

[Cognitio.uqam.ca/2004](http://Cognitio.uqam.ca/2004)



---

# *Matière et esprit*

Actes de Cognitio 2004  
Colloque jeunes chercheurs en sciences cognitives

# *Matter and Mind*

Proceedings of Cognitio 2004  
Graduate students conference on cognitive science

---

Directeur de publication - Publication director  
Benoit Hardy-Vallée

**UQÀM**

Université du Québec à Montréal

En-ligne le 2 novembre 2004 | *Online november 2nd, 2004*  
<http://cognitio.uqam.ca/2004>

Page couverture | *Front page* :

*Matter Over Mind*. Copyright © 1998-2004, Eric D. Nguyen

Le colloque Cognitio s'est tenu les 29 et 30 avril 2004 au département de philosophie de l'Université du Québec à Montréal (UQÀM)

*The Cognitio Conference took place on april 29<sup>th</sup> and 30<sup>th</sup> 2004 at the philosophy department of the Université du Québec at Montreal (UQÀM)*

Organisation et édition | *Organization and edition* : Benoit Hardy-Vallée

Comité scientifique | *Scientific committee*: Jean-Frédéric De Pasquale & Benoit Hardy-Vallée

Le colloque et ses actes ont vu le jour grâce au soutien financier et technique du département de philosophie, du bureau de l'enseignement et des programmes et le laboratoire d'analyse cognitive de l'information (LANCI) de l'UQÀM.

*The conference and its proceedings were made possible thanks to the financial and technical support of the UQÀM philosophy department, bureau de l'enseignement et des programmes and laboratoire d'analyse cognitive de l'information (LANCI).*

*Matière et esprit*

*Matter and Mind*

## Table des matières - Table of content

<i>L'absence de relatives obliques standard chez les enfants francophones : variation et théorie syntaxique.</i> Isabelle Belzil .....	5
<i>On a test for predicting success in reading skill development: Anatomy of the RAN Task.</i> Eugene Borokhovski, Norman Segalowitz & Guy L.Lacroix .....	18
<i>De l'expérience onirique au rappel :synthèse des connaissances et élaboration d'un modèle cognitif.</i> Dominic Beaulieu-Prévost et Antonio Zadra .....	33
<i>Learning by imitation, by reinforcement and by verbal rules in problem solving.</i> Frédéric Dandurand, Melissa Bowen, Thomas Shultz .....	47
<i>Vieillessement cognitif et compréhension d'ambiguïtés lexicales : effet d'amorçage sémantique et familiarité du sens de paires homophoniques.</i> Aurélie Dommes et Marie-Louie Le Rouzo .....	60
<i>Le développement de la perception de la parole : étude des conflits entre les modalités auditive et visuelle.</i> Sophie Dupont .....	73
<i>Creativity and emotion: Reformulating the Romantic theory of art.</i> Joseph L. Flanders .....	95
<i>Structured Thoughts: The Spatial-Motor View.</i> Benoit Hardy-Vallée & Pierre Poirier .....	103
<i>Modeling artistic processes using production systems.</i> Jude Leclerc & Frédéric Gosselin .....	119
<i>The Role of Metacognition in Abduction: A Goal Theoretical Perspective.</i> Wenyan Zhou .....	131

# L'absence de relatives obliques standard chez les enfants francophones : variation et théorie syntaxique

Isabelle Belzil, Queen's University

Dans les relatives de type oblique, le mouvement *qu-* manifeste est obligatoire en français standard mais plusieurs études antérieures (Labelle 1988, Fragman 1998) ont démontré que cette forme standard n'est pas attestée chez l'enfant francophone de moins de 6 ans.

Ex.

Forme standard : l'amie de qui grand-mère parle

Forme non standard chez l'enfant : l'amie que grand-mère parle d'elle

Or, les résultats de la présente étude démontrent d'une part que l'enfant francophone produit certaines relatives obliques standard et d'autre part que les formes standard et non standard se retrouvent dans tous les types de relatives (sujet, COD, obliques). Cette omniprésence des deux formes nous amène à soutenir que l'enfant, comme l'adulte d'ailleurs, possède deux stratégies de production quant aux relatives, soit une avec mouvement *qu-* et l'autre avec la formation d'un prédicat co-indexé à l'antécédent. Les résultats obtenus sont donc analysés d'une optique variationniste. Bien que l'on retrouve la forme standard chez les adultes, certains d'entre eux utilisent aussi la forme non standard telle qu'on la retrouve chez l'enfant. Cela suppose que les locuteurs du français disposent de deux stratégies de production et que le choix d'une stratégie particulière dépend du contexte et du bagage lexical du locuteur. En considérant que l'enfant et l'adulte possèdent deux stratégies de production, cela implique qu'ils ont au sens chomskien la même grammaire, ce qui appuie l'hypothèse de continuité forte. Le but du présent article n'est pas d'aborder la question de continuité. Toutefois, les résultats ici présentés serviront à aborder ce sujet dans une étude ultérieure.

Le présent article se divise en quatre sections. La première section décrit brièvement le mouvement *qu-* et les différentes stratégies de productions attestées chez l'enfant, la deuxième revoit les hypothèses antérieures qui attribue une stratégie unique à l'enfant, la troisième décrit la méthodologie de notre étude ainsi que nos résultats et finalement dans la quatrième nous ferons un bref rappel des éléments qui nous ont amenée à soutenir que l'enfant possède deux stratégies de production et ce que cela implique en terme de continuité.

## 1. Types de relatives et formes attestées

On retrouve trois types de relatives obliques en français.

- (1) a. COI : La fille à qui papa parle
- b. Locative : La table où j'ai mis mes clés
- c. Génitive : Le garçon de qui je te parlais

Dans ces structures, le mouvement *qu-* est obligatoire en français standard. Dans chaque cas, la variable co-indexée à l'antécédent doit se déplacer de sa position de base pour aller se positionner sous le spécificateur CP, laissant ainsi une trace en

son lieu de relativisation original. Cette trace<sup>1</sup>, qui apparaît sous forme de vide phonétique, permet d'identifier l'objet du verbe et d'interpréter la phrase correctement. Ce déplacement est illustré en (2) où l'antécédent est «la fille».

- (2) La fille que je parle \_\_\_\_ (position de base de la variable co-indexée à l'antécédent)

La fille que je parle à qui (structure de base)

La fille à quii je parle ti (déplacement)



mouvement qu-

Or, les études antérieures n'ont pas relevé ce type de structures chez les enfants de moins de 6 ans. Trois formes non standard ont plutôt été relevées. (Labelle, 1988)

Ex. COI (standard : la fille à quii la maman parle ti)

Formes non standard attestées chez l'enfant :

- (3) a. avec np résomptif : La fille que la maman parle à **la fille**  
 b. avec pronom résomptif : La fille que la maman parle à **elle**  
 c. avec vide : La fille que la maman parle \_\_\_\_\_

Plusieurs études dont celle de Labelle (1988) et celle de Fragman (1998) notent que l'adulte produit aussi des relatives obliques non standard. Cette stratégie n'est pas donc pas unique à l'enfant.

- (4) forme non standard : Le gars que Luc est allé travailler pour lui (Tellier, 1991)  
 (forme standard : Le gars pour quii Luc est allé travailler ti)

### 1.2 Autres types de relatives : sujet et COD

On retrouve par contre chez l'enfant d'autres types de relatives qui sont standard. Les relatives sujet et COD diffèrent des relatives obliques car elles ne nécessitent pas la présence d'un opérateur manifeste en début de proposition enchâssée (1). Dans ces relatives, il est possible de soutenir qu'il y a le mouvement qu- d'un opérateur nul qui est non-audible ou bien qu'il n'y a pas de mouvement puisqu'un opérateur de base serait généré en début de proposition enchâssée. Voyons d'abord plus en détail l'hypothèse avec mouvement.

Selon cette analyse, dans les relatives sujet, on considère que le mouvement de l'opérateur nul donne le trait «+ animé» au complémenteur que, qui devient alors «qui».

- (5) a. Relative sujet standard : le bébé Opi qui ti pleure



Dans le cas des relatives COD, l'opérateur nul se déplace et laisse aussi une trace en son lieu de relativisation original. Cette trace permet l'identification adéquate du COD du verbe *prendre*.

- (6) a. Relative COD standard: le bébé Opi que papa prend ti



La deuxième explication possible et la plus probable dans les cas de relatives non standard formées avec pronom résomptif, c'est qu'il y a en début de proposition enchâssée un opérateur de base qui assure ainsi la co-indexation avec la variable,

<sup>1</sup> Voir Chomsky 1995 à propos de la théorie sur la copie et la fusion.

qu'elle soit ou non audible. Dans les cas ci-dessous, on retrouve des relatives sujet et COD avec pronom résomptif en (7a et bi et iii) ainsi qu'une relative avec np résomptif en (7bii).

- (7) a. Rel. sujet non standard : le bébé Opbi qu'ili pleure  
 b. Relative COD non standard : i. Le bébé Opbi que papa lei prend  
 ii. Le bébé Opbi que papa prend le bébéi  
 iii. Le bébé Opbi que soni papa prend

Il est aussi possible de considérer les relatives sujet et COD standard comme n'étant pas dérivées par mouvement. Cette hypothèse a été soutenue par Labelle et il en sera davantage question dans la section suivante.

Cela dit, que l'on soutienne que les relatives enfantines sont formées avec ou sans mouvement, il n'en demeure pas moins qu'il y a une variété des formes attestées. Dans la prochaine section il sera question de deux hypothèses sur le sujet : la première soutenant que toutes les relatives enfantines sont formées avec mouvement qu'il y ait ou non un élément résomptif, et la seconde soutient que les relatives enfantines sont construites sans mouvement, c'est-à-dire à partir d'un opérateur de base en début de proposition enchâssée qui assure la co-indexation.

## 2. Études antérieures : hypothèses proposées

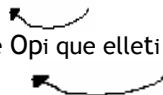
Deux hypothèses ont été proposées pour expliquer la variation au niveau des formes de relatives produites.

### 2.1 Mouvement qu- d'un élément abstrait (Pesetsky, 1982)

Cette hypothèse soutient que toutes les relatives sont dérivées par mouvement, que ce soit par le biais d'un opérateur nul ou d'un syntagme qu-.

(8) Position sujet : (standard) : La fille Opi qui ti parle

(non standard) : La fille Opi que elleti parle



Bien qu'unificatrice, cette hypothèse soulève divers problèmes. On ne peut dériver par mouvement qu- manifeste ou avec un opérateur nul une relative produite avec la stratégie résomptive (non standard) car cela briserait une importante contrainte reliée à ce type de mouvement, la sous-jacence. Cette hypothèse doit donc s'appuyer sur le fait que l'enfant laisse une trace immature qui est prononcée dans ces relatives.

Un des problèmes à propos de cette explication est qu'on ne peut soutenir que l'adulte laisse aussi une trace immature; on doit donc postuler que les relatives non standard chez l'adulte sont dues à des erreurs de performance. Donc, d'une part cette hypothèse propose une explication différente pour le même phénomène attesté chez l'adulte et l'enfant et en outre, elle n'explique pas pourquoi l'enfant n'a pas de trace immature dans les interrogatives, qui sont dérivées par le même mouvement.

### 2.2 Absence de mouvement qu- dans les relatives enfantines (Labelle, 1988, 1990, 1996)

Cette hypothèse soutient que toutes les relatives enfantines ne sont pas dérivées par mouvement mais bien selon les deux étapes suivantes :

- a. formation d'un prédicat : la fille **que** papa prend
- b. co-indexation avec l'antécédent : la fille + que papa prend

Labelle attribue l'absence de relatives obliques standard chez l'enfant au fait qu'il a déjà une stratégie de production des relatives conforme à sa grammaire (GU) et qu'il n'a pas besoin d'ajouter une stratégie supplémentaire à celle qu'il a déjà. De plus, cette hypothèse soutient que toutes les relatives, même celle avec mouvement qu- chez l'adulte, sont produites selon les deux étapes précédemment décrites.

Cette hypothèse a été critiquée par Guasti et Shlonsky 1995, et par Fragman 1998, qui affirment qu'il est difficile de soutenir que les relatives avec vide en position sujet et COD ne sont pas formées par mouvement qu-. De plus, le fait que l'enfant attende si longtemps avant d'utiliser une stratégie disponible dans sa grammaire semble peu plausible compte tenu du fait qu'il l'utilise dans les interrogatives (9).

(9) Ex : À qui tu parles ti maman ?



Toutefois, nous soutenons qu'il ne faut pas rejeter d'emblée l'hypothèse proposée par Labelle, car elle présente une analyse qui n'implique pas de présupposer l'existence d'une trace immature. En ce sens, cette hypothèse est unificatrice car elle propose un modèle d'une grammaire enfantine qui a tous les outils nécessaires mais qui évolue avec le temps. Comme cette hypothèse soutient que l'enfant tout comme l'adulte construisent leurs relatives de la même manière, soit par la formation d'un prédicat co-indexé à l'antécédent, la seule différence qui explique la diversité dans les formes attestées est l'ajout de la dérivation par mouvement chez l'adulte.

### 3. La présente étude : méthodologie et résultats

#### 3.1 Méthodologie

La présente étude est effectuée dans le cadre d'un mémoire de maîtrise et s'échelonne sur une période de 3 mois. Le développement des relatives chez deux enfants francophones, deux filles âgées de 4;4.25 et de 6;0.17 ans<sup>2</sup>, est au cœur même de ce projet. Deux types de tests, de production et d'acceptabilité, sont effectués à intervalles réguliers, soit toutes les deux semaines pour les tests de production et toutes les 4 semaines pour les tests d'acceptabilité. Les tests de production comprennent 12 stimuli oraux (4 sujet, 4 COD, 4 obliques) suivis de questions et les tests d'acceptabilité sont constitués de 12 phrases présentées sous diverses formes non standard et sous la forme standard. De plus, des données recueillies en conversation libre viennent compléter les tendances observées au moyen des tests. Cette étude est présentement en cours et donc les résultats présentés ici comprennent 4 des 7 tests de production ainsi que 2 des 3 tests d'acceptabilité. En ce sens, cet article fait la mise au point des tendances observées jusqu'à maintenant et sert d'outil afin d'orienter notre analyse.

<sup>2</sup> Les deux sujets de la présente étude habitent la région de Clarington en Ontario, une région anglo-dominante. Les deux participantes sont francophones et possèdent l'anglais comme langue seconde.

### 3.2 Résultats

#### Relatives sujet

Les résultats aux tests de production ont corroboré les études précédentes car bien qu'une forte majorité de relatives produites, soit 96.87% (31/32) soient conformes au modèle standard, la forme non standard est tout de même présente, et ce, chez les deux participantes. On voit en (10) la relative non standard produite par l'enfant de 6 ans.

(10) stimulus : Une fille lance un ballon et une autre fille fait de la bicyclette.

Q. Quelle fille aimerais-tu être?

6;1.7 la fille que elle fait de la bicyclette

Pour ce qui est de l'enfant de 4 ans, c'est en conversation libre qu'une relative sujet avec liage pronominal (non standard) a été répertoriée.

(11) C'est moi que je sais comment faire

(standard : c'est moi qui sais comment faire)

#### 4. Tests d'acceptabilité

Les tests d'acceptabilité ont pour but d'observer de façon complémentaire la performance de l'enfant. Pour chaque énoncé présenté à l'enfant, on lui propose la forme standard (qui) et les formes non standard avec liage pronominal (qu'il, qu'elle, qu'a). Voici un exemple de stimulus.

(12) Stimulus : Une fleur fane. Lorsque tu veux parler de cette fleur là, est-ce que tu trouves correcte de dire :

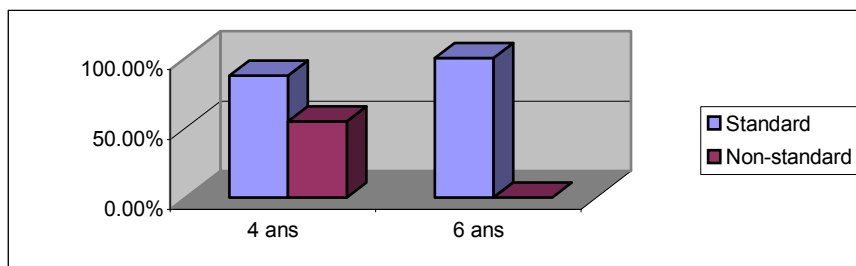
1- la fleur qui fane

2- la fleur qu'elle fane

3- la fleur qu'a fane

Le tableau en (13) fait état des pourcentages des formes acceptées selon les participantes. Les pourcentages sont calculés selon le nombre de phrases acceptées pour le nombre d'énoncés proposés.

(13) Pourcentage des relatives sujet acceptées selon la forme



L'enfant de 4 ans accepte les deux formes mais préfère la forme standard (7/8). La forme non standard a été acceptée dans 54.5% des cas (6/11). Pour ce qui est de l'enfant de 6 ans, elle n'a accepté que la forme standard. Malgré cela, il faut se rappeler que les deux participantes ont produit au moins un énoncé non standard.

#### Relatives COD

Un nombre plus important de stratégies utilisées dans le cas des relatives COD nous a amenée à analyser séparément les productions des participantes, et ce, afin

d'avoir une vue d'ensemble ainsi qu'un aperçu de l'évolution des stratégies en fonction de l'âge des sujets.

### **Tests de production chez l'enfant de 4 ans**

L'enfant de 4 ans évite de produire des relatives de ce type dans 75% des cas (12 cas sur 16). Elle utilise plutôt des relatives de type sujet (14) ou répond par un énoncé restrictif (14).

(14) Stimulus : Un garçon conduit une voiture et une dame conduit une voiture.

Q. Quelle voiture préfères-tu?

4; 5.10 Celle avec le garçon qui conduit

(15) Stimulus : Maman fait du poulet et R. fait du poulet.

Q. Quel poulet préfères-tu?

4; 5.23 R.

Cela dit, des 4 relatives COD produites par l'enfant, deux étaient standard (16) (toutefois incomplètes), une contenait un nom (np) résomptif (17) et l'autre était inachevée (18).

(16) a. 4; 4.25 Qu'a déroule là (antécédent manquant *la balle*)

b. 4; 4.25 La carotte le lapin mange (complémenteur absent, attesté en français canadien)

(17) 4; 6.7 La couche que mon frère met des couches

(18) 4; 6.7 celle que grand-mère

Certes, le nombre de relatives COD produites est minime mais la diversité des formes semble suggérer que l'enfant n'a pas une stratégie unique.

Pour ce qui est des données recueillies en conversation libre, aucune relative COD n'a jusqu'à maintenant été répertoriée, et ce, chez les deux sujets. Pendant la deuxième partie de l'étude, l'accent sera davantage mis sur ce type de données afin d'approfondir les résultats obtenus lors des tests.

### **Tests d'acceptabilité**

Les tests au niveau des COD sont constitués de 4 stimuli pour lesquels trois formes sont proposées soit, standard, avec pronom résomptif, et avec np résomptif. L'ordre dans lequel les formes sont présentées à l'enfant varie de façon à éviter que l'accent soit mis sur une forme plutôt qu'une autre. On présente par exemple une séquence (19) np résomptif /standard /pronom résomptif puis ensuite la séquence standard/ np résomptif / pronom résomptif.

(19) 1- les bananes que Vincent mange les bananes

2- les bananes que Vincent mange

3- les bananes que Vincent les mange

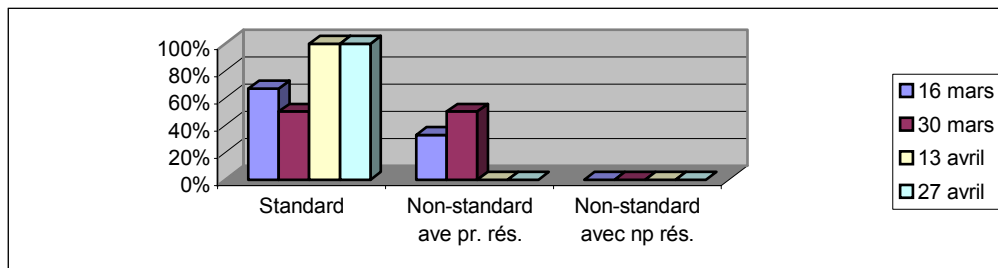
Les résultats aux tests d'acceptabilité indiquent que l'enfant de 4 ans accepte toutes les formes mais dans des proportions différentes. La forme standard a été jugée correcte 5 fois sur 7 (71.4%) alors que la forme avec pronom résomptif a été acceptée 6 fois sur 7 (85.7%) puis la forme avec np résomptif a été acceptée 4 fois sur 7 (57%). Les données semblent indiquer une légère préférence pour la stratégie avec pronom résomptif. Toutefois, les tests ultérieurs pourront nous renseigner davantage sur ce point. Il n'en demeure pas moins que dans les tests de production tout comme dans ceux d'acceptabilité, le choix de l'enfant n'est pas arrêté sur une forme en particulier.

Cela peut être attribuable au fait que les tests d'acceptabilité requièrent des capacités métalinguistiques que l'enfant n'a pas encore développées.

### **Tests de production chez l'enfant de 6 ans**

Contrairement à l'enfant de 4 ans, cette participante produit principalement des relatives de type COD. Elle utilise d'autres stratégies dans seulement 28.6% (4/14) des cas. Le graphique en (20) indique clairement que la forme standard est préférée (7 fois sur 10).

(20) Participante de 6 ans : production de relatives COD



D'ailleurs lors des deux derniers tests (21), la forme non standard avec pronom résomptif semble avoir été abandonnée au profit de la forme standard.

(21) Réponses tirées du dernier test (27 avril 2004)

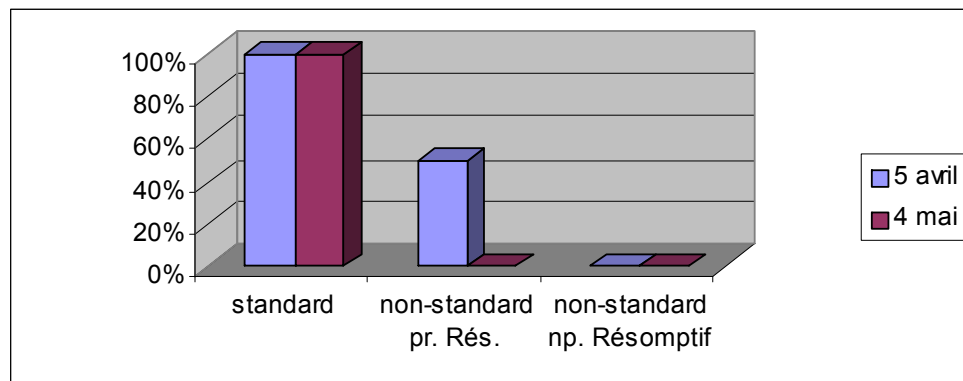
- a. Formes standard
  - 1 -Le cadeau que grand-mère donne
  - 2- Les couches que le frère porte
  - 3-Le chocolat que moi je mange
- b. Autre stratégie
  - 4-La photo de maman

Si l'on compare les deux enfants, il est clair que la variété dans les formes attestées est plus restreinte pour cette enfant que pour l'enfant de 4 ans. L'enfant de 6 ans ne produit pas de relatives avec np résomptif et dans 2 des 4 tests, seule la forme standard est utilisée.

