children. *Memory & Cognition*, 30, 256-261.
- Vokey, J.R., & Brooks, L.R. (1992). Salience of item knowledge in learning artificial grammars. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 18, 328-344.
- Vokey, J.R., & Brooks, L.R. (1994). Fragmentary knowledge and the processing-specific control of structural sensitivity. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 20, 1504-1510.
- Weiss, B., Weisz, J.R., & Bromfield, R. (1986). Performance of retarded and non retarded persons on information-processing tasks: Further tests of the similar structure hypothesis. *Psychological Bulletin*, 100, 157-175.
- Weisz, J.R., & Zigler, E. (1979). Cognitive development in retarded and nonretarded persons: Piagetian tests of the similar sequence hypothesis. *Psychological Bulletin*, 86, 831-851.

- Whittlesea, B.W.A., & Dorken, M.D. (1993). Incidentally, things in general are particularly determined: An episodic-processing account of implicit learning. *Journal of Experimental Psychology*, 28, 842-850.
- Wiegersma, S. (1982). A control theory of sequential response production. *Psychological Research*, 44, 175-88.
- Wilkinson, L., & Shanks, D.R. (2004). Intentional control and implicit sequence learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 30, 354-369.
- Willems S., Adam S., & Van der Linden, M. (2002). Normal mere exposure effect with impaired recognition in Alzheimer's disease. *Cortex*, 38, 77-86.
- Witt, A., & Vinter, A. (2010). Learning implicitly to produce avoided behaviours.
- Wyatt, B.S., & Conners, F.A., (1998). Implicit and explicit memory in individuals with mental retardation. *American Journal on Mental Retardation*, 102, 511-526.
- Zeaman, D., & House, B.J. (1963). The role of attention in retardate discrimination learning. In N.R. Ellis (Ed.), *Handbook of mental deficiency*. New York: McGraw-Hill.
- Zekulin-Hartley, X.Y. (1982). Selective attention to dichotic input of retarded children. *Cortex*, 18, 311-316.
- Zigler, E. (1962). Rigidity in the feebleminded. In E.P. Trapp & P. Himelstein (Eds.), *Readings on the exceptional child* (pp. 141-162). New York: Appleton-Century-Crofts.
- Zigler, E. (1967). Familial mental retardation: A continuing dilemma. *Science*, 155, 292-298.
- Zigler, E. (1969). Developmental versus difference theories of mental retardation and the problem of motivation. *American Journal of Mental Deficiency*, 73, 536-556.
- Zigler, E., & Balla, D. (1982). Introduction; The developmental approach to mental retardation; E. Zigler & D. Balla (Eds.), *Mental retardation: The developmental-difference controversy* (pp. 3-8)/ Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates;
- Zigler, E., & Hodapp, R. (1986). *Understanding mental retardation*. New York: Cambridge University Press.

# **ANNEXES**

## Annexe 1

Liste exhaustive des bigrammes, trigrammes et quadrigrammes grammaticaux possibles de générer avec la grammaire à état fini utilisée dans nos expériences, pour l'exemplaire ci-dessous.



Liste des 10 bigrammes grammaticaux:

**BJ – BT – JB – JJ – JV – RV – RT – VV – VJ – VR**

Liste des 20 trigrammes grammaticaux:

**BJJ – BJB – BJV – RVV – RVJ – RVR – JJV – JJJ – JBT – JJB – JVJ – JVV – JVR – VVV – VVJ – VVR – VJB – VRT – VJV – VJJ**

Liste des 42 quadrigrammes grammaticaux:

**BJBT – BJJJ – BJJB – BJJV – BJVJ – BJVR – RVVV – RVVR – RVVJ – RVJV – RVJB – RVRT – JJJJ – JJJB – JJJV – JJVV – JJVJ – JJVR – JJBT – JVVV – JVVJ – JVVVR – JVRT – JVJV – JVJB – JVJJ – VVVV – VVVVR – VVVJ – VVJJ – VVJB – VVRT – VJJJ – VJJV – VJJB – VJBT – VJVJ – VJVR – VJVV**

## Annexe 2

Tableau pour le recueil des performances des sujets au test de génération explicite.