### **Tests d'acceptabilité**

Le graphique en (22) indique une nette préférence pour la forme standard mais la forme avec pronom résomptif est quand même acceptée.

(22) Pourcentage des relatives COD acceptées selon la forme (6 ans)



L'enfant a toujours accepté la forme standard (7 fois sur 7). Quant à la forme avec pronom résomptif seule celles-ci ont été jugées acceptable par l'enfant.

- (23) a- la fille que la maman l'endort  
b- la musique que la fille l'écoute

Les tests d'acceptabilité appuient ainsi la tendance d'abandon de la forme résomptive telle qu'observée dans les tests de production. La forme avec np résomptif est absente dans les deux tests.

- (24) a. Production :  
a. standard : Celle que le chat roule roule roule (16 mars)  
b. non standard : La fille que son papa la chatouille  
b. Acceptabilité :  
a. standard : la fille que la maman endort  
b. non standard : la fille que la maman l'endort

### *Relatives obliques*

Les différents types de relatives obliques ont été testés comme faisant partie d'un ensemble homogène. Or, une analyse plus poussée des stratégies de production a révélé que celles-ci variaient en fonction des types de relative à produire, c'est pourquoi nous traitons ici chaque type de relatives individuellement, et ce, tout en abordant les résultats des deux participantes de façon parallèle.

### *Relatives COI*

Les prépositions *à*, *pour* et *avec* ont été présentées en stimuli aux enfants. Toutefois, le caractère commutatif de la préposition *avec* amène l'enfant, tout comme l'adulte d'ailleurs tel que nous avons pu l'observer dans l'étude de Fragman, à produire des relatives sujet. Cela dit, très peu de relatives de ce type ont été répertoriées. On en compte 1 avec np résomptif (25) chez l'enfant de 4 ans et 2 avec pronoms résomptifs (26) chez l'enfant de 6 ans. Donc aucune des participantes n'a produit de relative COI standard.

- (25) 4;.4.25 celle que maman fâche la fille (np. résomptif)  
(26) 6;.0.17 la fille que sa maman chante pour elle (pr. rés.)  
6;.2.0 la fille Nancy chante pour elle (sans complément, attesté en français canadien)

### *Tests d'acceptabilité*

Les participantes ont dû évaluer deux relatives<sup>3</sup> (27) et (28) COI lors du premier test et une (29) lors du deuxième.

- (27) 1- la maman que la fille mange avec elle  
 2- la maman avec qui la fille mange  
 3- la maman que la fille mange avec la maman  
 4- la maman que la fille mange avec
- (28) 1- le bébé que la maman chante pour lui  
 2- le bébé que la maman chante pour le bébé  
 3- le bébé pour qui la maman chante  
 4- le bébé que la maman chante pour
- (29) 1- le garçon à qui je parle  
 2- le garçon que je parle  
 3- le garçon que je parle au garçon  
 4- le garçon que je parle à lui

Au total, l'enfant de 4 ans a accepté la forme standard 2 fois sur 3 (28 et 29), la forme avec pronom résomptif 3 fois sur 4 puis la forme avec np résomptif 2 fois sur 3. Ces résultats bien que minimes, reflètent quand même une fois de plus une variété des formes acceptées.

Pour ce qui est de l'enfant de 6 ans, elle a toujours accepté la forme standard (3/3) et n'a accepté que deux formes avec pronom résomptif (27.1 et 27.4), et ce lors du premier test. Une fois encore, la forme avec np résomptif est toujours rejetée chez cette enfant.

Les deux participantes semblent constantes quant à leur préférence pour certaines formes. Toutefois, alors qu'au niveau des relatives sujet et COD les résultats des tests d'acceptabilité allaient de pair avec les productions des enfants, ici ce n'est pas le cas, du moins pour l'enfant de 6 ans. Cette enfant accepte davantage la forme standard mais ne produit que la forme avec pronom résomptif. Cela pourrait s'expliquer par un bagage lexical limité. Les opérateurs relatifs nécessaires à la production des relatives obliques sont nombreux et doivent fréquemment s'accorder en genre et en nombre. Les opérateurs comme *auquel*, *à laquelle*, *pour lequel* sont complexes et ne font peut-être pas encore partie du bagage lexical de l'enfant à ce stade du développement langagier.

### *Relatives locatives*

Au total, 8 stimuli appelant la production de relatives locatives ont été présentés à l'enfant de 4 ans et 7 à l'enfant de 6 ans<sup>4</sup>. L'enfant de 4 ans n'en a produit que 3.

- (30) 1. celle que papa trouve ses clés (13 avril)  
 2. La petite fille que le clown dans la maison de la fille (27 avril)  
 3. La maison que papa perd ses clés (27 avril)

Ce qui ressort de ces exemples est que peu importe si la locative est complète ou non, l'enfant restreint l'antécédent à l'aide du complémenteur *que*. Donc, qu'il y

---

<sup>3</sup> Lors du premier test (27 et 28) la forme avec vide n'avait pas été proposée à l'enfant. Nous expliquons ce fait car l'étude en était encore à une étape préliminaire d'exploration des tendances attestées chez les enfants.

<sup>4</sup> La séance du 30 mars avec l'enfant de 6 ans fut interrompue.

ait ou non une variable prononcée, il n'y a certes pas de mouvement qu- dans ces relatives à moins de postuler l'existence d'une trace immature. Ce qui semble très difficile à soutenir surtout dans le cas des relatives avec np résomptif. (Labelle, 1996)

Pour ce qui est de l'enfant de 6 ans, elle a produit des relatives locatives lors des 7 stimuli, dont une standard (31), 4 avec pronom résomptif (32) et 2 avec vides (variable non-prononcée) (33).

- (31) la maison où papa a perdu ses clés (27 avril)
- (32) la fille que le chien aboie derrière (16 mars)  
celle que la fille se cache en dessous (16 mars)  
la petite fille qu'un monstre entre chez elle (27 avril)
- (33) la maison que le papa perd ses clés (13 avril)  
le lit que le bébé pleure (13 avril)

La relative en (31) est standard et on l'analyse généralement comme étant dérivée par mouvement qu-. Pourrait-on alors attribuer cette relative au fait que l'enfant est déjà âgée de 6 ans et qu'elle commence à produire des phrases plus complexes? Il semble que ce ne soit pas le cas car les données recueillies en conversation libre nous ont fait découvrir que l'enfant de 4 ans produisait aussi ce type de structures (34).

- (34) situation : l'enfant croyait s'être fait piquer le pied par une tarentule, je lui ai alors expliqué que les tarentules ne vivaient que dans les autres pays. Elle a alors dit...  
4; 6.16 On va jamais dans les pays où ce que les tarentules vivent.

De plus, 3 autres relatives de ce type ont été répertoriées chez l'enfant de 6 ans. Voici un exemple.

- (35) situation : l'enfant voulait aller chercher sa balle et son bâton de baseball à la maison, je lui ai donc demandé pourquoi. Elle a répondu que c'était parce qu'elle voulait aller jouer ...

6; 1.17 À l'endroit où ce que les choses de baseball sont.

Bien que les relatives formées avec *où ce que* ne sont pas considérées comme standard sur le plan prescriptif, il n'en demeure pas moins qu'elles sont dérivées par mouvement car un opérateur manifeste apparaît en début de proposition enchâssée. Il semble donc que même à 4 ans, l'enfant possède la stratégie de dérivation par mouvement dans les relatives. Cela indique que tout comme l'adulte, l'enfant possède deux stratégies de production pour ce type de structures.

### **Tests d'acceptabilité**

Les mêmes tendances se répètent une fois de plus. L'enfant de 4 ans accepte davantage les formes non standard mais accepte la forme standard introduite par *où*.

- (36) Locatif : stimulus : Grand-mère va au camping
  1. le camping que grand-mère va
  2. le camping auquel grand-mère va
  3. le camping où grand-mère va
  4. le camping que grand-mère va au camping

De plus, lors du premier test, l'enfant a rejeté les deux formes (37) qui sont constituées d'opérateurs complexes et qui sont possiblement moins courant dans son environnement linguistique. Cela indique que ce n'est pas le mouvement qui pose problème à l'enfant mais bel et bien la connaissance des opérateurs relatifs nécessaires à ce type de construction.

- (37) a. la fille chez qui j'ai dansé  
b. la table sur laquelle j'ai mis mes clés

Pour ce qui est de l'enfant de 6 ans, elle n'accepte une fois de plus que les formes standard et avec pronom résomptif. La forme standard est toujours acceptée (4/4) et contrairement à l'enfant de 4 ans, elle n'accepte pas uniquement les relatives standard introduites par *où*. La locative testée le 4 mai (38) nous indique que même si l'enfant ne produit que des relatives avec *où*, elle accepte d'autres formes.

- (38) Locatif : stimulus : Grand-mère va au camping
1. le camping que grand-mère va
  2. le camping auquel grand-mère va (accepté)
  3. le camping où grand-mère va (accepté)
  4. le camping que grand-mère va au camping

De plus, lors du premier test, 2 relatives standard avec d'autres groupes relatifs que *où* lui ont été présentés et elle les a acceptés.

- (39) 1. la table sur laquelle j'ai mis mes clés  
2. la fille chez qui j'ai dansé

En général, on peut observer une correspondance assez significative entre les tests de production et d'acceptabilité, car dans les deux cas l'enfant de 4 ans tend davantage vers les formes non standard et l'enfant de 6 ans tend davantage vers les formes standard. Toutefois, alors que l'enfant de 6 ans juge acceptable des relatives formées avec des opérateurs complexes, elle n'en produit aucune. Il semble donc que la question du bagage lexical soit une explication possible quant à la très faible fréquence des relatives obliques avec hamelinage de la préposition. Les opérateurs complexes sont acceptés par l'enfant mais ne sont pas encore intégrés à son vocabulaire au niveau de la production.

### *Relatives génitives*

Un seul stimulus de ce type a été présenté aux tests de production (40).

- (40) stimulus : Grand-père parle d'un ami et Grand-mère parle d'une amie.  
Q. Quel ami préfères-tu?  
a. 4; 6.7 l'amie de grand-mère  
b. 6; 2.0 l'amie que grand-mère parle \_\_\_\_\_  
(forme standard : l'ami de qui grand-mère parle)

L'enfant de 4 évite de produire des relatives de ce type en produisant un énoncé restrictif, quant à l'enfant de 6 ans, elle en a produit une non standard avec vide (40b).

### *Tests d'acceptabilité*

Tout comme pour les tests de production, une seule relative génitive (41) a été présentée aux participantes. À l'instar des autres relatives obliques, l'enfant de 4 ans rejette la forme standard au profit de la forme avec pronom résomptif (41.1) et de la forme avec vide (41.3). Quant à l'enfant de 6 ans, elle n'accepte que la forme standard (41.2).

- (41) stimulus : Je parle d'une enseignante.
1. l'enseignante que je parle d'elle
  2. l'enseignante de qui je parle
  3. l'enseignante que je parle
  4. l'enseignante que je parle de *l'enseignante*

Bien qu'on ne puisse s'appuyer sur un seul exemple, il semble tout de même que les mêmes tendances se répètent dans toutes les relatives de type oblique, c'est-

à-dire, une plus grande variété de formes acceptées chez l'enfant de 4 ans, puis une acceptation quasi-exclusive de la forme standard chez l'enfant de 6 ans.

### 5. Interprétation des résultats et conclusion

Globalement, nos tests indiquent que les deux enfants sont en mesure de produire des relatives standard et non standard. En ce qui a trait aux relatives sujet, elles sont chez les deux participantes presque uniquement standard. Pour ce qui est des relatives COD, il y a déjà davantage de variations. D'une part on remarque que l'enfant de 4 ans produit peu d'énoncés de ce type et d'autre part, que parmi les quatre relatives produites, on retrouve un nombre égal de formes standard et non standard. Chez l'enfant de 6 ans, la forme standard est présente dans 70% (7/10) des cas, ce qui indique qu'il y a une évolution au niveau des choix de stratégies entre 4 ans et 6 ans.

Les mêmes tendances se dessinent au niveau des relatives obliques. Il y a toujours davantage de variations chez l'enfant de 4 ans. Cela peut être attribuable au fait que l'enfant est moins âgée et qu'elle est donc moins sensible au caractère prescriptif de la langue. Toutefois, cela n'implique pas que sa grammaire est différente de celle de l'adulte. Cela implique au contraire que l'enfant possède plus d'une stratégies et que l'environnement dans lequel l'enfant évolue influence ces choix de stratégies. Plus l'enfant vieillit, plus il devient en contact avec le caractère prescriptif de la langue, ce qui explique possiblement la préférence pour la forme standard telle qu'observée chez l'enfant de 6 ans.

En ce qui a trait aux relatives obliques, les deux participantes ont produit des relatives locatives introduites par *où*. Cela indique que les enfants possèdent tous les outils syntaxiques requis pour ce type de construction et il semble donc très plausible d'attribuer la faible fréquence des relatives obliques standard chez l'enfant à des facteurs externes à la grammaire, telle que le bagage lexical. Toutefois, il semble difficile d'expliquer pourquoi l'enfant n'utiliserait pas des opérateurs comme *à qui*, qui sont utilisés fréquemment dans les interrogatives. Il semble donc que le bagage lexical de l'enfant ne peut à lui seul expliquer la quasi-absence de ce type de structure chez l'enfant. Il est possible que la difficulté se situe dans la forme de l'opérateur, voire simple ou complexe. Si tel est le cas, il faudrait alors déterminer en quoi un opérateur complexe présente une difficulté supplémentaire dans les relatives car ces opérateurs sont présents dans les interrogatives enfantines et ne semblent pas être une source de difficulté.

### Références

Chomsky, Noam. (2000). *New Horizons in the Study of Language and Mind*. Cambridge : Cambridge University Press.

Fragman, Cathy. (1998). *Les propriétés distinctives de la syntaxe enfantine et le développement des relatives en français*. Thèse de doctorat, Université de Montréal.

Fragman, Cathy. (2000). Grammaire et pouvoir global de computation : deux sources de difficultés possibles dans la production des relatives chez les enfants francophones. *Canadian Journal of Linguistics/Revue canadienne de linguistique* 45(1/2) : 7-48.

Guasti, Maria T. and Ur Shlonsky (1995). The Acquisition of French Relative Clauses Reconsidered. *Language Acquisition*, 4(4), 257-276.

Labelle, Marie. (1988). Prédication et mouvement : l'acquisition de la relative chez les enfants francophones. Thèse de doctorat, Université d'Ottawa.

Labelle, Marie. (1990). Predication, WH-movement, and the development of relative clauses. *Language Acquisition*, 1(1), 95-119.

Labelle, Marie. (1996). The acquisition of relative clauses: movement or no movement? *Language Acquisition*, 5(2), 65-82.

Pesetsky, David. (1982). Complementizer-Trace Phenomena and the Nominative Island Condition. *The Linguistic Review*, 1(3), 297-343.

Tellier, Christine. (1995). *Éléments de syntaxe du français : méthodes d'analyse en grammaire générative*. Montréal : Les presses de l'Université de Montréal.

## **On a test for predicting success in reading skill development: Anatomy of the RAN Task**

Eugene Borokhovski, Norman Segalowitz & Guy L. Lacroix  
Psychology Department and The Centre for the Study of Learning and Performance  
Concordia University, Montréal

Reading is a fundamental ability required of everyone by modern society. To become literate is the first step to all other academic achievements, and to be illiterate or a poor reader can result in life-long professional barriers and social challenges. No wonder, then, that so many psychologists, educators, and health professionals share in their determination to learn more about the factors associated with success and failure in reading development. Their goals are to determine, in a timely manner, who is at risk of developing reading problems and to devise efficient ways to either prevent or to overcome reading impairments.

There are a number of diagnostic tools that are capable of reliably predicting the development of reading skills (see Rayner, Foorman, Perfetti, Pesetsky & Seidenberg, 2001; Stanovich, 2000, for a general review in the area of reading). One popular task is the Rapid Automatized Naming task (RAN) (Denckla, 1972; Denckla & Rudel, 1974). In this task, the individual is required to say aloud, as quickly as possible, the names of 50 items (e.g., letters) presented in a 5 x 10 display. This test is well known for its ability to predict reading acquisition: the better (faster) a person performs on the RAN task, the more favorable is the prognosis for that person's reading development. Psychologists and educators use the RAN task to predict reading outcomes in children who are in the process of mastering reading skills or to diagnose certain difficulties in reading development from childhood up to adulthood.

While the RAN task seems to have strong predictive ability (Wolf, Bowers, & Biddle, 2000; Wolf, O'Rourke, Gidney, Lovett, Cirino, & Morris, 2002), it turns out that the nature of the cognitive processes underlying performance on this test has not yet been fully established (Savage, 2004). The RAN task exists in several different formats, all of which require participants to name aloud, as fast as possible a large sequence of simple stimuli (e.g., objects, colors, digits, and letters).

The speed of naming is positively associated with future reading performance. One needs to ask, however, what the test is actually measuring. The view articulated within the framework of the "double-deficit hypothesis" (Wolf & Bowers, 1999) asserts that most or all of the cognitive components underlying RAN performance are highly speed-sensitive. That is, performing well on the RAN task overall requires that many of the underlying component activities—recognizing the item to be named, finding the name in memory, planning its articulation, etc.—be carried out in a relatively automatic way. According to this view, the RAN task measures the degree to which a person has automatized connecting symbols to their meanings. An alternative explanation of the success of the RAN task in predicting reading is that it assesses how efficiently the individual is able to coordinate the various underlying processes. Coordination of mental processes involves what psychologists call "executive control"—the control processes involved in working memory and attention (for example, Norman and Shallice, 2000).

The present study addressed the difference between these two views by asking: Is it the degree of automatic processing or the degree of attention control that underlies the predictive power of the RAN task? Put another way, the question could

be formulated as follows: What does the “A” in RAN actually stand for—“automatized” or “attention-based” processing?

### **1. RAN and reading in more details**

Among reading impairments, developmental dyslexia occupies a special place because no obvious reasons are readily available to account for the impairment. Consider the classic consensus documented by Critchley (1970): “[Developmental dyslexia is] a disorder manifested in difficulty in learning to read despite conventional instruction, adequate intelligence and socio-cultural opportunity.” (cited by Snowling, 2000, p. 15). This definition is just one example in a vast collection of similar approaches including, for instance, Bishop (1997) and Kelly (1998), among others. This approach not only distinguishes developmental dyslexia from other forms of learning disorders, but also emphasizes that it derives from problems in cognitive development and is not associated with any particular intellectual setbacks or social or educational deprivation.

Two major factors are commonly believed to underlie successful reading and whose impairment can result in developmental dyslexia of different degrees of severity. The first is phonological awareness—the ability to understand and handle efficiently the relationships between graphemes and phonemes as elements of written and spoken language respectively. In tests of phonological awareness participants are usually asked to correctly pronounce written letter patterns (the list of typical PA tasks includes rimes, blending and segmentation, rhyme and onsets, and phoneme elisions) and/or to spell those patterns when presented auditorily. The view that phonological awareness is the strongest and most reliable predictor of successful reading skill development in children is supported by a long line of psychological, linguistic and pedagogical research (for example, Fawcett, 2001; Rayner et al., 2001; Snowling, 2000, Stanovich, 2000). Naming speed is also considered to be a strong and to be relatively independent of phonological awareness predictor of reading. According to the double-deficit hypothesis (Wolf & Bowers, 1999), the most severe cases of developmental dyslexia occur when both phonological awareness and naming speed are impaired at the same time in a child’s cognitive profile.

Naming speed is empirically measured by performance on the RAN task which, in its most commonly used format, is composed of four sub-tasks. These tasks require participants to name aloud as quickly as possible a long sequence of either linguistic (letters and numbers) or nonlinguistic (colors and object pictures) stimuli. As with phonological awareness, the RAN task has a rich history of applied research. During the past three decades, the connection between the RAN task and reading has been empirically studied cross-sectionally, longitudinally, and in cross-language examinations, providing ample evidence in support of the double-deficit hypothesis (see Wolf, Bowers, & Biddle, 2000, for review). Cross-sectional studies have attempted to determine how well RAN task performance distinguishes developmental dyslexia from other learning disabilities that are not reading-specific. Longitudinal studies have used RAN task performance in earlier stages of cognitive development as a predictor of reading outcomes later on in different age groups. Finally, cross-language studies have looked at the relationships between measures of RAN task performance and reading fluency in different languages. Remarkably, the more transparent the language grapheme-phoneme structure is (i.e., the more word pronunciation directly matches spelling), the better RAN test performance predicts reading (DeJong & Van der Leij, 2003; Korhonen, 1995; Landerl, 2003; Novoa, 1988; Van den Bos, 1998; Wimmer, 1993).

As Wolf et al. (2002) have emphasized, the greater orthographic regularity in more transparent languages reduces the demand for phonological analysis. Under such circumstances, RAN task performance overtakes phonological awareness as a leading predictive measure of reading outcomes. The importance of this observation is that it once again emphasizes relatively independent nature of naming speed among the set of cognitive components contributing to successful reading acquisition. There remain, however, many important questions about the cognitive nature of performance on the RAN task that underlies its association to reading skills.

Wolf and Bowers (1999) described many of the processes involved in reading (i.e., symbols recognition, meaning activation and memory retrieval, speech label attachment, etc.). They see these as highly speed sensitive and thus requiring an optimal level of automatization for successful implementation. None of the other components of RAN task performance (i.e., articulation rate or short-term memory capacity), according to the authors, could possibly affect naming substantially enough to explain the differences between normal and troubled readers (Wolf, Bowers, & Biddle, 2000).

Fluent performance on any task is most often presumed to be automatic, that is, carried out rapidly, efficiently, and protected from interference. For example, the classic work of LaBerge and Samuels (1974) explained reading fluency in terms of automatic word-identification achieved through practice. Such automaticity is understood to result from a high level of exposure to and great familiarity with specific words. Automaticity in RAN task performance appears instead to be related to trait characteristics of the readers themselves. This latter automaticity reflects some of the dynamic characteristics of the organization of cognitive processes, namely, how fast and efficiently one can put together the appropriate operations to perform successfully upon a long sequence of relatively unpracticed and unrelated stimuli.

One question in particular about the cognitive nature of automaticity as measured by the RAN task performance was the focus of interest for the present study. Ever since it was first introduced to describe cognitive processes not requiring attentional executive control (Anderson, 1983; Kahneman, 1973, Schneider & Shiffrin, 1977), the idea of automaticity has become a central concept in the cognitive psychology literature. Automaticity is broadly recognized to be critically important for understanding the nature of skill acquisition, regardless of the particular area of expertise (Segalowitz & Hulstijn, in press, for a review with implications for second language learning).

Usually, automaticity is described in terms of the rapidity of responses, their effortlessness, the non-involvement of conscious control and the ballistic (unstoppable, difficult if not impossible to interrupt) nature of responses. Although these distinctive characteristics of automaticity have been emphasized in various conceptual and empirically-oriented definitions, it is now clear that automaticity cannot be reduced to a simple combination of "critical-features". Each feature can be separately operationalized and, in principle, play relatively independent and substantial roles in RAN task performance.

Research on cognitive factors involved in the RAN task has not been entirely restricted to automatic mechanisms. Attention-based mechanisms have also been considered. However, attempts to link poor reading skills and RAN task performance through attention-based mechanisms have turned out to be somewhat inconclusive (for example, Moores, Nicholson & Fawcett, 2003; Nigg, Hinshaw, Carte, & Treuting,

1998; Semrud, Guy, Griffin, & Hynd, 2000; Tannock, Martinussen & Frijters, 2000). Nevertheless, there continues to be interest in such a possibility (e.g., Lacroix, Constantinescu, Cousineau, de Almeida, Segalowitz, & von Grunau, in press; Visser, Boden, Giaschi, 2004).

As Savage (2004) duly noted, the question about what cognitive factors underlie RAN-task performance is still very much up in the air. The present study aims to address this question further.

## 2. The present study

The research questions for this study were:

- a. What form of automaticity, if any, underlies RAN task performance?
- b. Do attention-based factors contribute to RAN task performance?

The general design of this study was the following. Participants were given various versions of the RAN task: a test that yielded two different measures of ability to process stimuli automatically (ballistic processing; rapid, stable processing); a test of attention skill (control of focus shifting); and a test of reading skill (speed of silent reading). The research questions were addressed by examining through multiple regression analyses the unique contribution of the two measures of automaticity and the measure of attention to participants' performance on RAN individual sub-tasks. Below is more detailed description of each measure employed.

*RAN Task.* Four versions of the RAN task were prepared using a sequence of 50 letters, digits, colors, or object pictures. In each case there were five stimuli used repeatedly in a randomized manner. The version using letter and digit stimuli assessed the participants' ability to name reading-related stimuli. The versions using color patches or object pictures assessed general naming speed (Denckla & Rudel, 1974). Naming in each sub-task was to be implemented in participants first language.

*Automaticity.* There were two indices of a person's ability to process stimuli automatically. The first addressed the degree to which participants were capable of recognizing simple stimuli—letters and digits—in a ballistic (unstoppable) manner. In the procedure based on a “primed decision” experimental paradigm (Favreau & Segalowitz, 1983; Neely, 1977) participants were given the task of judging whether a letter target stimulus was a vowel or a consonant, and whether a digit target was even or odd. Another stimulus preceded each target. This stimulus, to which the no overt response was required, prepared—or *primed*—participants to be ready for a letter or digit as the subsequent target stimulus. The design of the task made it possible to determine whether the prime had been processed in a ballistic manner or not.

Consider briefly the general idea behind the primed decision paradigm (see Favreau & Segalowitz, 1983, for a fuller discussion of the use of this technique). The prime stimulus in this study was a letter prime composed of five letters (*ABCDE*), a digit prime (*12345*), or a neutral prime (*\*\*\*\*\**). The prime influences the participants' responses to the target. If the prime prepares them for a letter target and a letter actually appears, then their response on that trial will be facilitated (faster) than if the prime had been neutral. If the prime wrongly prepares them, then the response will be interfered with (slower). There are, however, two factors that actually impact on how fast a participant's response will be—prime-target relatedness and prime-target expectancy. A prime and a target may be related (i.e., may belong to same category, digit or letter). A prime may, however, be unrelated to the subsequent

target but nevertheless correctly signal its category through expectancy. This is possible when the participant is given explicit instructions, with appropriate preliminary training, to expect a digit target after a letter prime and a letter target after a digit prime. Both relatedness and expectancy may result in facilitation or interference, depending on particular experimental conditions.

In general, when the target is expected given the prime that preceded it, there will be facilitation and when it is unexpected (surprise trials in which the expectation is violated) there is interference. However, there are exceptions to these general regularities depending on how much time separates the appearance of the prime and the target. Expectation can result in facilitation or interference effects, only when there is enough time for the individual to fully process the meaning of the prime. When the interval is too short, and if there is automatic (that is, ballistic) initial recognition of the prime as a string of letters or digits, then the individual will be primed for a related stimulus, regardless of whether the instructions were to expect a related stimulus or not.

Space does not permit discussion of all the possible outcomes of combining expectancy (expect a related target versus an unrelated target), interval (long versus short prime-target interval) and letter, digit and neutral primes with letter versus digit targets (see Favreau & Segalowitz, 1983; Neely, 1977). The logic of inferring ballistic processing of the prime can be explained as follows. Consider the condition where the participant is trained to expect an unrelated target (e.g., 12345–B), and there is a short prime-target interval. On a surprise trial the participant will see a target that is related to the prime (e.g., 12345 –4). This target is unexpected and so there should be interference and hence a slower response to it compared to baseline (e.g., \*\*\*\*\*–4). However, because the interval is short, there is no time for the expectancy instructions to override the automatic recognition of the prime as letters or digits and so in fact there will be facilitation. By contrast, in conditions with a long prime-target interval, there will be interference because the target is unexpected. The facilitation obtained on surprise trials in the short interval, expect-unrelated condition is thus evidence that the participant could not stop processing the prime in terms of how it was first recognized as digits, though otherwise must have been expected.

The second measure of automaticity assessed the degree to which participants were able to process stimuli efficiently. The technique for this was derived from a line of research addressing efficiency in performance (Segalowitz & Segalowitz, 1993, Segalowitz, Poulsen, & Segalowitz, 1999, Segalowitz, Segalowitz, & Wood, 1998). It is based upon the idea of distinguishing between rapid task performance that is due simply to a speeding up of all the underlying processing components and rapid task performance that is due to a restructured and more efficient deployment of underlying processing components.

In brief, the basic idea is this. Performance can appear to be automatic (very rapid) because all the underlying processing components responsible for the performance have become faster, even though the basic cognitive structure of the activity as a whole remains the same. This situation is referred to as simple "speed-up" by Segalowitz and Segalowitz (1993). Alternatively, performance can appear to be automatic because cognitive restructuring has occurred in which the slower components—those that tend to be highly variable in their time of execution and thus contribute lots of "noise" to the overall performance time—are now avoided or

eliminated. This situation is referred to as "restructuring" by Segalowitz and Segalowitz because it involves a new, more efficient activity structure. Segalowitz and Segalowitz proposed to distinguish speed-up from restructuring by examining changes in the coefficient of variability (CV) of the response time. The CV is the ratio of an individual's standard deviation (SD) of reaction time (RT) to the mean RT for that individual throughout the performance of the activity in question.

The basic logic of this measure is quite straightforward. If practice simply results in a speed-up of the processes underlying performance, then the variability (SD) in RT should decrease, at most, proportionally to the RT reduction itself. It leaves CV relatively unchanged (if all the components operate, for example, twice as fast, the RT should decrease by 50% and so should the SD). Suppose now that faster performance is achieved because of restructuring (more efficient organization) of the underlying cognitive processes, so that some of them became redundant, and hence unnecessary. Presumably, these would be the slowest component processes (decision making processes, inefficient search processes, etc.), those that require a larger amount of attentional control in the early phases of learning and practice. In this case overall response time variability should decrease by a much greater proportion than the reaction time itself, resulting in a significant reduction of the corresponding CV index.

*Attention.* Attention can be understood in terms of sustaining, focusing, dividing, suppressing, or shifting the concentration of conscious resources. In this study, we were interested in how efficient the attention shifting process in participants is, on the assumption that it is responsible for managing the complex processing of a large sequence of stimuli involved in the RAN task, that is, in attending to a stimulus, recognizing it, identifying its name, saying the name aloud, disengaging from the stimulus and attending to the subsequent one. The test used to assess attention control was the "Trail Making" test (Spreeen & Strauss, 1991). This test consists of two conditions in which requires participants connect a set of 25 circles randomly distributed across a page. In one condition, the circles are numbered from 1 to 25 and must be connected in numerical order. In the other condition half the circles are labeled with numbers (1-13) and half with letters (A-L). The participant must connect the circles by shifting from letters to digits and back in the standard order (1-A-2-B...etc.). The difference in time between the shifting and non-shifting conditions provides an index of attention control (the lower this difference, the lower is the burden of having to shift and hence the greater the degree of attention control).

Finally, to verify if the association between RAN task performance and reading is intact in young adults, a measure of reading skill was obtained, as well.

*Reading skill.* Reading skill was assessed by presenting participants a series of short texts, which they had to read silently and then answer simple multiple choice gist questions to ensure they had comprehended what they had read. The texts were presented on a computer screen, and the participants advanced through the texts by pressing a key. Reading speed and answers accuracy were recorded by the computer. Participants were tested in both their first language (English or French as appropriate) and in their second language (French or English), but only the first language data are considered here.

To summarize, data were collected on the RAN task, on automatic processing in terms of priming effects (ballistic processing) and the CV index (processing efficiency),

and on attention control. Reading skill was also assessed to see whether RAN task performance would be related to reading ability in the adult population tested here.

We assumed that whatever mechanisms are involved, their impact should be observable in fully developed normal adult readers, as well. Extensive practice in reading might moderate this impact somewhat, but it should not change the basic regularities in how adults perform both naming and reading activities. Moreover, the practice factor might even better explain the potential role different cognitive factors underlying RAN performance play in reading.

### 3. Method

*Participants.* There were 55 participants (39 women, 16 men, mostly undergraduate students of Concordia University, plus several off-campus volunteers who also responded to the call for participants). The mean age was 26.62 (ranging from 19 to 55, with the mode of 21). All had normal or corrected to normal visual acuity and reported no known learning disabilities. Thirty-nine indicated English as their first (dominant) language, and 16 indicated French.

*Procedure.* All participants completed the following: (a) The RAN task; (b) Primed decision-making tasks that tested automatic processing; (c) The Trail Making test of attention control; and (d) A reading speed test. After completing the tests, participants filled out a short biographical questionnaire.

*RAN Task.* Four RAN subtasks (letters, digits, colors, and objects) were administered. The following stimuli were used: in the letter condition - *a, d, o, p,* and *s*; in the digit condition - *2, 4, 6, 7,* and *9*; in the color condition - *red, yellow, green, blue,* and *black* squares, and in the objects condition line drawings of the following objects - *key, umbrella, watch, scissors,* and *comb*. In each condition the stimuli were presented on a computer screen in 5 rows of 10 items, using PsyScope software (Cohen, MacWhinney, Flatt, & Provost, 1993) with a G4 iMac. Time required to say aloud the names of all 50 stimuli on each subtask was recorded.

*Automaticity.* A primed decision task was used to test automaticity. Participants saw a continuous set of trials consisting of a prime stimulus string followed by a target consisting of a single letter from the set "*a, e, i, u, b, c, d, p*" or a single digit from the set "*2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9*". They had to judge whether the digit target was odd or even and whether the letter target was a vowel or consonant by pressing a response key. Targets were primed by either a string of digits ("*12345*"), a string of letters ("*ABCDE*"), or a string of asterisks (neutral prime). All information appeared in the center of an iMac standard monitor. Stimulus presentation was managed by a program written in HyperCard 2.3, which also registered reaction times and analyzed participants' responses.

Participants took part in two different conditions, several days apart. One of them was the Expect Related condition, in which participants were instructed that a letter string prime indicated that the upcoming target would be a letter, that the digit string prime indicated that the upcoming target would be a digit, and that neutral primes could be followed by either a letter or a digit. The other was the Expect Unrelated condition, in which a letter string prime predicted a digit target and a digit string prime predicted a letter target. Prior to each experimental session participants were given a detailed description of the activities to be performed and a training session, which lasted until criteria for full understanding of the instructions were met.

Both conditions consisted of 480 experimental trials of which 80 % were regular trials (primes and targets appearing as per instructions), 10 % were surprise trials (primes appearing with the "wrong" target) and 10 % were neutral prime trials. Within each condition half of the trials used a short prime-target stimulus onset asynchrony (SOA) interval of 150 ms and half used a long SOA of 1000 ms. These SOAs were distributed equally across regular, surprise and neutral trials.

To ensure that the expectancy instructions were effective, each condition began with an extensive training period with only regular and neutral trials under the long SOA condition. Training continued until no errors were made in 12 consecutive trials and the average response time for regular trials was at least 10 % faster than for neutral trials.

*Attention.* Attention control was measured using the "Trail Making" test (Spreen & Strauss, 1991). This test is comprised of two forms. Form A required participants to connect 25 numbered circles in sequence, and Form B to connect 25 lettered and numbered circles in sequence, but alternating between letters and digits (1-A-2-B-etc.). Both forms were to be completed as fast and as accurately as possible and time to complete each form was recorded.

*Reading speed.* Participants' silent reading rate and comprehension in both their first and second languages were measured. Seventeen 250-350 word passages, about 2-3 paragraphs each, were used for this test. These passages were adapted from Davy and Davy (1992), a TOEFL practice book for university level second language English. Seventeen translations of these passages were prepared in French by a professional translator who matched the texts for register and difficulty level. Each participant was tested on 8 randomly selected passages from the English set and the 8 complementary passages in French, with a common warm-up passage at the start of each language block. Associated with each passage was a simple 3-option multiple-choice question that tested for text comprehension. Reading time and accuracy in answering the questions were recorded.

*Questionnaire.* A short demographic survey elicited data about the participants' age, gender, basic academic background, absence/presence of learning disabilities or problems with visual perception, and about their history, expertise, actual use and the degree of comfort in the first and second language.

All participants signed a consent form prior to the experiment and upon completion were paid \$20. Each participant took part in two sessions on two different days. Experimental tasks and conditions were counterbalanced and pseudo-randomized across participants.

#### **4. Results**

For all the analyses reported here, the alpha level for significance testing was set at .05.

Of the 55 participants originally tested, the data from eight were excluded. Five failed to meet the inclusion criteria on the primed decision task. Three other participants performed the reading task with insufficient accuracy on the comprehension tests (not different from chance, which was 33 %), raising doubts whether their reading data were meaningful.

The results are presented and discussed below, first in terms of the basic findings for each set of measures, and then in terms of the study major research questions.

*RAN Task.* Table 1 presents the naming times for each of the four subtasks of the RAN task. Indices of linguistic RAN performance were calculated by combining results from the letters and digits sub-tasks and of non-linguistic by combining results from the colors and objects sub-tasks.

*Automaticity.* Table 1 also presents the mean RTs for the each of the conditions in the primed decision making task. Preliminary results showed that in the long SOA condition there were significant facilitation effects for expected targets and interference effects for unexpected targets and in the short SOA condition there were facilitation effects for related targets only. Importantly, there was a significant facilitation effect on surprise trials in the short interval, Expect-Unrelated condition, indicating that the test was able to demonstrate ballistic processing. We used the relative value of this facilitation effect (i.e., divided by the mean RT for the neutral trials in this condition). Table 1 also shows the CV indices (the individual's standard deviation of reaction time divided by that person's mean reaction time. Of special interest is the CV obtained from the short interval baseline trials in the Expect-Related condition because it could serve as an indicator of efficiency-based automaticity for recognizing letters and digits uncontaminated by either expectancy or relatedness factors.

*Attention.* The Trail making attention test yielded two basic measures of performance: time required to complete Forms A (involving numbered circles only) and Form B (requiring attention shifting between numbered and lettered circles). To assess the attention shift cost, time to complete Form B was residualized against the time to complete Form A. The residuals obtained in this way reflected those aspects of performance on the Form B that could not be predicted from performance on Form A (namely, the effect of shifting attention focus) and controlled for individual differences in other factors, such as spatial search and motor skills (see Table 1).

*Reading skill.* Silent reading rate was calculated as the average time spent on reading a single word (ms per word) in each of the participants' languages. Table 1 reports these mean reading times along with the mean comprehension scores. The second language data is not relevant to this study and will not be considered further.

Table 1. Descriptive statistics of the major variables in the study

Experimental Task	Variable	Mean	SD	
RAN task	1 Performance time on letters (sec.):	<b>17.66</b>	<b>2.79</b>	
	2 Performance time on digits (sec.):	<b>18.23</b>	<b>2.58</b>	
	3 Performance time on colors (sec.):	<b>29.85</b>	<b>4.79</b>	
	4 Performance time on objects (sec.):	<b>37.89</b>	<b>7.39</b>	
	5 Linguistic (letters & digits) performance combined (ms):	35.89	5.06	
	6 Non-linguistic (colors & objects) performance combined (ms):	67.74	11.16	
Primed decision task	7 Facilitation effect - xR, long SOA, regular trials (ms):	23.1	44.5	
	8 Facilitation effect - xU, long SOA, regular trials (ms):	10.1	33.3	
	9 Interference effect - xR, long SOA, surprise trials (ms):	-77.2	55.4	
	10 Interference effect - xU, long SOA, surprise trials (ms):	-69.8	83.0	
	11 Facilitation effect - xR, short SOA, regular trials (ms):	26.0	35.2	
	12 Facilitation effect - xU, short SOA, surprise trials (ms):	56.6	41.8	
	13 Facilitation (xU, short SOA, surprise trials) adjusted by base-line: <i>[Ballistic automaticity index]</i>	.079	.515	
	14 CV - xU, short SOA, neutral trials:	.1846	.0591	
	15 CV - xR, short SOA, neutral trials: <i>[Efficiency-based automaticity index]</i>	<b>.1772</b>	<b>.0682</b>	
	Trail making task	16 Form A performance time (sec.):	26.96	7.10
		17 Form B performance time (sec.):	56.19	16.74
		18 Standardized residual Form B: <i>[Primary attention shift cost index]</i>	<b>.08</b>	<b>1.04</b>
		Silent reading task (L1)	19 Reading rate (ms per word):	294.4
	20 Accuracy (% correct responses):		73.7	15.3

In bold: Variables that are used in the hierarchical multiple regression analyses.

Table 2 presents all the inter-correlations between variables in this study.  
Table 2. Correlation coefficients

VARIABLES:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. Letter-RAN	-											
2. Digit-RAN	.773***	-										
3. Color-RAN	.486**	.505***	-									
4. Object-RAN	.259**	.245**	.664***	-								
5. Linguistic RAN	.946***	.937***	.526***	.268*	-							
6. Non-linguistic RAN	.380**	.379**	.869***	.947***	.403**	-						
7. Ballistic automaticity index	-.216	-.216	-.089	-.073	-.230	-.086	-					
8. Efficiency-based automaticity	-.152	-.172	.071	.239	-.172	.189	.138	-				
9. Attention (Form A)	.233	.223	.363**	.447**	.242*	.451**	-.077	.157	-			
10. Attention (Form B)	.345**	.233	.416**	.603***	.310*	.578***	.113	.090	.536***	-		
11. Attention shift cost	.263*	.136	.265*	.434** *	.215	.401**	.182	.008	.007	.848***	-	
12. Reading rate (L1)	.401**	.396**	.223	.119	.423**	.175	-.136	-.122	.205	.186	.092	-

\* -  $p < .05$ , \*\* -  $p < .01$ , \*\*\*  $p < .001$ . All - one-tailed

The list of variables:

1 - RAN performance time on letters task; 2 - RAN performance time on digits task; 3 - RAN performance time on colors task; 4 - RAN performance time on objects task; 5 - RAN performance time on letters and digits tasks combined; 6 - RAN performance time on colors and objects task combined; 7 - Facilitation effect (xU, short SOA, surprise trials) - relative value (adjusted by the corresponding base-line condition); 8 - CV index (xR, short SOA, neutral trials); 9 - Trail making test (Form A) performance time; 10 - Trail making test (Form B) performance time; 11 - Standardized residual (Form B performance time) as an attention shift cost index; 12 - Reading rate (ms/word) in L1.

**RAN Task performance and Reading.** Performance on the letter and digit RAN subtasks were significantly correlated with performance on the reading ability task, whereas on the color and digit subtasks it was not (see Table 2).

The main question that motivated this study was addressed through hierarchical multiple regression as follows. RAN task performance on individual subtasks served as criterion variables and measures of automaticity and attention served as predictive variables. The results of these analyses are given in Tables 3-6.

Table 3

Results from a hierarchical regression analysis of RAN (letter sub-task) performance by index of ballistic automaticity, CV-index of automaticity, and attention shift index

Variable:	$r^a$	R	$R^2$	$R^2$ change	F change	Final $\beta$	Model F
Ballistic automaticity	-.216	.216	.047	.047	2.210	-.256	2.210
CV index of automaticity	-.152	.249	.062	.015	.716	-.119	1.465
Attention shift index	.263*	.394	.155	.093	4.736	.310	2.632

<sup>a</sup>Zero-order correlation. \* $p < .05$ .

Table 4

Results from a hierarchical regression analysis of RAN (digit sub-task) performance by index of ballistic automaticity, CV-index of automaticity, and attention shift index

Variable:	$r^a$	R	$R^2$	$R^2$ change	F change	Final $\beta$	Model F
Ballistic automaticity	-.216	.216	.047	.047	2.203	-.229	2.203
CV index of automaticity	-.172	.259	.067	.021	.971	-.142	1.586

Attention shift index	.136	.313	.098	.031	1.479	.179	1.562
ªZero-order correlation. * $p < .05$ .							

Table 5

Results from a hierarchical regression analysis of RAN (color sub-task) performance by index of ballistic automaticity, CV-index of automaticity, and attention shift index

Variable:	$r^a$	R	$R^2$	$R^2$ change	$F$ change	Final $\beta$	Model $F$
Ballistic automaticity	-.089	.089	.008	.008	.359	-.155	.359
CV index of automaticity	.071	.123	.015	.007	.318	.090	.336
Attention shift index	.265*	.312	.098	.082	3.931	.292	1.549
ªZero-order correlation. * $p < .05$ .							