Série présentée	Date de passation	Date de naissance	Drapeau entier	1 <sup>ères</sup> coule	2 <sup>èmes</sup> couleur	Répétitions ADJ	Répétitions non-ADJ	Couleur la + fréquente
F1ADJ								
F2ADJ								
F3ADJ								
F4ADJ								
F5ADJ								
F6ADJ								
F7ADJ								
F8ADJ								
F9ADJ								
F10ADJ								
F1non-ADJ								
F2non-ADJ								
F3non-ADJ								
F4non-ADJ								
F5non-ADJ								
F6non-ADJ								
F7non-ADJ								
F8non-ADJ								
F9non-ADJ								
F10non-ADJ								
F1ALEA								
F2ALEA								
F3ALEA								
F4ALEA								
F5ALEA								
F6ALEA								
F7ALEA								
F8ALEA								
F9ALEA								
F10ALEA								



**Résumé:** Cette thèse investigate l'apprentissage implicite d'une grammaire artificielle chez l'enfant avec et sans retard mental à travers le rôle des propriétés de surface du matériel (répétitions adjacentes ou non-adjacentes) et l'influence des instructions en phase test (tests de génération implicite ou explicite). Un des objectifs est de départager quatre des principaux modèles de l'apprentissage implicite en examinant la sensibilité aux propriétés de surface saillantes du matériel présenté à des enfants d'âges différents. La robustesse des capacités d'apprentissage implicite face au développement et au niveau intellectuel est également testée en rapport avec la perméabilité des instructions en phase test aux influences explicites. Enfin, ces travaux étudient l'appréhension des stimuli d'entraînement et l'adaptation comportementale progressive en fonction de l'âge des sujets et des caractéristiques perceptives et statistiques du matériel. Les résultats révèlent une sensibilité aux propriétés de surface spécifiques aux séquences d'entraînement plutôt qu'à la structure grammaticale à partir de laquelle elles ont été construites. Les Expériences 1 et 3 montrent que l'apprentissage est invariant face à l'âge et au niveau intellectuel lorsque les consignes limitent les contaminations explicites. En revanche, malgré une phase d'apprentissage identique aux Expériences 1 et 3, les Expériences 2 et 4 indiquent l'émergence d'effets d'âge et une altération des performances chez les enfants présentant un retard mental, lorsque les instructions délivrées en test sollicitent des processus intentionnels de récupération de l'information. L'Expérience 5 montre que différents types de saillances (perceptive, positionnelle et statistique) guident l'appréhension du matériel lors de la phase d'étude et ce, de manière concurrentielle, avant de conduire à la formation progressive d'unités plus complexes. Cette thèse apporte des éléments en faveur d'un apprentissage spécifique des stimuli, basé sur le traitement attentionnel de leurs propriétés de surface et la mise en œuvre de mécanismes associatifs de base. Elle confirme également les postulats de robustesse propres aux processus implicites et précise les précautions méthodologiques nécessaires à l'étude des capacités d'apprentissage implicite, telles que la neutralité des procédures aux influences explicites ou l'emploi d'un groupe contrôle.

**Mots clés:** apprentissage implicite, grammaire artificielle, développement, retard mental, test de génération, répétition, saillance perceptive.

**Abstract:** This thesis investigates artificial grammar implicit learning in mentally retarded and typically developing children through the role of the surface features (adjacent or non-adjacent repetitions) of the material and the influence of test instructions (implicit or explicit generation tests). One of the aims is to differentiate between four of the main implicit learning models by examining the sensitivity to the perceptually salient features of the material presented to children of different ages. The robustness of implicit learning capacities in the face of development and intellectual level is equally tested according to the permeability of the test instructions to explicit influences. Finally, these experiments study the apprehension of the training stimuli and the progressive behavioural adaptation as a function of the age of the participants and the perceptual and statistical characteristics of the material. The results reveal sensitivity to the specific surface features of the training sequences rather than to the grammatical structure from which they were built. On the one hand, Experiments 1 and 3 show that implicit learning is invariant with age and intellectual level when the test instructions limit the explicit contaminations. On the other hand, despite the same training phase used in Experiments 1 and 3, Experiments 2 and 4 indicate age effects and a performance impairment in children with mental retardation, when the test instructions elicit intentional information retrieval processes. Experiment 5 shows that different types of saliencies (perceptual, positional and statistical) guide the apprehension of the material during the training phase operating concurrently, before leading to the progressive formation of more complex units. This thesis brings elements in favour of a stimuli-specific learning, based on the attentional processing of their surface features and the involvement of basic associative mechanisms. It also confirms the postulates of robustness of implicit processes and states the methodological precautions that are necessary to the study of implicit learning capacities, such as the neutrality of the procedures to explicit influences or the use of a control group.

**Key words:** implicit learning, artificial grammar, development, mental retardation, generation test, repetition, perceptual saliency.