Table 6

Results from a hierarchical regression analysis of RAN (object sub-task) performance by index of ballistic automaticity, CV-index of automaticity, and attention shift index

Variable:	$r^a$	R	$R^2$	$R^2$ change	$F$ change	Final $\beta$	Model $F$
Ballistic automaticity	-.073	.073	.005	.005	.238	-.194	.238
CV index of automaticity	.239	.262	.069	.063	2.999	.262	1.624
Attention shift index	.434*	.529	.280	.211	12.579	.467	5.561*
ªZero-order correlation. * $p < .05$ .							

Together both indexes of automaticity and one of attention explained about 15.5 % (adjusted  $R^2 = .096$ ) of variability in the letters-based RAN (overall model's significance was .062). Results were even lower for the RAN digits and colors sub-tasks:  $R^2 = .098$  (adjusted  $R^2 = .035$ ) for both, not significant as well. Quite a different picture was observed for the object-based RAN sub-task. The overall model was highly significant ( $p = .003$ ) explaining about 28 % (adjusted  $R^2 = .229$ ) in RAN performance. Individual contributions of each factor varied across models with some of them approaching or achieving significance. For example, attention in RAN letter-naming ( $\beta = .310$ ,  $p = .035$ ), RAN color-naming ( $\beta = .292$ ,  $p = .054$ ), and RAN object-naming ( $\beta = .467$ ,  $p = .001$ ), as well as CV index in RAN object-naming ( $\beta = .262$ ,  $p = .051$ ) and the index of ballistic automaticity in RAN letter-naming ( $\beta = -.256$ ,  $p = .082$ ) (see Tables 3-6 for details).

## 5. Discussion

There were several interesting results obtained in this study. First, there was a statistically significant connection between the RAN task performance (especially on a letter-naming “linguistic” sub-task) and the rate of silent reading. Numerous studies have reported analogous findings (for example, Wolf et al., 2002; Neuhaus et al., 2001; Van Daal & Van der Leij; 1999, among others). With practice, in reading this association remains intact (or even gains strength), while the predictive power of so-called “non-linguistic” RAN sub-tasks (like naming objects, for instance) noticeably

declines. Our results reflected this pattern as well. The tested sample was drawn from a population of well-educated young adults with substantial reading practice. Their performance on linguistic RAN sub-tasks was strongly associated with their reading performance, whereas the performance on non-linguistic RAN sub-tasks was not.

Second, in terms of what factors contributed to RAN task performance, there also was a difference between linguistic and non-linguistic RAN subtasks. Performance on the linguistic RAN subtask was not significantly predicted by either automaticity measure or by the attention measure. Performance on the nonlinguistic RAN tasks, however was significantly predicted by the attention measure. At first glance, this result seems puzzling. It would appear that in adults the RAN subtasks most related to reading (the linguistic component reflecting performance on the letter and digit subtasks), were not related to either automatic or attention-based processing, whereas the RAN subtasks least related to reading (the color and object naming subtasks) were related to attention-based processing only. It could be, however, that in highly literate adults, letter and digit recognition are so highly practiced that there is a ceiling effect, and automaticity variables will not serve as effective predictors. On the other hand, more complex naming (connecting color and object symbols to meanings) may not have reached ceiling effects across this population and so cognitive variables are able to explain some of the variance in this RAN task performance. If this is correct, then the interesting finding is that it is the attention-based processes, and not the automatic processes, that most successfully explain variance in RAN task performance.

The present results indicate, if anything, support for attention-based rather than for automatic processing as the underlying cognitive mechanisms addressed by the RAN tasks. However, these results may reflect effects specific to a highly literate and older reading population. Additional research should, therefore, continue to explore the mechanisms underlying RAN task performance by including various types of RAN stimuli differently associated with attention demands, as well as a greater age and levels of literacy in the population tested.

### **References**

- Anderson, J. R. (1983). *The architecture of cognition*. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Bishop, D. V. M. (1997). *Uncommon understanding: Development and disorders of language comprehension in children*. Cambridge, UK: Psychology Press Ltd.
- Cohen J.D., MacWhinney B., Flatt M., & Provost J. (1993). PsyScope: A new graphic interactive environment for designing psychology experiments. *Behavioral Research Methods, Instruments, and Computers*, 25(2), 257-271.
- Davy, E. & Davy, K. 1992. TOEFL: Reading and vocabulary workbook. New York, USA: Macmillan Inc.
- de Jong, P. F. & Van der Leij, A. (2003). Developmental changes in the manifestation of a phonological deficit in dyslexic children learning to read a regular orthography. *Journal of Educational Psychology*, 95 (1), 22-40.
- Denckla, M. B. (1972). Color-naming defects in dyslexic boys. *Cortex*, 8, 164-176.

- Denckla, M. B., & Rudel, R. G. (1974). "Rapid automatized naming" of pictured objects, colors, letters, and numbers by normal children. *Cortex*, *10*, 186-202.
- Favreau, M., & Segalowitz, N. (1983). Automatic and controlled processes in the first- and second-language reading of fluent bilinguals. *Memory and Cognition*, *11* (6), 565-574.
- Kahneman, D. (1973). *Attention and effort*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Kelly, B. (1998). Dyslexia/reading difficulty: Reassessing the evidence for a developmental model. *Educational Research*, *40* (1): 3-16.
- Korhonen, T. (1995). The persistence of rapid naming problems in children with reading disabilities: A nine-year follow-up. *Journal of Learning Disabilities*, *28*, 232-239.
- Lacroix, G. L., Constantinescu, I, Cousineau, D., de Almeida, R. G., Segalowitz, N., von Grunau, M. (2004). Attentional blink differences between adolescent dyslexic and normal readers. *Brain and Cognition* (accepted 12.08.2004.)
- Landerl, K. (2003). Dyslexia in German-speaking children. In N. Goulandris (Ed.), *Dyslexia in different languages: Cross-linguistic comparisons* (pp. 15-32). London, England: Whurr Publishers, Ltd.
- Moores, E., Nicolson, R. I., & Fawcett, A. J. (2003). Attention deficits in dyslexia: Evidence for an automatisisation deficit? *European Journal of Cognitive Psychology*, *15* (3), 321-348.
- Neely, J. (1977). Semantic priming and retrieval from lexical memory: Roles of inhibitionless spreading activation and limited capacity attention. *Journal of Experimental Psychology: General* *106*, 226-254.
- Neuhaus, G. F., Foorman, B. R., Francis, D. J., & Carlson, C. D. (2001). Measures of information processing in rapid automatized naming (RAN) and their relation to reading. *Journal of Experimental Child Psychology*, *78* (4), 359-373.
- Nigg, J. T., Hinshaw, S. P., Carte, E. T. & Treuting, J. L. (1998). Neuropsychological correlates of childhood attention-deficit/hyperactivity disorder: Explainable by comorbid disruptive behavior or reading problems? *Journal of Abnormal Psychology*, *107* (3), 468-480.
- Norman, D. A. & Shallice, T. (2000). Attention to action: Willed and automatic control of behavior. In Gazzaniga, M. S. (Ed), *Cognitive neuroscience: A reader*, (pp.325-402). Malden, MA, US: Blackwell Publishers.
- Novoa, L. (1988). Word-retrieval process and reading acquisition and development in bilingual and monolingual children. Unpublished doctoral dissertation, Harvard University, Cambridge.
- Rayner, K., Foorman, B. R., Perfetti, C. A., Pesetsky, D., & Seidenberg, M. S. (2001). How psychological science informs the teaching of reading. *Psychological Science in the Public Interests (Special Issue)*, *2* (2), 31-74.
- Savage, R. (2004). Motor skills, automaticity and developmental dyslexia: A review of the research literature. *Reading and Writing: An Interdisciplinary Journal*, *17*, 301-324.
- Schneider, W., & Shiffrin, R. M. (1977). Controlled and automatic human information processing: I. Detection, search, and attention. *Psychological review*, *84* (1), 1-66.

- Segalowitz, N., & Segalowitz, S. (1993). Skilled performance, practice and differentiation of speed-up from automatization effects : Evidence from second language word recognition. *Applied Psycholinguistics*, *14*, 369-385.
- Segalowitz, N., Poulsen, C., & Segalowitz, S. (1999). RT coefficient of variation is differentially sensitive to executive control involvement in an attention switching task. *Brain and Cognition*, *38*, 255-258.
- Segalowitz, S. J., Segalowitz, N. S., & Wood, A. G. (1998). Assessing the development of automaticity in second language word recognition. *Applied Psycholinguistics*, *19*, 53-67.
- Segalowitz, N., & Hulstijn, J. (2003). Automaticity in bilingualism and second language learning. In J. F. Kroll & A. M. B. De Groot (Eds.), *Handbook of bilingualism: Psycholinguistic approaches*. London: Oxford University Press.
- Semrud, C. M., Guy, K., Griffin, J. D., & Hynd G. W. (2000). Rapid naming deficits in children and adolescents with reading disabilities and attention deficit hyperactivity disorder. *Brain and Language*, *74* (1), 70-83.
- Snowling, M. J. (2000). *Dyslexia*. Oxford, UK: Blackwell Publishers Ltd.
- Stanovich, K. E. (2000). *Progress in understanding reading: Scientific foundations and new frontiers*. New York: Guilford Press.
- Tannock, R., Martinussen, R., & Frijters, J. (2000). Naming speed performance and stimulant effects indicate effortful, semantic processing deficit in attention deficit/hyperactivity disorder. *Journal of Abnormal Child Psychology*, *28* (3), 237-252.
- Van Daal, V., & Van der Leij, A. (1999). Developmental dyslexia: Related to specific or general deficits? *Annals of Dyslexia*, *49*, 71-104.
- Van den Bos, K. (1998). IQ, phonological awareness, and continuous-naming speed related to Dutch children's performance on two word identification tests. *Dyslexia*, *4*, 73-89.
- Visser, T.A., Boden, C., & Giaschi, D.E. (2004). Children with dyslexia: evidence for visual attention deficits in perception of rapid sequences of objects. *Vision Research*, *44*, 2521-2535.
- Wimmer, H. (1993). Characteristics of developmental dyslexia in regular writing system. *Applied Psycholinguistics*, *14*, 1-34.
- Wolf, M., & Bowers, P. (1999). The question of naming-speed deficit in developmental reading disabilities: An introduction to the double-deficit hypothesis. *Journal of Educational Psychology*, *91*, 1-24. (???)
- Wolf, M., O'Rourke, A. G., Gidney, C., Lovett, M., Cirino, P., & Morris, R. (2002). The second deficit: An investigation of the independence of phonological and naming - speed deficits in developmental dyslexia. *Reading and Writing: An Interdisciplinary Journal*, *15*, 43-72.
- Wolf, M., Bowers, P., & Biddle, K. (2000). Naming-speed processes, timing, and reading: A conceptual review. *Journal of Learning Disabilities*, *33*, 387-407.

# De l'expérience onirique au rappel : synthèse des connaissances et élaboration d'un modèle cognitif

Dominic Beaulieu-Prévost et Antonio Zadra  
Laboratoire des rêves  
Département de psychologie  
Université de Montréal

## Résumé

Plusieurs études ont cherché à expliquer les variations dans le rappel onirique au cours des dernières décennies. Par contre, les interprétations proposées pour rendre compte de ces variations n'avaient généralement pour but que d'expliquer une partie des corrélats présents dans la littérature. De plus, ces interprétations ont souvent négligé de considérer la façon dont le rappel était opérationnalisé. Cette présentation se propose de faire une synthèse des études les plus importantes et les plus récentes portant sur les corrélats du rappel onirique dans le but : (1) de dégager les corrélats les plus solides empiriquement; et (2) de présenter un modèle explicatif permettant de comprendre les processus cognitifs de base impliqués dans le rappel onirique. En résumé, la capacité de production d'expériences oniriques dépendrait des compétences visuospatiales tandis que la capacité à se rappeler de ses rêves au réveil dépendrait principalement des prédispositions motivationnelles et des facteurs affectant l'accessibilité de l'expérience onirique. Quant aux différents styles cognitifs traditionnellement associés au rappel onirique (ex. imagerie mentale, absorption, frontières psychiques), il ne représenteraient qu'un biais d'estimation. Finalement, l'effet du caractère marquant de l'expérience onirique sur le rappel est incertain : il serait soit réel ou un simple artefact du style cognitif. Les processus cognitifs potentiellement impliqués seront discutés tour à tour.

## Abstract

During the last decades, many studies tried to explain the variations in dream recall. However, most of the interpretations given to explain these variations focused only on some of the correlates of dream recall. Furthermore, these interpretations generally neglected to take into account the way dream recall was operationalised. The goal of this presentation is to summarize the most important and most recent studies on the correlates of dream recall to : (1) specify the most empirically validated correlates, and (2) present a model of the cognitive processes involved in dream recall. According to that model, the capacity to produce dream experiences would depend on visuospatial abilities while the capacity to recall dreams after an awakening would mainly depend on motivational predispositions and factors affecting the accessibility of the dream experience. As for the cognitive styles traditionally associated to dream recall (e.g. mental imagery, absorption, psychological boundaries), they would only represent an estimation bias. Finally, the effect of the characteristics of the dream experience on its recall is uncertain : it is either real or a simple artefact of the cognitive style.

## 1. Introduction

Plus de deux cent études ont cherché à expliquer les variations dans le rappel onirique au cours des dernières décennies. Par contre, les interprétations proposées pour rendre compte de ces variations n'avaient généralement pour but que d'expliquer une partie des corrélats présents dans la littérature. De plus, ces interprétations ont souvent négligé de considérer la façon dont le rappel était opérationnalisé.

Cette présentation se propose donc de faire une synthèse des résultats les plus importantes et les plus récentes portant sur les corrélats du rappel onirique dans le but : (1) de dégager les corrélats les plus solides empiriquement; et (2) de présenter un modèle explicatif permettant de comprendre les processus cognitifs de base impliqués dans le rappel onirique. La présentation est principalement basée sur une recension de plus de 150 articles empiriques sur les corrélats du rappel onirique (Beaulieu-Prévost & Zadra, soumis) et sur une étude par cahiers de rêves et

questionnaires effectuées au laboratoire des rêves de l'Université de Montréal (Beaulieu-Prévost & Zadra, sous presse). Un bref survol du phénomène de base et des hypothèses classiques et actuelles est proposé en guise d'introduction.

## **2. Le rappel onirique : phénomène de base**

Lorsqu'on leur demande, la plupart des adultes estiment se rappeler de leurs rêves environ deux à trois fois par semaine (Belicki et Bowers, 1982; Webb et Kersey, 1967). Par contre, cette donnée ne constitue qu'une moyenne: Certaines personnes disent se rappeler de leurs rêves après presque chaque nuit tandis que d'autres rapportent ne jamais se rappeler de leurs rêves. Avec le développement des techniques d'enregistrement polysomnographique et la découverte du sommeil paradoxal (Aserinsky et Kleitman, 1953) vint une nouvelle constatation: Lorsqu'un adulte est réveillé durant une période de sommeil paradoxal (aussi appelée REM à cause des mouvements rapides des yeux caractéristiques de cette période), il rapporte un rêve approximativement 80% du temps (Goodenough, 1978). Puisqu'une nuit de 8 heures peut représenter 5 cycles de sommeil, d'environ 90 minutes chacun, et donc 5 périodes de sommeil paradoxal, on peut facilement supposer qu'un adulte moyen rêve approximativement quatre fois par nuit. De plus, il est maintenant accepté que des rêves se produisent, quoique moins fréquemment, en sommeil non-paradoxal (ou NREM) (Fein, Feinberg, Insel, Antrobus, Price, Floyd et Nelson, 1985; Herman, Ellman et Roffwarg, 1978). Il semble donc évident que nous ne nous rappelons que d'une minorité de nos rêves et qu'il existe une grande variabilité interindividuelle dans la fréquence à laquelle nous nous rappelons de nos rêves.

Mais quels facteurs expliquent que certaines personnes se rappellent de leurs rêves plus fréquemment que d'autres? Et pourquoi nous semble-t-il plus facile (ou difficile) de nous rappeler de nos rêves à certains moments? Ce sont ces variations interindividuelles et intra-individuelles qu'ont cherché à expliquer plusieurs théories au cours du siècle dernier.

## **3. Les Hypothèses À Propos Du Rappel Onirique**

Cette section se veut un bref résumé des principales hypothèses portant sur le rappel onirique et de leur impact sur la recherche. Le lecteur désirant approfondir ses connaissances sur ces hypothèses est invité à consulter les documents cités ou un article synthèse comme ceux de Goodenough (1991) et de Schredl et Montasser, (1996-97a).

### *L'hypothèse du refoulement*

Déjà, au début du siècle passé, Freud (1900/1967) émettait l'hypothèse selon laquelle certains rêves sont refoulés, et oubliés, pour éviter que des pulsions interdites accèdent à la conscience. Cette hypothèse a amené principalement à l'étude du stress et de la tendance à utiliser le refoulement comme corrélats du rappel onirique.

### *L'hypothèse du style de vie*

D'après Schonbar (1965), la fréquence de rappel de rêve serait une composante du style de vie des individus. Les individus qui ont tendance à être introspectifs, introvertis, créatifs, à démontrer une indépendance face au champs ("field independant") et qui ont un locus interne de contrôle, un style de pensée divergent et

une grande imagination rêveraient plus que les individus qui ont tendance à être extravertis, à utiliser le refoulement ("repressors"), à démontrer une dépendance face au champs ("field dependant") et qui ont un locus externe de contrôle et un style de pensée convergent. Cette hypothèse a donc amené à l'étude de différents traits reliés au style de vie ou à la personnalité tels la tendance à l'introspection, l'extraversion-introversion, la créativité, l'imagination, le locus de contrôle, l'indépendance face au champs et le style de pensée divergent ou convergent.

#### *Les hypothèses de l'interférence et de la saillance ("salience")*

Ces deux hypothèses sont tirées des théories classiques de la mémoire. Selon l'hypothèse de l'interférence (Cohen et Wolfe, 1973), moins les événements se passant entre l'expérience du rêve et le rappel de ce rêve sont perturbateurs, plus les chances sont élevées que le rêve soit rappelé. Selon l'hypothèse de la saillance (Cohen et MacNeilage, 1974), plus le rêve est saillant (vivide, émotionnellement intense, important,..), plus il a de chances d'être rappelé. Ces deux hypothèses ont donc amené à l'étude de facteurs plus contextuels tirés des théories classiques de la mémoire, soit les événements distrayeurs au moment de l'éveil, la saillance du rêve (c.-à-d. son importance, sa vivacité et son intensité émotionnelle), la mémoire (à court-terme, à long-terme, visuelle, spatiale, verbale,..), l'humeur avant le sommeil et l'activation physiologique durant le sommeil.

#### *L'hypothèse de l'activation-récupération*

Selon cette hypothèse, aussi basé sur les principes de la mémoire, l'encodage de l'expérience onirique dans la mémoire à court-terme nécessite une certaine activation du système nerveux central, généralement déficiente durant le sommeil. L'éveil doit donc suivre immédiatement le rêve pour lui permettre d'être encodé. Par la suite, l'information doit être récupérée de façon similaire à un autre souvenir. Les principes d'interférence et de saillance peuvent donc être intégrés à ce modèle. L'hypothèse de l'activation-récupération (Koulack et Goodenough, 1976), en plus de mettre l'accent sur les mêmes facteurs que ceux des hypothèses de l'interférence et de la saillance, a suggéré l'importance additionnelle d'étudier les éveils nocturnes et les indices externes.

#### *L'hypothèse de l'état-transition fonctionnel*

Selon cette hypothèse un peu plus récente, les différents états fonctionnels du cerveau durant l'éveil et le sommeil sont associés à des différents systèmes cognitifs, processus cognitifs et patrons d'activation électro-encéphalographiques. Il est postulé que l'information peut circuler d'un état fonctionnel de haute activation (p.e. l'éveil) à un état fonctionnel de plus basse activation (p.e. le sommeil) mais que l'inverse est plus difficile. Une des conséquences théoriques est qu'un rêve peut plus facilement être rappelé si l'état fonctionnel l'ayant créé s'approche d'un état d'éveil. Cette hypothèse a donc suggéré l'importance de l'étude des patrons d'électroencéphalogrammes (EEG) et du concept de frontière développé par Hartmann (1989).

#### *Problèmes associés aux hypothèses actuelles*

Les hypothèses concernant l'origine des variations dans le rappel onirique ont grandement évoluées au cours des dernières décennies. Elles ont entre autres permis de préciser le rôle joué par certaines variables et de tenir compte des

aspects cognitifs et neuropsychologiques du rappel onirique. Par contre, une critique qui peut être faite à propos des hypothèses actuelles est qu'elles ne tiennent toutes compte que d'une partie des corrélats du rappel onirique. En effet, chacune de ces hypothèses a dirigé la recherche vers l'étude de facteurs particuliers mais aucune n'a encore tenté d'expliquer les différents corrélats dans leur ensemble. Une deuxième critique importante est qu'aucune des hypothèses actuelles ne tient compte de la façon dont le rappel onirique est opérationnalisé dans les différentes études. En effet, le rappel onirique est mesuré soit de façon rétrospective (c.-à-d. par questionnaire) ou de façon prospective (c.-à-d. par l'entremise d'un cahier de rêves à remplir à la maison ou par cueillette de rêves en laboratoire). Quoique les méthodes prospectives aient généralement une plus grande validité que les méthodes rétrospectives, elles sont aussi beaucoup plus coûteuses et moins rapides à administrer. Les méthodes rétrospectives sont donc actuellement beaucoup plus utilisées dans les études portant sur le rappel onirique.

#### **4. Les corrélats du rappel onirique**

Dans un objectif de synthèse et d'intégration, les différents corrélats du rappel onirique ont été regroupés en six catégories principales, soit (1) le genre, (2) les capacités cognitives, (3) les caractéristiques du sommeil et de l'éveil, (4) les traits de personnalité et styles cognitifs, (5) les caractéristiques du contenu onirique et (6) la motivation et les états émotionnels. Ces catégories seront abordées tour à tour.

##### *Genre*

Plusieurs études ont observé que les femmes rapportent généralement une fréquence de rappel de rêves (FRR) plus élevée que les hommes, tant pour la FRR rétrospective (Giambra, Jung et Grodsky, 1996; Schredl, Kronenberg, Nonnell et Heuser, 2001; Schredl, Sahin et Schäfer, 1998) que pour la FRR par cahier de rêve ( $r=0.62$ : Martinetti, 1989). Les deux seules études ayant porté sur l'origine de cette différence entre les hommes et les femmes (Schredl, 2000; Schredl, 2002-03) suggèrent que l'effet du genre sur la FRR rétrospective serait médiatisé par l'attitude envers les rêves. Cette hypothèse est appuyée par les résultats d'une étude (Martinetti, 1989) ayant démontré que le genre est corrélé à la fois à la FRR par cahier de rêves ( $r=0.62$ ) et à l'orientation envers la vie imaginaire ( $r=0.41$ ).

##### *Capacités cognitives*

Concernant les capacités cognitives chez les adultes, les résultats sont peu concluants. Quoique plusieurs études ont observé qu'une FRR élevée était associée à un score élevé sur des tests évaluant différents construits cognitifs tels le quotient intellectuel (Connor et Boblitt, 1970), le QI visuospatial (Butler et Watson, 1985), la mémoire visuelle (Schredl, Jochum et Souguenet, 1997; Butler et Watson, 1985; Hiscock et Cohen, 1973), la mémoire à court-terme (Butler et Watson, 1985; Cory, Ormiston, Simmel et Dainoff, 1975; Hiscock et Cohen, 1973; Martinetti, 1985; Martinetti, 1983) et la mémoire à long-terme (Cory et al., 1975; Robbins et Tanck, 1978), de nombreuses études n'ont pas répliqué ces résultats ou ont des résultats contradictoires (p.e. Arena, Murri, Piccini et Muratorio, 1984; Belicki et al., 1978; Hill, 1974; Murri, Mancino, Massetani, Canapicchi, Puglioli et Rossi, 1989; Waterman, 1991). On peut donc conclure, pour l'instant, que les capacités cognitives chez les adultes sont peu ou pas reliées au rappel onirique.

Les études sur les enfants (Foulkes, 1982; Foulkes, Hollifield, Sullivan, Bradley & Terry, 1990) ont démontré que le rappel onirique, quasi-inexistant entre trois et quatre ans, atteignait un niveau équivalent à celui des adultes vers dix ans. Le développement de la capacité à se rappeler d'expériences oniriques était corrélé aux performances à des épreuves visuospatiales mais non à des épreuves verbales, ce qui laisse supposer que l'absence de rappel s'explique par une amélioration de la capacité à produire des expériences oniriques au cours de l'enfance et non seulement une amélioration de la capacité à verbaliser les expériences oniriques.

Quant aux études neurophysiologiques, elles suggèrent que les pertes et les diminutions du rappel onirique seraient principalement, mais non exclusivement, reliées à des lésions pariétales (Cathala et al. 1983; Murri, Massetani, Siciliano, Giovanditti & Arena, 1985; Solm, 1997). Le fait que les lobes pariétaux soient considérés comme le siège des habiletés visuospatiales (Robertson, 1998) confirme donc la nécessité de ces habiletés dans la production d'expériences oniriques.

En résumé, on peut supposer que le développement d'un niveau adéquat de compétences visuospatiales serait nécessaire à la production d'expériences oniriques. Cette compétence onirique, qui serait localisée dans les lobes pariétaux, se développerait principalement entre 4 ans et 10 ans (stade opératoire) et se stabiliserait par la suite.

#### *Caractéristiques reliées au cycle sommeil/éveil*

La principale caractéristique reliée au rappel onirique est définitivement la phase du sommeil au moment de l'éveil. En effet, 80% des éveils effectués en sommeil paradoxal résultent en un rappel onirique tandis qu'un tel rappel n'est possible que pour 10% à 40% des éveils en sommeil non-paradoxal (Dement & Kleitman, 1957; Foulkes, 1967; Nielsen, 2000).

Des études ont aussi démontré une relation entre durée du sommeil et FRR (par cahier et en labo). Les résultats sont concluants pour les hommes (Baekeland & Hartmann, 1971; Taub, 1970) mais équivoques pour les femmes (Doricchi, Milana & Violani, 1993; Schredl & Montasser, 1996-97b; Taub, 1972).

Trois études ont révélé un lien positif entre la fréquence des éveils nocturnes et la FRR mesurée par cahier de rêves (Baekeland, 1969; Desroches & Kaiman, 1964; Halliday, 1988). D'autres études ont mené à des résultats plus mitigés, cette relation n'étant significative que chez les hommes ( $r = 0,15$  : Schredl, 2000) ou chez les rêveuses occasionnelles ( $r = 0,22$  : Schredl & Montasser, 1996-97b). Les recherches selon lesquelles la FRR est plus élevée chez des patients insomniaques (Schredl, Schäfer, Weber & Heuser, 1998) et chez des alcooliques en période de consommation ou ayant dépassé le stade aigu du sevrage (Wolin & Mello, 1973) appuient indirectement les conclusions des études susmentionnées, étant donné que ces types de patients souffrent souvent d'éveils nocturnes.

Les circonstances entourant l'éveil jouent aussi un rôle important dans le rappel des rêves. Par exemple, les individus qui effectuent une tâche de distraction entre le réveil matinal et le moment où ils doivent se rappeler leurs rêves se rappellent deux fois moins souvent de leurs rêves que ceux qui restent couchés pendant cette période (Cohen & Davidson, 1972; Cohen & Wolfe, 1973). Lors d'éveils en sommeil paradoxal, les techniques d'éveil soudain ont été associées à un plus haut taux de rappel que les techniques d'éveil graduel (Berrien, 1930; Lloyd, 1976; Shapiro,

Goodenough & Gryler, 1963). Ces résultats appuient l'hypothèse de l'interférence stipulant que les éléments distrayant les individus au réveil peuvent interférer avec le rappel (Cohen & Wolfe, 1973); en effet, un éveil soudain et rapide diminuerait les probabilités de distraction entre l'expérience du rêve et son rappel.

En résumé, différentes situations affecteraient le rappel onirique en agissant sur l'*accessibilité de l'expérience onirique*. Cette accessibilité dépendrait des *opportunités d'exposition aux expériences oniriques* (ex. phase du sommeil au moment de l'éveil, durée du sommeil, fréquence des éveils nocturnes) et de la *présence ou non d'interférences entre l'éveil et le rappel* (ex. méthode d'éveil, présence d'éléments distrayants).

#### *Traits de personnalité et styles cognitifs*

Plusieurs études ont tenté de mettre en relation le rappel onirique et différents traits de personnalité tels que la tendance au refoulement (Cohen & Wolfe, 1973; Gerber, 1978; Robbins & Tanck, 1970), les traits névrotiques et le lieu de contrôle (Blagrove & Akehurst, 2000), l'extraversion (Bone, 1968; Cann & Donderi, 1986), l'indépendance de champ (Baekeland & Lasky, 1968; Goodenough, Witkin, Lewis, Koulack et Cohen, 1974) et la force du moi (Tart, 1962). En général, les résultats de ces études sont hétérogènes et les effets, de faible envergure (voir Schredl et Montasser, 1996-97a, pour une synthèse des résultats).

D'autres études, portant sur différents styles cognitifs, ont eu plus de succès. En effet la FRR rétrospective serait corrélée avec des mesures d'imagerie mentale (Glicksohn, 1991; Levin & Young, 2001-02; Moffitt, Hoffmann & Galloway, 1990; Okada, Matsuoka & Hatakeyama, 2000; Richardson, 1979), de créativité (Belicki, 1986; Schredl, 1995a; Schechter, Schmeidler & Staal, 1965; Sheldrake & Cormack, 1974), d'absorption psychique (Belicki, 1986; Levin & Young, 2001-02; Schredl, Jochum & Souguenet, 1997; Zamore & Barrett, 1989), de frontières psychologiques (Cowen & Levin, 1995; Hartmann, 1989; Hartmann, Elkin & Garg, 1991; Schredl, Ciric, Götz et Wittman, 2003; Schredl & Engelhardt, 2001; Schredl, Kleinferchner & Gell, 1996) et d'attitude envers les rêves (Belicki, 1986; Cernovsky, 1984; Herman & Shows, 1984; Hill, Diemer & Heaton, 1997; Robbins & Tanck, 1988; Rochlen, Ligiero, Hill & Heaton, 1999; Schredl et al., 2003; Schredl, Nuernberg & Weiler, 1996). Par contre, une grande partie des études qui ont utilisé une mesure prospective de la FRR ont eu des résultats non-concluants (Levin, Fireman, & Rackley, 2003; Martinetti, 1983; Moffitt, Hoffmann & Galloway, 1990). Une étude récente (Beaulieu-Prévost & Zadra, sous presse) ayant trouvé une relation positive entre l'attitude face aux rêves et la FRR rétrospective mais non avec la FRR par cahier suggère une explication : la relation entre l'attitude envers les rêves et la FRR rétrospective ne représenterait qu'un biais d'évaluation. En effet, une attitude défavorable face aux rêves serait reliée à une tendance à sous-estimer la FRR réelle. Cette hypothèse est appuyée par une autre étude (Levin, Fireman & Rackley, 2003) qui démontre que des mesures d'imagerie mentale, de créativité et d'absorption psychique sont corrélées avec une mesure rétrospective de la FRR mais non avec une mesure de FRR par cahier.

En résumé, les *styles cognitifs* (ex. imagerie mentale, créativité, absorption, frontières psychologiques, attitude envers les rêves) n'affecteraient pas le rappel onirique en tant que tel, mais plutôt l'impression de rêver souvent ou non en influençant l'intensité et la fréquence perçue des expériences oniriques.

### *Caractéristiques du contenu onirique*

Certaines recherches tendent à démontrer que les rêveurs fréquents font des rêves plus marquants, c.-à-d. saillants, bizarres ou émotionnellement intenses (Cohen & MacNeilage, 1974; Trinder et Kramer, 1971). Par contre, la tendance à avoir des rêves marquants serait corrélée à l'absorption (Belicki, 1986), ce qui suggère que le caractère marquant serait une caractéristique du récit onirique et non de l'expérience onirique en tant que telle. Quant aux données concernant l'activation physiologique durant le sommeil paradoxal, une variable conceptuellement reliée à l'intensité de l'expérience onirique, elle confirment qu'un rappel onirique est souvent associé à une plus grande activation pré-éveil qu'une absence de rappel (Goodenough et al., 1974; Hobson, Goldfrank & Snyder, 1965; Rochlen, Hoffmann & Armitage, 1998; Williamson, Csima, Galin & Mamelak, 1986). Par contre, aucun patron spécifique d'activation n'a été décelé.

En résumé, les facteurs reliés au *caractère marquant de l'expérience onirique* (ex. intensité émotionnelle, bizarrerie, saillance) contribuerait potentiellement à faciliter le rappel subséquent, quoiqu'il n'est pas exclu que ce facteur soit simplement un artéfact du style cognitive.

### *Motivation et états émotionnels*

Pour ce qui est des facteurs motivationnels, il semble que l'autosuggestion (Frenkel, 1971), l'encouragement ou la motivation à se rappeler nos rêves (Redfering & Keller, 1974) et le fait de participer à une étude sur les rêves (Cohen, 1969; Schredl, 1991) puissent amener une augmentation de la FRR par cahier, et ce, particulièrement chez des rêveurs occasionnels.

Pour le stress, les résultats ne sont pas uniformes. Les périodes de stress, d'inquiétudes et de détresse chez les femmes seraient associées à une FRR par cahier élevée (Armitage, 1992; Desroches & Kaiman, 1964; Hartmann, 1973; Pagel, Vann & Altomare, 1995). Par contre, l'induction expérimentale de stress chez les hommes diminuerait la FRR matinale (Goodenough, 1991; Rofe & Lewin, 1982; Segall, 1980; Witkins & Lewis, 1965). Quant aux événements traumatisants (p.e. contexte de guerre), ils seraient associés à une faible FRR (SP et matinale) lorsque les événements sont terminés mais les données contradictoires sinon (Hefez, Metz & Lavie, 1987; Kaminer & Lavie, 1991; Kramer, Schoen & Kinney, 1987; Punamaeki, 1997).

Une humeur négative a aussi été associée à une FRR par cahier élevée, mais surtout chez les rêveurs occasionnels (Cohen, 1974a; 1974b). Quant à la dépression, elle serait associée à une faible FRR par cahier, sauf lorsque le pronostique est bon (Cartwright, 1991; Schredl, 1999; Schredl & Engelhardt, 2001).

Ces résultats suggèrent que le rappel onirique est affecté par certaines *prédispositions motivationnelles*. L'explication la plus intéressante actuellement est que cet effet serait dû au fait que ces prédispositions influenceraient l'attention que les gens portent à leurs expériences subjectives en général, et à leurs rêves en particulier.

## **5. Résumé du modèle**

La grande majorité des corrélats du rappel onirique peut donc être expliquée par l'effet de cinq groupes de facteurs, soit un groupe (les *compétences visuospatiales*) relié à la production des expériences oniriques, deux groupes (l'*accessibilité de*

*l'expérience onirique* et les *prédispositions motivationnelles*) reliés au rappel de ces expériences et deux groupes (les *styles cognitifs* et le *caractère marquant de l'expérience onirique*) représentant potentiellement des artéfacts expérimentaux.

Premièrement, le développement d'un niveau adéquat de *compétences visuospatiales* serait nécessaire à la production d'expériences oniriques. Cette compétence onirique, qui serait localisée dans les lobes pariétaux, se développerait principalement entre 4 ans et 10 ans et se stabiliserait par la suite.

Deuxièmement, différentes situations affecteraient le rappel onirique en agissant sur *l'accessibilité de l'expérience onirique*, c'est-à-dire en agissant sur les opportunités d'exposition aux expériences oniriques (ex. phase du sommeil au moment de l'éveil, durée du sommeil, fréquence des éveils nocturnes) ou sur la présence ou non d'interférences entre l'éveil et le rappel (ex. méthode d'éveil, présence d'éléments distrayants).

Troisièmement, les facteurs affectant les *prédispositions motivationnelles* (ex. facteurs motivationnels, stress, humeur négative, dépression) influenceraient le rappel onirique principalement en influençant l'attention que les gens portent à leurs expériences subjectives en général, et à leurs rêves en particulier.

Quatrièmement, les *styles cognitifs* (ex. imagerie mentale, créativité, absorption, frontières psychiques, attitude envers les rêves) n'affecteraient pas le rappel onirique en tant que tel, mais plutôt l'impression de rêver souvent ou non en influençant l'intensité et la fréquence perçues des expériences oniriques.

Cinquièmement, les facteurs reliés au *caractère marquant de l'expérience onirique* (ex. intensité émotionnelle, bizarrerie, saillance) contribuerait potentiellement à faciliter le rappel subséquent, quoiqu'il n'est pas exclu que ce facteur soit simplement un artéfact du style cognitive.

Pour ce qui est des variables socio-démographiques telles le genre, la littérature actuelle suggère que l'effet de ces variables serait médiatisé par des variables associées à l'un des cinq groupes de facteurs mentionnés ci-haut. Quant aux traits de personnalité traditionnels et aux capacités cognitives chez les adultes, ils ne seraient pas reliés à la FRR.

### **Références**

- Arena, R., Murri, L., Piccini, P., et Muratorio, A. (1984). Dream recall and memory in brain lesioned patients. *Research Communications in Psychology, Psychiatry & Behavior*, 9, 31-42.
- Armitage, R. (1992). Gender differences and the effect of stress on dream recall: A 30 day diary report. *Dreaming*, 2, 137-141.
- Aserinsky, E., et Kleitman, N. (1953). Regularly occurring periods of eye motility and concomitant phenomena during sleep. *Science*, 118, 273-274.
- Baekeland, F. (1969). Correlates of home dream recall: reported home sleep characteristics and home dream recall. *Comprehensive Psychiatry*, 10, 482-491.
- Baekeland, F., et Hartmann, E. (1971). Reported sleep characteristics: Effects of age, sleep length and psychiatric impairment. *Comprehensive Psychiatry*, 12, 141-147.
- Baekeland, F., et Lasky, R. (1968). The morning recall of rapid eye movement period given earlier in the night. *Journal of Nervous and Mental Disease*, 147, 570-579.

- Beaulieu-Prévost, D., et Zadra, A. (soumis). Les corrélats psychologiques, physiologiques et contextuels du rappel onirique : synthèse et intégration.
- Beaulieu-Prévost, D., et Zadra, A. (sous presse). Dream recall frequency and attitude towards dreams: a reinterpretation of the relation. *Personality & Individual Differences*.
- Belicki, K. (1986). Recalling dreams: an examination of daily variation and individual differences. Dans J. Gackenbach (Éd.), *Sleep and Dreams, a Sourcebook*. New York: Garland publishing. 187-206.
- Belicki, K., et Bowers, P. G. (1982). Consistency in the ability to recall dreams as a moderator in predicting dream recall. *Sleep Research*, 11, 109.
- Belicki, K., Hunt, H., et Kelly, P. (1978). The function of dream and dreamer variables in the question of dream recall. *Sleep Research*, 7, 167.
- Berrien, F.K. (1930). Recal of dream during the sleep period. *Journal of Abnormal & Social Psychology*, 25, 110-114.
- Bone, R. N., et Corlett, F. (1968). Frequency of dream recall, creativity and a control for anxiety. *Psychological Reports*, 22, 1355-1356.
- Butler, S. F., et Watson, R. (1985). Individual differences in memory for dreams: The role of cognitive skills. *Perceptual & Motor Skills*, 61, 823-828.
- Cann, D., et Donderi, D. (1986). Jungian personality typology and the recall of everyday and archetypal dreams. *Journal of Personality & Social Psychology*, 50, 1021-1030.
- Cartwright, R. D. (1991). Dreams that work: The relation of dream incorporation to adaptation to stressful events. *Dreaming*, 1, 3-9.
- Cathala, H. P., Laffont, F., Siksou, M., et al. (1983). Sommeil et rêve chez des patients atteints de lésions pariétales et frontales. *Revue Neurologique*, 139, 497-508.
- Cernovsky, Z. Z. (1984). Dream recall and attitude toward dreams. *Perceptual & Motor Skills*, 58, 911-914.
- Cohen, D. B. (1969). Frequency of dream recall estimated by three methods and related to defense preference and anxiety. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 33, 661-667.
- Cohen, D. B. (1974a). Effect of personality and presleep mood on dream recall. *Journal of Abnormal Psychology*, 83, 151-156.
- Cohen, D. B. (1974b). Presleep mood and dream recall. *Journal of Abnormal Psychology*, 83, 45-51.
- Cohen, D. B., et Davidson, W. (1972). An interference hypothesis for countless dream recall. *Sleep Research*, 1, 109.
- Cowen, D., et Levin, R. (1995). The use of the Hartmann boundary questionnaire with an adolescent population. *Dreaming*, 5, 105-114.
- Cohen, D. B., et MacNeilage, P. F. (1974). A test of the salience hypothesis of dream recall. *Journal of Consulting & Clinical Psychology*, 42, 699-703.
- Cohen, D. B., et Wolfe, G. (1973). Dream recall and repression: evidences for an alternative hypothesis. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 41, 349-355.

- Connor, G. N., et Boblitt, W. E. (1970). Reported frequency of dream recall as a function of intelligence and various personality test factors. *Journal of Clinical Psychology*, 26, 438-459.
- Cory, T. L., Ormiston, D., W., Simmel, E., et Dainoff, M. (1975). Predicting the frequency of dream recall. *Journal of Abnormal Psychology*, 84, 261-266.
- Dement, W., et Kleitman, N. (1957). Cyclic variations in EEG during sleep and their relation to eye movements, body motility, and dreaming. *Electroencephalography & Clinical Neurophysiology*, 9, 673-690.
- Desroches, H. F., et Kaiman, B.D. (1964). The relationship between dream recall and the symptoms of emotional instability. *Journal of Clinical Psychology*, 20, 350-352.
- Doricchi, F., Milana, I., et Violani, C. (1993). Patterns of hemispheric lateralization in dream recallers and non-dream recallers. *International Journal of Neuroscience*, 69, 105-117.
- Fein, G., Feinberg, I., Insei, T. R., Antrobus, J. S., Price, L. J., Floyd, T. C., et Nelson, M. A. (1985). Sleep mentation in the elderly. *Psychophysiology*, 22, 218-255.
- Foulkes, D. (1967). Nonrapid eye movement mentation. *Experimental Neurology*, suppl 4, 28-38.
- Foulkes, D. (1982). *Children's dreams : longitudinal studies*. New York: Wiley. 477 p.
- Foulkes, D., Hollifield, M., Sullivan, B., Bradley, L., et Terry, R. (1990). REM dreaming and cognitive skills at age 5-8. *International Journal of Behavioral Development*, 13, 447-465.
- Frenkel, R. E. (1971). Remembering dreams through autosuggestion: relationship of menstruation and ovulation to the autosuggestion dream recall cycle. *Behavioral Neuropsychiatry*, 3, 2-11.
- Freud, Sigmund (1900/1967). *L'interprétation des rêves*. Paris: Presses universitaires de France. 573p.
- Gerber, G. L. (1978). Coping effectiveness and dreams as a function of personality and dream recall. *Journal of Clinical Psychology*, 34, 526-532.
- Giambra, L. M., Jung, R. E., et Grodsky, A. (1996). Age changes in dream recall in adulthood. *Dreaming*, 6, 17-31.
- Glicksohn, J. (1991). Cutting the "Gordonian knot" using absorption and dream recall. *Journal of Mental Imagery*, 15, 49-54.
- Goodenough, D. R. (1978). Dream recall: History and current status of the field. Dans A. M. Arkin, J. S. Antrobus, et S. J. Ellman (Éds), *The mind in sleep*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum, 113-142.
- Goodenough, D. R. (1991). Dream recall: history and current status of the field. Dans S. J. Ellman et J. S. Antrobus (Éds.). *The Mind in Sleep: Psychology and Psychophysiology, 2nd Edition*. New York: Wiley Interscience Publication. 143-171.
- Goodenough, D.R., Witkin, H.A., Lewis, H.B., Koulack, D., et Cohen, H. (1974). Repression interference and field dependence as factors in dream forgetting. *Journal of Abnormal Psychology*, 83, 32-44.

- Halliday, G. (1988). Relationships of spontaneous awakenings to dreams and nightmares. *ASD Newsletter*, 7, 4-5.
- Hartmann, E. (1973). *The functions of sleep*. New Haven, US : Yale University Press.
- Hartmann, E. (1989). Boundaries of dreams, boundaries of dreamers: Thin boundaries as a new personality measure. *Psychiatric Journal of the University of Ottawa*, 14, 557-560.
- Hartmann, E., Elkin, R., et Garg, M. (1991). Personality and dreaming: The dreams of people with very thick or very thin boundaries. *Dreaming*, 1, 311-324.
- Hefez, A., Metz, L., et Lavie, P. (1987). Long-term effects of extreme situational stress on sleep and dreaming. *American Journal of Psychiatry*, 144, 344-347.
- Herman, J., Ellman, S., & Roffwarg, H. (1978). The problem of NREM dream recall reexamined. Dans A. M. Arkin, J. S. Antrobus, et S. J. Ellman (Éds), *The mind in sleep*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum, 59-62.
- Herman, S., et Shows, W. D. (1984). How often do adults recall their dreams? *International Journal of Aging & Human Development*, 18, 243-254.
- Hill, A. B. (1974). Personality correlates of dream recall. *Journal of Consulting & Clinical Psychology*, 42, 766-773.
- Hill, C. E., Diemer, R., et Heaton, K. J. (1997). Dream interpretation sessions: Who volunteers, who benefits, and what participants view as most and least helpful. *Journal of Counseling Psychology*, 44, 59-62.
- Hiscock, M., et Cohen, D. B. (1973). Visual imagery and dream recall. *Journal of Research in Personality*, 7, 179-188.
- Hobson, J. A., Goldfrank, F., et Snyder, F. (1965). Respiration and mental activity in sleep. *Journal of Psychiatric Research*. 3, 79-90.
- Kaminer, H., et Lavie, P. (1991). Sleep and dreaming in Holocaust survivors: Dramatic decrease in dream recall in well-adjusted survivors. *Journal of Nervous & Mental Disease*, 179, 664-669.
- Koulack, D., et Goodenough, D. R. (1976). Dream recall and dream recall failure: an arousal-retrieval model. *Psychological Bulletin*, 83, 5, 975-984.
- Kramer, M., Schoen, L. S., et Kinney, L. (1987). Nightmares in Vietnam veterans. *Journal of American Academic of Psychoanalysis*, 15, 67-81.
- Levin, R., Fireman, G., et Rackley, C. (2003). Personality and dream recall frequency: still further negative findings. *Dreaming*, 13, 155-162.
- Levin, R., et Young, H. (2001-02). The relation of waking fantasy to dreaming. *Imagination, Cognition & Personality*, 21, 201-219.
- Lloyd, S.R. (1976). Factors affecting dream recall: Visual memory, repression, differentiation and rapid eye movements. *Sleep Research*, 5, 126.
- Martinetti, R. F. (1983). Dream recall, imaginal processes and short-term memory: A pilot study. *Perceptual & Motor Skills*, 57, 718.
- Martinetti, R. F. (1985). Cognitive antecedents of dream recall. *Perceptual & Motor Skills*, 60, 395-401.

- Martinetti, R. F. (1989). Sex differences in dream recall and components of imaginal life. *Perceptual & Motor Skills*, 69, 643-649.
- Moffitt, A., Hoffmann, R., et Galloway, S. (1990). Dream recall: Imagination, illusion and tough-mindedness. *Psychiatric Journal of the University of Ottawa*, 15, 66-72.
- Murri, L., Mancino, M., Massetani, R., Canapicchi, R., Puglioli, et Rossi. (1989). Effect of acute and chronic brain damage on dreaming. *Research Communications in Psychology, Psychiatry & Behavior*, 14, 121-142.
- Murri, L., Massetani, R., Siciliano, G., Giovanditti, L., et Arena, R. (1985). Dream recall after sleep interruption in brain-injured patients. *Sleep*, 8, 356-362.
- Nielsen, T. (2000). A review of mentation in REM and NREM sleep: 'covert' REM sleep as a possible reconciliation of two opposing models. *Behavioral & Brain Sciences*, 23, 851-866.
- Okada, H., Matsuoka, K., et Hatakeyama, T. (2000). Dream-recall frequency and waking imagery. *Perceptual & Motor Skills*, 91, 759-766.
- Pagel, J.F., Vann, B.H., et Altomare, C.A. (1995). Reported association of stress and dreaming: Community background levels and changes with disaster. *Dreaming*, 5, 43-55.
- Punamaeki, R.-L. (1997). Determinants and mental health effects of dream recall among children living in traumatic conditions. *Dreaming*, 7, 235-263.
- Redfering, D. L., et Keller, J. N. (1974). Influence of differential instruction on the frequency of dream recall. *Journal of Clinical Psychology*, 30, 268-271.
- Richardson, A. (1979). Dream recall frequency and vividness of visual imagery. *Journal of Mental Imagery*, 3, 65-72.
- Robbins, P. R., et Tanck, R. H. (1970). The repression-sensitization scale, dreams and dream associations. *Journal of Clinical Psychology*, 26, 219-221.
- Robbins, P. R., et Tanck, R. H. (1978). Early memories and dream recall. *Journal of Clinical Psychology*, 34, 729-731.
- Robbins, P. R., et Tanck, R. H. (1988). Interest in dreams and dream recall. *Perceptual & Motor Skills*, 66, 291-294.
- Rochlen, A. B., Ligiero, D. P., Hill, C. E., Heaton, K. J. (1999). Effects of training in dream recall and dream interpretation skills on dream recall, attitudes, and dream interpretation outcome. *Journal of Counseling Psychology*, 46, 27-34.
- Rochlen, A., Hoffmann, R., et Armitage, R. (1998). EEG correlates of dream recall in depressed outpatients and healthy controls. *Dreaming*, 8, 109-123.
- Rofe, Y., et Lewin, I. (1982). The effects of war environment on dreams and sleep habits. *Series in Clinical and Community Psychology Stress and Anxiety*, 8, 67-79.
- Schechter, N., Schmeidler, G. R., et Staal, M. (1965). Dream reports and creative tendencies in students of the arts, sciences, and engineering. *Journal of Consulting Psychology*, 29, 415-421.
- Schonbar, R. A. (1965). Differential dream recall frequency as a component of "life-style". *Journal of Consulting Psychology*, 29, 465-474.

- Schredl, M. (1991). *Dream recall frequency and dream content in patients with sleep disorders, psychiatric patients and healthy controls*. Mémoire de maîtrise non-publié. Université de Mannheim (Allemagne).
- Schredl, M. (1995a). Creativity and dream recall. *Journal of Creative Behavior*, 29, 16-24.
- Schredl, M. (1999). Dream recall in patients with primary alcoholism after acute withdrawal. *Sleep & Hypnosis*, 1, 35-40.
- Schredl, M. (2000). Gender differences in dream recall. *Journal of Mental Imagery*, 24, 169-176.
- Schredl, M. (2002-03). Factors influencing the gender difference in dream recall frequency. *Imagination, Cognition & Personality*, 22, 33-39.
- Schredl, M., et Engelhardt, H. (2001). Dreaming and psychopathology: Dream recall and dream content of psychiatric inpatients. *Sleep & Hypnosis*, 3, 44-54.
- Schredl, M., Jochum, S., et Souguenet, S. (1997). Dream recall, visual memory, and absorption in imaginings. *Personality & Individual Differences*, 22, 291-292.
- Schredl, M., Kleinferchner, P., et Gell, T. (1996). Dreaming and personality: Thick vs thin boundaries. *Dreaming*, 6, 219-223.
- Schredl, M., Kronenberg, G., Nonnell, P., et Heuser, I. (2001). Dream recall, nightmare frequency, and nocturnal panic attacks in patients with panic disorder. *Journal of Nervous & Mental Disease*, 189, 559-562.
- Schredl, M., Montasser, A. (1996-97a). Dream recall: state or trait variable? Part I: model, theories, methodology and traits factors. *Imagination, Cognition & Personality*, 16, 181-210.
- Schredl, M., Montasser, A. (1996-97b). Dream recall: state or trait variable? Part II: state factors, investigations and final conclusions. *Imagination, Cognition & Personality*, 16, 239-261.
- Schredl, M., Nuernberg, C., et Weiler, S. (1996). Dream recall, attitude toward dreams, and personality. *Personality & Individual Differences*, 20, 613-618.
- Schredl, M., Sahin, V., et Schäfer, G. (1998). Gender differences in dreams: do they reflect gender differences in waking-life? *Personality & Individual Differences*, 25, 433-442.
- Schredl, M., Schäfer, G., Weber, B., et Heuser, I. (1998). Dreaming and insomnia: dream recall and dream content of patients with insomnia. *Journal of Sleep Research*, 7, 191-198.
- Segall, S. R. (1980). A test of two theories of dream forgetting. *Journal of Clinical Psychology*, 36, 739-742.
- Shapiro, A., Goodenough, D. R., Gryler, R. B. (1963). Dream recall as a function of method of awakening. *Psychosomatic Medicine*, 25, 174-180.
- Sheldrake, P., et Cormack, M. (1974). Dream recall and the menstrual cycle. *Journal of Psychosomatic Research*, 18, 347-350.
- Solms, M. (1997). *The Neuropsychology of Dreams*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.

- Tart, C. T. (1962). Frequency of dream recall and some recall and some personality measures. *Journal of Consulting Psychology*, 26, 467-470.
- Taub, J. M. (1970). Dream recall and content following extended sleep. *Perceptual and Motor Skills*, 30, 987-990.
- Taub, J. M. (1972). Dream recall and content in long and short sleepers. *Perceptual and Motor Skills*, 35, 267-270.
- Trinder, J., et Kramer, M. (1971). Dream Recall. *American Journal of Psychiatry*, 128, 296-301.
- Waterman, D. (1991). Aging and memory for dreams. *Perceptual and Motor Skills*, 73, 355-365.
- Webb, W. B. and Kersey, J. (1967). Recall of dreams and the probability of stage 1-REM sleep. *Perceptual and Motor Skills*, 24, 627-630.
- Williamson, P.C., Csima, A., Galin, R., et Mamelak, M. (1986). Spectral EEG correlates of dream recall. *Biological Psychiatry*, 21, 771-723.
- Witkin, H. A., et Lewis, H. B. (1965). The relationship of experimental induced presleep experiences to dreams. *Journal of the American Psychoanalytic Association*, 13, 819-849.
- Wolin, S. J., et Mello, N. K. (1973). The effects of alcohol on dreams and hallucinations in alcohol addicts. *Annals New York Academy of Science*, 215, 266-302.
- Zamore, N., et Barrett, D. (1989). Hypnotic susceptibility and dream characteristics. *Psychiatric Journal of the University of Ottawa*, 14, 572-574.

# Learning by imitation, by reinforcement and by verbal rules in problem solving

Frédéric Dandurand, Melissa Bowen, Thomas Shultz  
McGill University, Department of Psychology

## Abstract

Learning by imitation is a powerful process for acquiring new knowledge, but there has been little research exploring imitation's potential service to the problem-solving domain. Classical problem-solving techniques tend to center around reinforcement learning, which requires significant trial-and-error learning to reach successful goals and problem solutions. Heuristics, hints, and reasoning by analogy have been favoured as improvements over reinforcement learning, whereas imitation learning has been regarded as rote memorizing. However, research on imitation learning in animals and infants suggests that what is being learned is the overall arrangement of actions (sequencing and planning) (Byrne, Russon, 1998). Applied to problem solving, this suggests that imitation learning might enable a problem solver to infer a complex hierarchical problem representation from observation alone.

We compared three types of learning in problem solving tasks: imitation learning (a group that viewed successful problem solving demonstrations), reinforcement learning (a group that got feedback indicating whether their answer was correct or not) and explicit learning (a group that was presented specific instructions to solve the problem). On a task consisting in finding, with 3 uses of a scale, the one ball, which is either heavier or lighter in the set of 12 balls, we found that subjects in the imitation learning and explicit learning groups outperformed those in the reinforcement learning group. We conclude that learning by imitation in problem solving tasks is worthwhile, efficient and even superior to explicit learning because of the minimal time and energy investment required from the mentor.

## 1. Introduction

People are constantly testing an assortment of actions and reactions to problems and novel situations in their lives. This process of trial-and-error, which provides feedback by rewarding successful tactics and punishing failed strategies, may not be paramount. With problem-solving being such a central aspect of life, researchers continue to search for superior methods. Psychologists and biologists alike have been attracted to the concept of social learning for generations. Imitation in particular, as a mechanism for learning, has generated a significant amount of research. It is widely accepted that humans are innately imitative creatures in some sense of the word, but what is more controversial is the definition of imitation and what is accepted as "true imitation". Many definitions that researchers have offered for the concept of imitation are vague, and at present, no one interpretation has been agreed upon. To this point few researchers have explored both learning by imitation and problem solving; thus this project aims to bridge the two disciplines. Classical problem-solving methods discussed in the literature rely on learning through reinforcement and feedback or explicit verbal instructions, but imitation learning has not been addressed in the problem-solving domain. We intend to show the value of learning by imitation in problem-solving.

## 2. Problem-Solving

"Diverse cognitive abilities such as perception, language, sequencing of actions, memory, categorization, judgment, and choice all play important roles in human problem solving." (Holyoak, 1995) Problems arise when the path to a goal is not immediately obvious. Newell and Simon (1972) first introduced the idea of a problem as a spatial conception and a search through space for a solution (Holyoak, 1995). These theorists described problems in terms of initial states, goal states, and operators or actions to take to move the current state closer to the goal state. Moreover, path constraints are thought to further limit the route to a successful

solution (Holyoak, 1995). A problem solution is defined by a sequence of operators that transforms the initial state into the goal state. Problem-solving methods tend to involve problem decomposition, i.e. breaking the problem down into separate sub-goals, and then planning action sequences to reduce error (Holyoak, 1995). Information processing theorists believe that cognitive development is continuous, and that human problem-solving strategies are a result of their experiences. Prior problem exposure and feedback from each problem-solving experience are fundamental to strategy development.

Nevertheless it is important to note that different problems necessitate different strategies. One important way to categorize problems is to decide whether they are well-defined or ill-defined. Well-defined problems must have clearly defined start states and clearly defined goals, as well as unambiguous and explicit actions and constraints (Best, 1995). An example of a well-defined problem with a hierarchy of sub-goals is the Tower of Hanoi problem. The aim, with three pegs available, is to move a tower of disks from one peg to another, moving only one disk at a time (Medin and Ross, 1992). To solve this problem, one must keep track of the current state of the problem, and perform a series of transformations to satisfy each sub-goal in order to finish in the final goal state. The challenge posed by the problem is how to select the optimal moves between states from the available options. This way of learning how to solve the problem demands a great deal of trial-and-error learning to achieve success.

Problem solvers approach each novel problem with a general strategy as well as any prior information they possess about similar problems. A common problem-solving strategy called means-end analysis attempts to reduce the discrepancy between the current state and the goal state by selecting the best possible next step (Glass and Holyoak, 1986). When the desired action cannot yet be employed, the problem solver must first set a new sub-goal to reach the state where he can take action (Holyoak, 1995). Another basic problem-solving approach is the generate-test method, which involves the creation of a solution strategy and then implementation of the strategy to determine its effectiveness (Newell and Simon, 1972). For these sorts of classical problem-solving methods, assessment of the strategy relies solely on feedback from the problem in terms of success or failure to solve it. Problem solvers also tend to use prior knowledge when approaching new problems. This knowledge is often helpful, but it can become a hindrance to problem solvers especially if the solution path to the current problem is counterintuitive. These practical strategies, or heuristics, can block the generation of new strategies if one becomes “functionally fixed”, or stuck in one strategy (Benjafield, 1997).

### **3. Types of Learning**

#### *Reinforcement Learning*

The basic concept of learning by reinforcement dates back to Edward Thorndike and subsequently B.F. Skinner and their ideas of learning associations and contingencies between stimuli and responses. While these behaviorists thought about learning in terms of responses to certain stimuli, cognitive scientists represent reinforcement learning as responses generated by information processing procedures that examine the given inputs (Leahey and Harris, 1997). Correct responses are rewarded with successful problem solutions and incorrect responses are punished with solution failures. What is agreed upon is that reinforcement learning occurs through

an interaction with one's environment. Each action the learner performs will lead to a unique learning experience (Dautenhahn, Nehaniv, & Alissandrakis, 2003).

Instrumental conditioning, introduced by Thorndike, began the investigation of trial-and-error learning (Leahey and Harris, 1997). By observing cats placed into what he called a "puzzle box", Thorndike observed that the animals would try a variety of different escape methods. After struggling in repeated test sessions in the "puzzle box", the animals began to learn the successful escape behaviors and the unsuccessful approaches ceased (Leahey and Harris, 1997). Intuitively, this method of gaining knowledge is in line with human behavior in novel situations: we test an assortment of distinct reactions, find one that works, and then apply that one first to the next set of similar circumstances (Leahey and Harris, 1997).

This classical learning process, still thought of by many as the dominant learning approach, provides a restricted amount of information to a learner especially in a problem-solving domain. Such learning relies solely on feedback from the problem in terms of success or failure to solve it without offering further information on how to succeed. This way of learning how to solve a problem demands a considerable amount of trial-and-error learning to achieve success. Formulation of and assessment of problem-solving strategies are based completely on the reinforcement of the success of finding a solution. The learner attempts to devise certain rules or heuristics about managing certain stimuli or solving particular problems, but the details of their strategies are not evaluated, only their end results. Consequently, their rules tend to be sub-optimal. This is a direct result of the limited information their successes and failures afford.

### *Explicit Learning*

Often in IF/THEN format, conditional rules provide clear direction for specific situations. Rules aid the problem solver in the understanding and the concept formation of the problem that needs to be solved (Solso, 1995). In contrast to learning by imitation, which provides implicit instruction, or reinforcement learning, which offers feedback only, rules provide explicit instruction on how to act.

Explicit learning is limited in scope. First, it assumes the availability of a skilled teacher who has the time, energy and ability to express problem solving reasoning explicitly, concisely, completely and coherently. Second, broad classes of problems, such as information-integration category-learning tasks (Ashby & Ell, 2001), are highly problematic for explicit instructions. Even skilled problem solvers are unable to express their problem solving strategies explicitly because solution strategies for these problems are learned and accessed implicitly.

### *Learning by Imitation*

Many different researchers have described imitation, but a single definition has yet to be selected. In 1898, Thorndike defined imitation as any situation in which animals "from an act witnessed learn to do an act". Learning is central to his definition. Later in 1963, Thorpe defined "true imitation as the copying of a novel or otherwise improbable act or utterance, or some act for which there is clearly no instinctive tendency". The controversy remains over whether learning, which implies something new, can be equated to novelty. Thorpe would not deem learning a new sequence of previously established behaviors to be novel, despite the fact that the arrangement would be newly learned. For this reason, Thorpe's definition is

frequently considered too restrictive since it excludes any copied behaviors or movements, which were known (either innate or learned)( Dautenhahn, Nehaniv, & Alissandrakis, 2003).

More recently, Call and Carpenter (2002) developed a broader explanation, in order to differentiate between the many terms found in the imitation literature, by classifying imitation in terms of the result of the action, the goal of the action and the action itself. This organization clarifies terms such as ‘emulation’ (replicating the result but with a different action), ‘goal emulation’ (awareness of the goal and attempting to duplicate the result with any action), ‘mimicry’ (reproducing the action regardless of result), ‘imitation’ (comprehension of the goal with correct recreation of the action and result). With these distinctions it is clear that these authors believe that judgments made on whether or not imitation is deemed efficacious vary depending on the criteria.

Much data has been gathered to support the belief that human babies are born with the distinct capacity to imitate many behaviors they observe executed by adults in their surroundings. Infants even engage in self-correction to move closer to the model or target behavior. Such imitation of the physical and social world holds developmental value: “According to Meltzoff and Moore (Meltzoff and Moore 1992) imitative reciprocal interaction games between infants and adults bootstrap social cognition and provide the foundation of mature folk psychology, i.e. our understanding of other people.” (Dautenhahn, Nehaniv, & Alissandrakis, 2003)

Jacqueline Nadel et al.(1999) also note the interactive format of imitation and its contribution to communicative development, as it fosters pragmatic communication .

Michael Tomasello (1999) points to the importance of understanding the intentions of the demonstrator to produce “true imitation”. In a study by Tomasello, Carpenter and Akhtar (1998) infants witnessed adults performing several intentional and several unintentional actions vocally marked by “There!” and “Whoops!” respectively. Results showed that the intentional acts were two times more likely to be reproduced, or imitated, by the infants, signifying that they chose to copy not merely the superficial actions of the adults, but their deliberate acts. This sense of impersonation emphasizes the replication of each detail of behavior (Tomasello, 1990).

As an alternative, Byrne and Russon (1998) introduced ideas of hierarchical levels of imitation. They suggested that it is not necessary for humans and animals to mimic the fine details of the displayed actions, although such behavior would be considered imitation at the action level. Instead they proposed a specific yet more flexible approach called program level imitation, which focuses on reproduction of the overall arrangement of actions, particularly the planning of and sequencing of actions. According to these authors the learning of a new pattern of behavioral units qualifies as novelty. For example, they proposed that gorillas can learn a specific eating pattern by watching and imitating steps throughout a hierarchy, where each step corresponds to a specific goal. These researchers explain that a hierarchical problem conceptualization allows for imitation to occur on many levels. Although they concede that the details of how to meet each sub-goal may be attained by individual learning, they declare that reproduction of the overall structure is imitation. This definition, like Tomasello’s, implies that the imitators understand the goals of the observed actions and the intentions of the demonstrator.

The notable difference between learning by imitation and learning by reinforcement is the quality of information supplied. Imitation learning offers visible target behaviors in the form of demonstrated steps to reach various goals. This information need merely to be understood and transferred into motor behavior. Clearly this “how to” information is significantly more useful than the binary information provided by reinforcement learning (correct/incorrect) (Shultz, 2003).

#### **4. Combining Imitation and Problem-Solving**

We believe that imitation learning has much value that has not been sufficiently explored in the problem-solving domain. Considering the previous discussion of Byron and Russon’s theory of hierarchical goals involved in imitation, a well-defined problem is an appealing prototype to introduce the union of the fields of problem-solving and learning by imitation. In this study a computer based variant of the well known class of ball-weighing problems was created to investigate learning by imitation. Another variant of this problem that has been used in psychological research is Simmel’s Coin Problem (1953), described by Benjafield (1997) as follows: “Suppose you have eight coins and a balance. One of the coins is counterfeit, and therefore is lighter than the others. How can you find the counterfeit coin by using the balance only twice?” This class of problems consists of well-defined problems that require a hierarchy of transition states to reach the final goal state.

In this study, three groups of human participants were asked to solve a well-defined computer based ball-weighing problem. One group watched five successful demonstrations of solving the problem and had no feedback in terms of whether their answers were correct or not (imitation learning group). Another group was presented with a set of abstract verbal rules on how to solve the problem and also had no feedback (explicit learning group). All participants in these two groups were explicitly told that the demonstrations and verbal rules would help them solve the problems. Thus although during the problem-solving session the participants did not get correct/incorrect feedback, we can assume that they expected to find correct solutions by following the demonstrated steps, or verbal rules. The final group was asked to solve the problem with no demonstrations or rules, but feedback was provided (reinforcement learning group). Since the quality of information provided by each learning mechanism varies, we hypothesized that the group with access to the demonstrations (imitation learning group) should outperform the explicit learning group, which should in turn outperform the reinforcement learning group. We expected to show that compared to the richness of learning by imitation and the explicit instruction of verbal rules, learning by reinforcement is limited. In light of the debate concerning the underlying mechanism of imitation, the hypothesis was sufficiently flexible to accommodate any possible underlying mechanism of imitation.

#### **5. Methods**

##### *Participants*

McGill undergraduate and graduate students were recruited to participate in the computer based problem-solving task. The 70 participants tested yielded 63 sets of usable data (17 males and 46 females). Participants were discarded for being statistical outliers and for not completing the warm-up task. An incentive of a \$50 prize to one of the top five performers in each group was offered to encourage

maximal performance of all participants. Participants were randomly assigned to one of the three groups, and written consent was obtained from each.

### *Materials*

A two-part (level 1 and 2) computer program was created to run the ball-weighting problem. The ball problem variant presented in this experiment had 3 identical looking balls in level 1 and 12 balls in level 2, one of which was heavier or lighter than the rest at a common weight that we called “normal”. Use of the scale was limited to twice in level 1 and three times in level 2. The computer screen showed a scale, a ball container with the balls to be weighed, and a color selecting tool for marking the balls with different colors to keep track of their suspected weights. Seven different colors were available for marking, representing the following seven categories: normal weight, light weight, heavy weight, heavy or normal weight, light or normal weight, heavy or light weight, and unknown. Displayed at the bottom of the screen were the weight button to activate and deactivate the scale, the answer button and two text areas showing the number of scale trials allowed and the number used. The participants were also able to see how much time was remaining as well as the number of problems they had completed (See *Figure 1*).

### *Procedure*

Each participant was tested individually in an experimental session that lasted approximately 1 hour. Prior to their introduction to the user interface, all participants were presented with a thorough problem description including a diagram of the screen. The experimenters reminded participants of a few key points in the directions and encouraged them to ask questions at any point during the experiment.

All participants began in level 1 with no demonstrations. Level 1, a simple 3-ball variation of the problem, helped familiarize the participants with the software and the task, but the data collected in level 1 were not used in the statistical analysis of the experiment. After completing three successful trials in level 1, participants moved on to level 2 where they were limited to three uses of the scale. Each participant in the imitation learning group saw a random sample of 5 out of 24 possible demonstrations of successful trials before entering level 2. A complete trial was defined by the time from presentation of a new problem until the participant clicked on the answer button. Each trial required the participant to find the new target ball and to identify whether it was heavier or lighter than the other 11. Each participant in the explicit learning group was presented with abstract verbal rules on how to solve the problem before level 2 and was allowed to study these rules for up to 10 minutes, which was the time it took for all 5 demonstrations to run. In contrast, each participant in the reinforcement learning group began level 2 immediately after level 1. Each participant, regardless of group assignment, had 30 minutes to solve different problems in level 2. The elapsed time (in seconds) as well as the number of trials, and the number of correct or incorrect answers were all recorded.

It is important to point out that there is no single way to solve each of the possible problems of the 24 (12 balls x 2 states {heavy or light}) different ball/weight combinations, because each solution depends on the use of the scale. The ultimate goal of this problem is to identify the target ball, which is either heavier or lighter. To do this, the problem solver must loop through a pair of sub-goals each time he uses the scale, namely: to select which balls to weigh in order to maximize the

information from the scale, and to appropriately update the state of the balls with the color markings using the information from the weighing. Each subsequent approach towards using the scale will vary depending on what the problem solver has learned about the ball states from the previous weighings.

In the initial state of the problem all 12 balls are unknown. The problem solver must then proceed to select which balls and how many balls to include in the first weighing. The information from the first weighing must be used to update the states of each ball. For example, if the scale moves down on the left side, then the problem solver concludes that the balls on the left side of the scale should be marked heavy or normal, the balls on the right side of the scale should be marked light or normal, and the balls remaining in the ball bank should be marked normal. The next step toward problem solution involves assessing the current state of the problem and repeating the sub-goals of ball selection and subsequent ball marking. These sub-goals are repeated until the problem solver finds a solution or has no further uses of the scale. An ideal problem solver would follow the steps shown in Figure 2 to reach each solution.

Successful solutions to the ball-weighing problem require the use of some strategies that may be counterintuitive. The demonstration viewed by the imitation group provided implicit information to the participants, not explicit strategy instruction. We do not know and cannot control the amount of information that the imitation learning group obtains from the demonstrations; it is this that we are interested in. In this experiment the participants in the explicit learning group were provided with a subset of the complete set of rules required to solve all of the 24 problems. That is, each participant in this group studied a randomly generated set of rules that was essentially equal to the amount of information presented to each participant in the imitation learning group through the random set of 5 demonstrations. (See Figure 2 for a complete set of rules.) The reinforcement group did not have an absence of information, but simply different information based on the feedback from the program (correct or incorrect answer).

### *Analysis & Results*

Performance of each group ( $n=21$  per group) was determined by the two dependent variables: the average correct answer rate for the trials, and average elapsed time for trials. To normalize the elapsed time data, we used a log transformation. Given that each participant completed a different number of trials, we were presented with the challenge of analyzing unbalanced data. To address this issue, we devised a strategy that allowed us to compare the data despite the disparate number of trials. By creating a bin system, determined by the participant with the fewest trials completed (4 trials), we were able to divide each participant's number of trials completed into quartiles with each holding 25% of the trials completed.

An ANOVA was performed on log of elapsed time per trial across the independent variables group (3 levels - imitation, explicit learning and reinforcement) and quartile of completed trials (4 levels). The significant interaction effect of group and quartile ( $F(6, 180) = 2.63, p = .018$ ) indicated that the groups differ on their decrease in elapsed time across quartile, which suggests different rates of learning. The main effect of quartile ( $F(3, 180) = 85.7, p < .001$ ) demonstrates that all groups sped up over time. There was no significant main effect of group on elapsed time per trial ( $F(2, 60) = 1.42, p = .25$ ), that is no one group was significantly faster than any of the others.

To address the non-normally distributed answer correct rate data, we used a Kruskal-Wallis nonparametric test, which yielded significant differences in answer correct rate across group ( $\chi^2 = 7.054$ ,  $p = .029$ ). Pair-wise Kruskal-Wallis tests revealed significant differences between the imitation learning group and the reinforcement learning group, as well as between the explicit learning group and the reinforcement learning group ( $p = .021$ ,  $p = .029$  respectively). No significant differences were found between the imitation and explicit learning groups ( $p = .512$ ). Furthermore, 2 Chi-square tests of contingency were performed on the answer correct data. The first compared the 3 groups on the number of perfect performances (100% correct rate), while the second compared the 3 groups on the overall number of correct and incorrect answers. Both showed significant effects of group ( $\chi^2 = 6.107$  and  $\chi^2 = 21.08$  respectively,  $p < .05$ ). These data indicate that both the imitation learning group and the explicit learning group outperformed the reinforcement learning group by answering more quickly and more accurately. No significant differences were uncovered between the imitation learning group and the verbal rule instructions group.

## 6. Discussion

Our project was designed to demonstrate the value of imitation learning in the problem-solving domain. We predicted that participants who had the opportunity to learn by imitation would perform more accurately and more quickly (i.e. highest correct answer rate and lowest elapsed time per trial) on the well-defined ball-weighting problem than the explicit learning group and reinforcement learning group. We anticipated that the quality of information provided by demonstrations would be more useful to the participants than the possibly confusing verbal rules and the restricted information from the feedback (correct/ incorrect). In the reinforcement group, participants were obliged to rely only on the feedback of the program to tailor their problem-solving techniques. We expected to illustrate the limitations of reinforcement learning despite its influential position as a learning theory.

The data showed that both the imitation learning group and the explicit learning group outperformed the reinforcement learning group even without feedback information. There were no significant differences between the imitation learning group and the explicit learning group. In light of these findings, it is important to note that learning by imitation is more valuable than some might think, because it “teaches” at a much lower cost to the mentor than learning by verbal rules. Whereas the production and presentation of abstract rules requires some work of the mentor, in imitation learning the mentor need not even be aware of being observed and imitated. We have shown that conditional rules (if/ then format) can help improve problem solving performance, but it is crucial to note that there is variability in rule writing. It is difficult to compose concise, coherent and complete instructions. Abstract rules which are ambiguous could be hard to absorb, making the information less useful and rendering the task more difficult. Additionally, a poor understanding of the abstract verbal rules could cause them to be incorrectly implemented. This experiment shows that learning by imitation in problem solving tasks is advantageous, efficient and even superior to learning through explicit verbal rule instruction because of the minimal time and energy investment required from the mentor.

Now that we have established the difference in performance between learning by imitation and classical problem-solving techniques, it may be interesting to carry out follow up experiments to discern the underlying mechanism of imitation, which

accounts for the increased performance. Imitation learning might enable a problem solver to infer a complex hierarchical problem representation from observation alone. To begin to separate the different imitation effects, a group that views successful demonstrations of a problem using a different number of balls than in the target problem (i.e. 9 vs. 12) could be added. It would show whether the subjects memorize steps such as weigh 3 balls on each side of the scale, or are primed to make generalizations like weigh 1/3 of the balls. A group who sees a distractor task between the demonstrations and the trials could be added to disrupt possible memorization.

To improve the real life applicability of this research, learning by imitation should be studied further on problems that are less well-defined. For now we can conclude that imitation learning improves problem-solving performance even without reinforcement feedback.

### ***References***

- Ashby, G. & Ell, S. (2001) The neurobiology of human category learning. *Trends in Cognitive Sciences*, 5, 204-210.
- Benjafeld, J. (1997). *Cognition 2nd Edition*. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall.
- Best, J. (1995). *Cognitive Psychology 4th Edition*. St. Paul, Minnesota: West Publishing Company.
- Breazeal, C. & Scassellati, B. (2002). Robots that Imitate Humans. *TRENDS in Cognitive Sciences*, 6, 481-487.
- Byrne, R. W., & Russon, A. E. (1998). Learning by Imitation: A hierarchical approach. *Behavioral and Brain Sciences*, 21, 667-721.
- Call, J. & Carpenter, M. (2002). Three Sources of Information in Social Learning. In Dautenhahn, K. and Nhaniv, C. L. *Imitation in Animals and Artifacts*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- Dautenhahn, K, Nahaniv, C. L., & Alissandrakis, A. (2003). Learning from Others-Social Learning and Imitation in Animals and Robots. In Kuhn, R., Menzel, R., Menzel, W., Ratsch, U., Richter, M. M., & Stamatescu, I.-O., *Adaptivity and Learning - An interdisciplinary debate*. Berlin: Springer.
- Glass, A. & Holyoak, K. J. (1986). *Cognition 2nd Edition*. New York, New York: Random House.
- Holyoak, K. J. (1995). Problem Solving. In E. E. Smith and D. N. Osherson, *An Invitation to Cognitive Science: Thinking*. Vol. 3 2nd Edition. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.
- Leahey, T. H., & Harris, R. J. (1997). *Learning and Cognition 4th Edition*. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall.
- Medin, D. & Ross, B. (1992). *Cognitive Psychology*. Orlando, Florida: Harcourt Brace Jovanovich, Inc.

Nadel, J., Guerini, C., Peze, A. and Rivet, C. (1999). The Evolving Nature of Imitation as a Format of Communication. In Nadel, J. & Butterworth, G. Imitation in Infancy.

Cambridge, England: Cambridge University Press.

Newell, A. & Simon, H. A. (1972). Human Problem Solving. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall.

Shultz, T. (2003). Computational Developmental Psychology. Cambridge, Massachusetts: MIT Press

Solso, R. (1995). Cognitive Psychology 4th Edition. Needham Heights, Massachusetts: A Simon & Schuster Company.

Tomasello, M. (1999). The Cultural Origins of Human Cognition. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.

### Tables

Group	Correct Rate	Std Deviation
Reinforcement learning	0.59	0.49
Imitation learning	0.76	0.42
Verbal Rule Instruction	0.71	0.45

*Table 2*

Average elapsed time (ms per trial) per group

Group	Elapsed time	Std Deviation
Reinforcement learning	104 237	79 020
Imitation learning	87 990	51 068
Verbal Rule Instruction	94 545	61 180

*Table 3*

Contingency table of the number of perfect and imperfect performers in each group

Group	Participants	Perfect Score	Imperfect Score
Reinforcement learning	21	0	21
Imitation learning	21	5	16

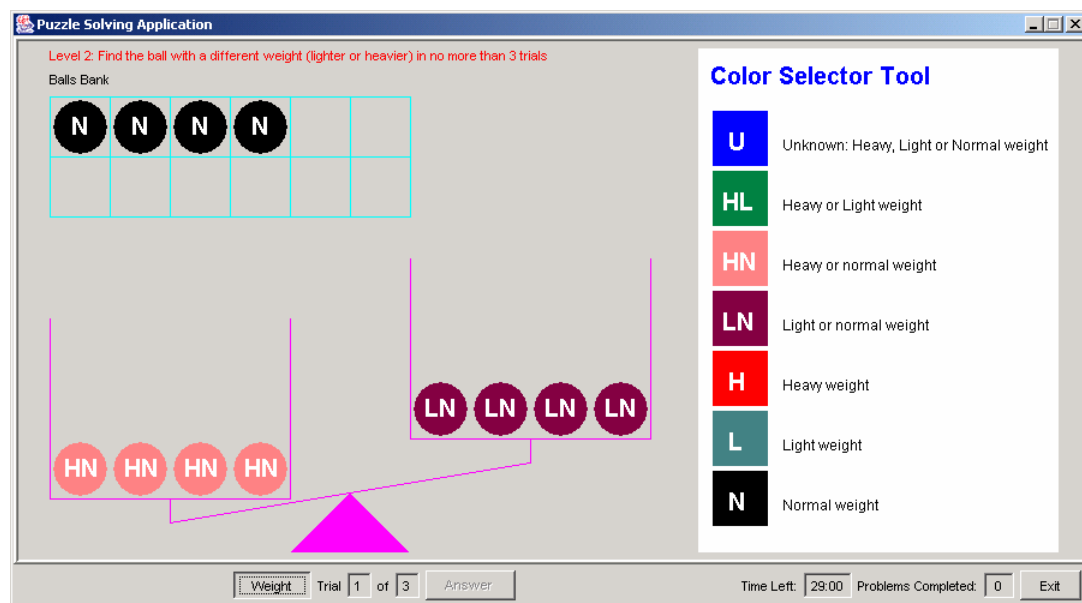
Verbal Rule Instruction	21	2	19
-------------------------	----	---	----

*Table 4*

Contingency table of the number of correct and incorrect answers in each group

Group	Trials	Correct	Incorrect
Reinforcement learning	350	207	143
Imitation learning	209	311	98
Verbal Rule Instruction	390	276	114

### Figures



Screen shot of the ball-weighing computer task in action in level 2.

**Symbolic/Verbal Instructions**

**Rules for Solving the 12 Balls / 3 Weighing Problem**

There are two important sub-goals to keep in mind while solving each problem.  
It will be necessary to alternate between selecting which balls to weigh and deciding which color markings to use.

**Selecting Balls**

IF this is the first weighing, THEN use 1/3 of the balls on each side of the scale.

IF the scale does not move in the first weighing, THEN use 3 unknown vs. 3 normal for the second weighing.

IF the scale moves in the first weighing, THEN use 1 potentially heavy ball + 2 potentially light balls vs. 1 normal ball + 1 potentially heavy ball + 1 potentially light ball for the second weighing.

IF the scale does not move in second weighing, THEN use 1 unknown ball from the ball bank vs. 1 normal ball for the third weighing.

IF the scale does not move in the second weighing, THEN use 1 potentially heavy ball from the ball bank vs. 1 potentially heavy ball from the ball bank for the third weighing.

IF the scale moves in the second weighing, THEN use 1 potentially light ball vs. 1 potentially light ball, OR 1 potentially heavy ball vs. 1 potentially heavy ball from the scale for the third weighing.

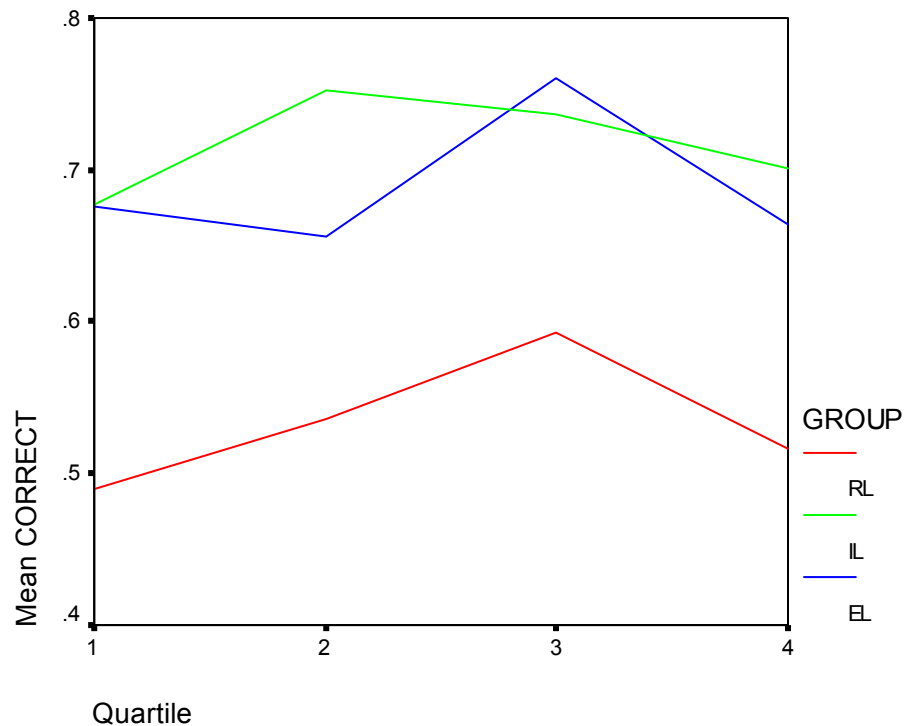
IF the scale moves in the second weighing, THEN use 1 normal ball vs. 1 potentially heavy ball from the scale OR use 1 normal ball vs. 1 potentially light ball from the scale OR use 1 potentially light ball from the scale vs. 1 potentially light ball from the scale for the third weighing.

**Marking Balls**

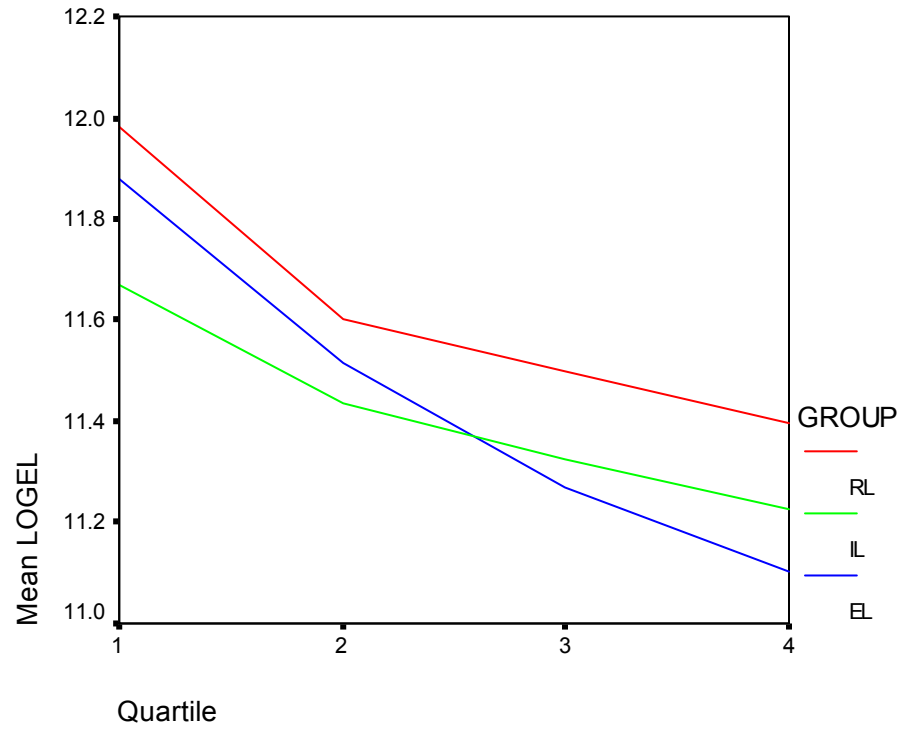
- IF the scale does not move, THEN all balls on it are of normal weight.
- IF the scale moves, THEN all balls left in the bank are of normal weight.
- IF there are balls of unknown weight located on the side of the scale that moves up, THEN they are of "light or normal weight"
- IF there are balls of unknown weight located on the side of the scale that moves down, THEN they are of "heavy or normal weight".
- IF there are balls of "light or normal weight" located on the side of the scale that moves down, THEN they are of normal weight.
- IF there are balls of "heavy or normal weight" located on the side of the scale that moves up, THEN they are of normal weight.

Done

Screen shot of the complete set of abstract rules. The abstract rule group will be allowed to study a subset of these for 10 minutes between level 1 and level 2.



Graph of average correct rate per trial quartile.



Graph of log of average elapsed time per trial quartile.

# **Vieillessement cognitif et compréhension d'ambiguïtés lexicales : effet d'amorçage sémantique et familiarité du sens de paires homophoniques.**

Aurélien Domes et Marie-Louise Le Rouzo

EA 1588 « Processus cognitifs et conduites interactives » Département de Psychologie, Université Paris X-Nanterre, France.

## **Résumé :**

Notre étude s'intéresse aux capacités de compréhension d'ambiguïtés lexicales introduites par des homophones (ex. amande/amende), chez de jeunes adultes (22 ans en moyenne) et des adultes âgés (76 ans en moyenne).

Une première expérience a consisté à faire estimer, par les deux populations, la familiarité des sens de 40 couples homophoniques dont les items peuvent varier en fréquence. Les résultats révèlent des différences d'estimations de familiarité entre les deux générations pour certaines paires.

Au cours d'une seconde expérience, une épreuve d'amorçage sémantique a été introduite dans une tâche de compréhension des couples homophoniques mesurée au moyen d'une technique de choix de dessins représentant les deux sens de l'homophone. Les résultats indiquent que, dans le cas d'une amorce orientant la signification vers l'un des sens de l'homophone, les participants ont tendance à choisir préférentiellement le dessin représentant ce sens, et cela dans une proportion plus grande chez les personnes âgées. Ce résultat semble indiquer un effet d'amorçage sémantique plus important dans la population âgée conformément aux hypothèses soulevées par Cohen et Faulkner, 1983 et Laver et Burke, 1993. Dans le cas d'une amorce neutre (sans indication quant au sens de l'homophone), les choix de dessins peuvent être différents entre les deux groupes d'âge et ceci en correspondance avec les estimations de familiarité émises précédemment. Ces résultats nous ont permis de conclure à un effet de familiarité dans la compréhension d'ambiguïtés lexicales attestant une hétérogénéité du lexique mental d'une génération à l'autre.

## **1. Introduction**

« Il était une fois, dans la ville de Foix, une marchande de foie, qui vendait du foie, et qui se dit, ma foi, c'est la dernière fois que je vends du foie dans la ville de Foix ».

Cette phrase, très connue en France, est enseignée aux enfants en général à l'école primaire pour ses vertus à la fois ludiques et pédagogiques. En jouant avec les mots, les enfants intègrent la notion de disconstitué qu'il peut exister entre la graphie et la phonie dans la langue française.

Cette phrase contient ce que l'on appelle des mots ambigus c'est à dire des unités linguistiques susceptibles de renvoyer à plusieurs interprétations possibles : on parle d'ambiguïtés lexicales. Cette ambiguïté vient du fait que certains items linguistiques possèdent une unique forme (orale ou graphique) mais une pluralité de sens.

Au niveau de l'oral, on parle d'homophonie c'est-à-dire de mots se prononçant de la même façon mais renvoyant à des significations différentes, il s'agit dans notre exemple de l'homophone « foi ».

Au niveau de l'écrit, on parle d'homographie avec identité graphique : une même forme orthographique peut renvoyer à des interprétations différentes. Par exemple, /glace/ en français renvoie aussi bien à la signification « miroir » qu'à la signification « sorbet ».

L'étude que nous proposons de présenter s'intéresse à la compréhension d'énoncés homophoniques (donc contenant des homophones) chez deux populations

d'âges distincts : c'est à dire pour des adultes jeunes et pour des adultes plus âgés exempts de toutes pathologies.

Donnons dès à présent un exemple d'énoncé homophonique, et donc ambigu, que nous avons utilisé au cours de nos expériences et que nous avons présenté à des adultes jeunes et âgés. Cette présentation s'est fait à l'oral car les homophones ne s'écrivent pas tous de la même façon.

« Sandrine ne pouvait s'empêcher de penser à son problème de pou / pouls »

Cette phrase peut être interprétée de deux façons différentes : soit les cheveux de Sandrine sont couverts de poux soit Sandrine souffre d'un problème cardiaque qui rend son pouls irrégulier. L'unité phonique ou l'homophone « pou » peut renvoyer aussi bien à l'insecte parasite « pou » qu'aux battements des artères « pouls ».

Ces deux interprétations possibles recourent des catégories sémantiques différentes créant, ce que nous appelons en psychologie cognitive, une dissonance cognitive qui peut être ou non consciente. La dissonance cognitive renvoie à un état de tension créée par la contradiction entre différentes cognitions, c'est à dire différentes connaissances, opinions... Cette dissonance ou contradiction est pour la plupart du temps non consciente et est résolue en quelques milli-secondes par l'individu qui émet le choix du sens approprié du mot ambigu.

Pour émettre un choix cognitif entre deux interprétations possibles, un modèle a été envisagé en 1975 par d'Hogaboam et Perfetti : le modèle d'accès ordonné. Celui-ci propose que l'accès au sens d'un mot ambigu soit relatif à la fréquence de ses différentes acceptions possibles : l'acception la plus fréquente est toujours activée avant celle qui est la moins fréquente.

Or, dans notre exemple, les deux items homophoniques « pou » / « pouls » ont des fréquences approximativement identiques (6,16 - 5,44 pour 1 million de mots). La fréquence est ici issue des tables publiées en 1971 par le Trésor de la Langue Française (TLF).

Dans ce contexte, la fréquence ne peut pas nous permettre de prédire la sélection du sens de ce couple homophonique.

La fréquence peut être définie comme un paramètre statistique qui rend compte du nombre d'occurrences écrites des mots de la langue. Il s'agit d'une mesure objective permettant d'estimer le nombre de fois qu'un lecteur peut rencontrer un mot donné. La fréquence en France est fournie notamment par le TLF publié en 1971. Elle a été calculée à partir d'un ensemble de textes de la première moitié du vingtième siècle, de 1919 à 1964, (romans, nouvelles, articles de journaux, poèmes, essais, etc.). Il s'agit d'un corpus de langage écrit assez ancien et valable pour l'individu adulte relativement cultivé. La fréquence objective est considérée comme un indicateur linguistique de l'utilisation de mots écrits.

Nous distinguons du concept de fréquence la notion de familiarité. La familiarité correspond à la mesure de la fréquence personnelle subjective. Elle renvoie à l'évaluation de l'utilisation de mots qui ont été produits, écrits, lus ou entendus par un individu (Gernsbacher 1984). Cette évaluation subjective permet par la même occasion d'apprécier l'étendue du lexique mental : le lexique mental correspondant à l'ensemble des informations lexicales, phonologiques et sémantiques

qu'un individu possède sur les mots de sa langue. La familiarité peut donc être considérée comme un indicateur psychologique de l'utilisation de mots dans le sens où les évaluations subjectives sont contemporaines et issues de l'expérience quotidienne des individus. La familiarité, ou fréquence subjective, semblerait être affectée par des biais démographiques c'est à dire que les estimations d'utilisation de mots seraient différentes selon l'âge, l'éducation, la catégorie socio - professionnelle...

Nous nous sommes alors posées la question de savoir s'il existe des différences inter - âge dans la compréhension d'homophones justifiables par un effet de familiarité?

## 2. Première étude

Pour répondre à cette question nous avons mis en place une première étude consistant en l'évaluation, par l'intermédiaire d'un questionnaire, de la familiarité des deux sens de 40 homophones par deux populations d'âges distincts.

Nous avons ainsi comparé les estimations de familiarité émises par des adultes jeunes (des étudiants d'environ 23 ans) et par des personnes âgées (exemptes de toutes pathologie et âgées en moyenne de 77 ans).

Les 40 homophones varient en terme de fréquence (fréquences issues du TLF). Nous avons constitué deux catégories de fréquence :

Une catégorie « fréquence homogène » où les deux items ont des fréquences approximativement égales (20 paires). Au sein de cette catégorie, nous constituons deux classes : des paires homogènes de basse fréquence (12) et des paires homogènes de haute fréquence (8). Par exemple, les items amande et amende, paire appartenant à la catégorie homogène de basse fréquence, apparaissent environ 4 fois pour 1 million, soit deux mots peu courants. Un exemple concernant les paires homogènes de haute fréquence correspond à la paire « cent » / « sang » dont les deux items apparaissent environ 200 fois pour un million de mots, soit des items relativement courants.

Une deuxième catégorie « fréquence hétérogène » où les deux items diffèrent selon leurs fréquences : un item a une fréquence plus élevée que l'autre. Nous constituons deux classes au sein de cette deuxième catégorie : une première classe qualifiée « hétérogène — » où la différence de fréquence entre les deux items est importante (11 paires) et une seconde classe qualifiée « hétérogène + » où la différence de fréquence est très élevée (9 paires). Par exemple, le couple homophonique « saint » / « sein » possède pour fréquences respectives 31 052 et 6 632 soit un rapport de fréquence d'environ 3,68 (couple appartenant à la catégorie hétérogène -), comparativement au couple « temps » / « taon » dont les fréquences respectives sont de 1 214,95 et 1,19 soit un rapport très élevé de 1019,9 (correspondant à la catégorie hétérogène +).

	<b>HOMOGENE Basse Fréquence</b>	<b>HOMOGENE Haute Fréquence</b>
1	AIRE / ERE : 9,99 - 8,84	CENT / SANG : 215,31 - 176,85
2	AMANDE / AMENDE : 4,04 - 3,78	CHAMP / CHANT : 144,68 - 67,85
3	BALLADE / BALADE : 1,99 - 0,85	COMTE / CONTE : 44,03 - 23,90
4	BALLET / BALAI : 7,82 - 7,23	COURS / COURT : 147,19 - 115,67
5	BRIE / BRIS : 0,46 - 0,21	DESSIN / DESSEIN : 48,83 - 33,22
6	CESSION / SESSION : 1,31 - 1,31	PAUSE / POSE : 23,02 - 18,08
7	CONTEUR / COMPTEUR : 2,80 - 1,95	SAUT / SEAU : 13,61 - 10,59
8	FILTRE / PHILTRE : 1,48 - 1,43	VERT / VERRE : 132,01 - 98,48
9	GEAI / JAIS : 1,78 - 1,74	
10	GOLFE / GOLF : 4,76 - 3,82	
11	PITON / PYTHON : 0,80 - 0,34	
12	POU / POULS : 6,16 - 5,44	
	<b>HETEROGENE —</b>	<b>HETEROGENE +</b>
1	COUP / COU : 626,53 - 66,70 (8,39)	ART / ARE : 245,85 - 2,16 (112,82)
2	ENCRE / ANCRE : 18,25 - 6,12 (1,98)	BANC / BAN : 44,96 - 2,42 (17,58)
3	FIN / FAIM : 399,56 - 57,68 (5,93)	CANNE / CANE : 16,67 - 1,19 (13,01)
4	HOTEL / AUTEL : 129,54 - 22,20 (4,84)	DATE / DATTE : 52,11 - 1,65 (30,58)
5	MAITRE / METRE : 219,43 - 71,68 (2,06)	HAINE / AINE : 82,02 - 1,23 (65,68)
6	POIDS / POIS : 73,13 - 6,72 (9,88)	PERE / PAIR : 505,96 - 8,12 (61,31)
7	POINT / POING : 425,68 - 50,03 (7,51)	TEINT / THYM : 21,90 - 1,53 (13,31)
8	PORT / PORC : 49,60 - 8,25 ( 5,01)	TEMPS / TAON : 1 214,95 - 1,19 (1019,97)
9	SAINT / SEIN : 31 052 - 6 632 (3,68)	TON / THON : 46 742 - 80 (583,28)
10	TANTE / TENTE : 6 139 - 1 961 (2,13)	
11	VOIX / VOIE : 53 791 - 10 333 (4,20)	

(Les fréquences sont évaluées pour 1 million de mots ; les chiffres entre parenthèses renvoient au calcul du rapport de fréquence entre les deux items de la paire)

#### *Participants :*

Deux populations de générations différentes participent à l'évaluation de la familiarité des 40 homophones :

Un premier groupe constitué de 20 participants jeunes dont 12 femmes et 8 hommes, étudiants en Psychologie à l'université de Paris X-Nanterre, France, âgés de 19 à 29 ans. La moyenne d'âge de ces participants est de 23 ans (23,25 ans).

Un deuxième groupe constitué de 20 personnes âgées, 17 femmes et 3 hommes âgés de 65 à 83 ans avec une moyenne d'âge inférieure à 77 ans (76,55 ans). Il s'agit de résidents d'un foyer pour personnes âgées autonomes, situé à Maisons Laffitte en France, résidents exempts de toute pathologie, avec une vision et une audition correctes et des capacités mentales non altérées. Tous ces participants âgés possèdent au minimum le certificat d'études et la majorité d'entre eux ont exercé la profession de commerçant ou de fonctionnaire dans la région parisienne.

*Récapitulatif des deux populations :*

	Population jeune	Population âgée
<b>Effectifs</b>	12 femmes et 8 hommes	17 femmes et 3 hommes
<b>Moyennes d'âge</b>	23 ans	77 ans

*Questionnaire :*

Le questionnaire, que chaque participant remplit lui-même, comprend 40 questions portant sur l'estimation de la familiarité de 40 paires d'homophones présentées une par une.

Les participants peuvent estimer soit qu'ils utilisent un sens plus souvent que l'autre (A ou B), soit qu'ils utilisent les deux items de manière identique (A=B). Une utilisation différente des deux items (A≠B) est nommée familiarité hiérarchisée de même qu'une utilisation approximativement identique des deux homophones est nommée familiarité équiprobable.

*Résultats :*

Les analyses statistiques des estimations de familiarité ont pu révéler que, de façon globale, les personnes âgées avaient tendance à respecter la fréquence objective des paires d'homophones dans leurs estimations de familiarité (familiarité = fréquence). Au contraire, les sujets jeunes entraient dans certaines conditions en désaccord avec la fréquence objective d'occurrences dans leurs jugements de familiarité (fréquence ≠ familiarité).

Les participants âgés ont en moyenne considéré les paires homogènes comme étant de familiarité équiprobable (cf. figure 1) et les couples d'items de fréquence hétérogène de familiarité hiérarchisée (cf. figure 2). Il y a donc similitude entre la fréquence objective des items homophoniques et leurs estimations de la familiarité dans la population âgée.

Au contraire, les sujets jeunes entrent en désaccord avec la fréquence dans leurs estimations de familiarité concernant les paires homogènes de basse fréquence (jugées de familiarité hiérarchisée, cf. figure 1) et les paires hétérogènes — (estimées de familiarité équiprobable, cf. figure 2). Il y a donc parfois divergence entre la fréquence objective d'items homophoniques et leurs estimations de familiarité chez les adultes jeunes.

Figure 1 : Pourcentages des types d'estimations de familiarité concernant les paires de fréquence homogène :

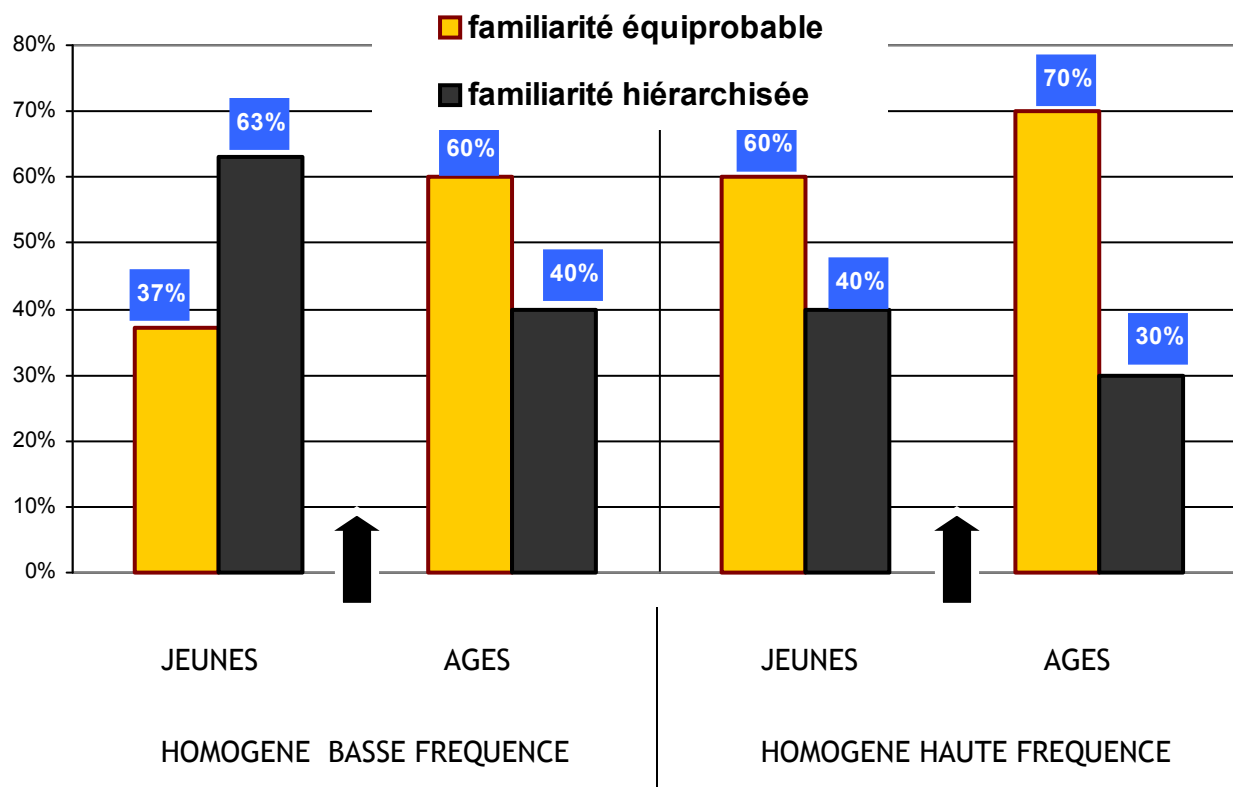
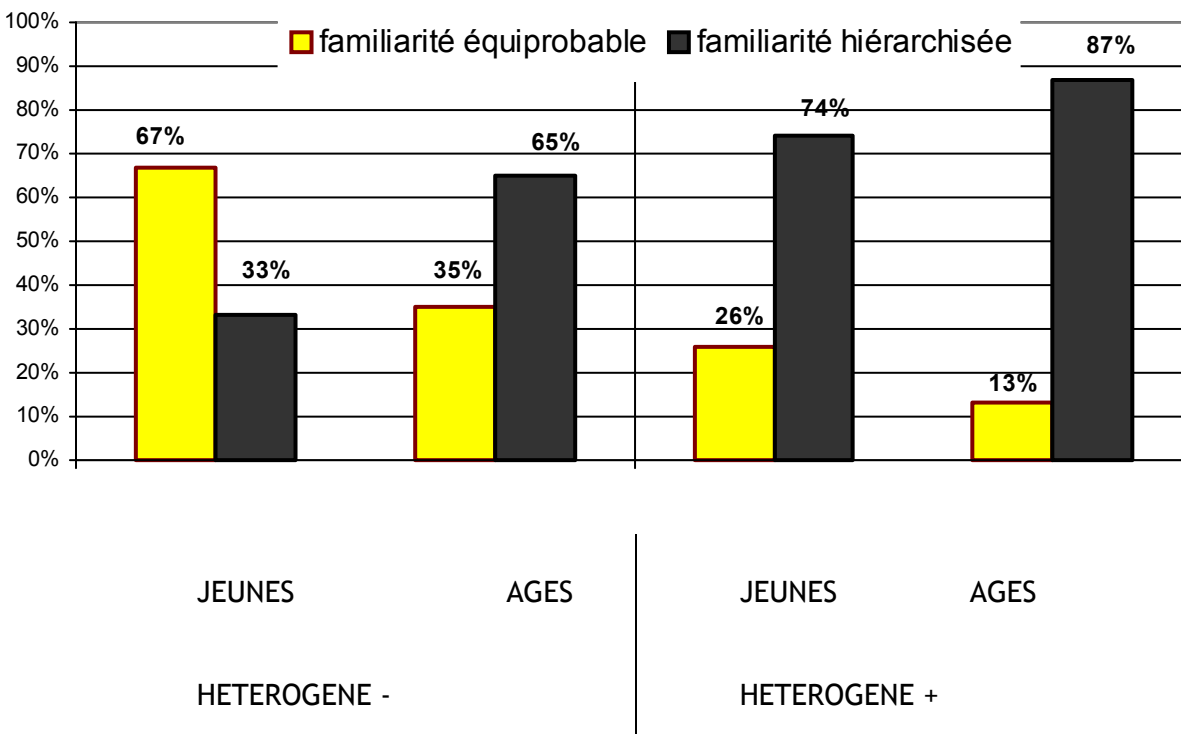


Figure 2 : Pourcentages des types d'estimations de familiarité concernant les paires de fréquence hétérogènes :



Nous concluons en soutenant que les tables du Trésor de la langue française publiées en 1971, dont sont issues les fréquences objectives, sembleraient être toujours d'actualité pour des personnes âgées mais obsolètes pour des adultes jeunes. Il paraît donc légitime de penser que l'utilisation de la langue a évolué depuis la parution de ces tables.

### 3. Deuxième étude

Après avoir analysé les différences et similitudes des estimations de familiarité des 40 couples homophoniques entre des participants jeunes et âgés, nous avons sélectionné pour une deuxième expérience certaines de ces paires en choisissant de retenir les couples d'items dont les estimations étaient massivement soit similaires soit différentes entre les deux générations.

Nous avons ainsi sélectionné 12 paires d'homophones regroupées sous deux catégories :

1. ACCORD DES DEUX AGES : la première catégorie comporte cinq paires dont les estimations de familiarité sont semblables entre les deux âges, que la familiarité soit ou non en accord avec la fréquence. Par exemple, la paire « Hôtel » / « Autel » a été estimée par les deux groupes d'âge de familiarité hiérarchisée (le sens d'« hôtel » étant privilégié dans les deux populations).

2. DESACCORD DES DEUX AGES : la deuxième catégorie comporte sept paires dont les estimations de familiarité diffèrent selon l'âge. Par exemple, la paire « Pou » / « Pouls » a été estimée de familiarité équiprobable (utilisation identique des deux items) chez les participants jeunes et de familiarité hiérarchisée chez les adultes âgés (l'item « pouls » étant préférentiellement utilisé).

Ces homophones sont insérés dans des phrases cibles ambiguës et sont précédés ou non de contexte orientant la signification.

Nous utilisons ainsi une épreuve d'amorçage sémantique et avons fait varier la nature des phrases amorces.

La technique d'amorçage sémantique consiste à faire précéder un mot cible d'un mot qui lui est sémantiquement relié. Par exemple, la présentation de l'expression « insecte parasite » amorce et facilite l'activation du sens « pou » de l'homophone.

En psychologie, les modèles de compréhension du langage représentent la composante sémantique de la mémoire sous la forme de connaissances organisées en réseau d'associations. Dans ces modèles, la représentation de la cognition considère que les mots sont agencés en mémoire sous la forme de nœuds représentant toutes les caractéristiques de chaque mot, telles sémantiques, phonologiques, ... Ces nœuds seraient reliés entre eux par des connexions. Lors de la rencontre d'un mot, l'activation d'un nœud conceptuel se diffuserait aux nœuds qui lui sont reliés dans le réseau. Dans le phénomène d'amorçage sémantique, on assisterait alors à une propagation d'activation c'est à dire que l'activation du mot amorce activerait à son tour le mot cible qui lui est relié par un phénomène de transmission. Ainsi, l'amorce « insecte parasite » activerait le nœud qui lui est sémantiquement relié tel « pou ».

Concernant les effets du vieillissement normal sur la cognition, les études récentes attestent des capacités de compréhension du langage préservées lors de l'avancée en âge avec une organisation du lexique mental et un accès au lexique conservés. Ces hypothèses ne sont compatibles qu'en ce qui concerne le versant compréhension du langage puisque des études récentes ont montré qu'en production du langage des difficultés apparaissent face à l'avancée en âge avec le phénomène du mot sur le bout de la langue (Le Rouzo et Joubert, 2001). Par ailleurs, plusieurs travaux témoignent d'un effet d'amorçage sémantique plus important pour une population âgée comparativement à des adultes jeunes (Cohen et Faulkner, 1983 ; Laver et Burke, 1993)

Concernant notre technique d'amorçage sémantique, nous avons mis en place trois types de phrases amorces : celles-ci pouvant orienter la signification soit vers le premier sens de l'homophone (ex. « pou »), soit vers le second sens de l'homophone (ex. « pouls ») soit vers aucun des deux sens (condition neutre) puisqu'elle n'apporte aucune information pour déterminer le sens de l'homophone dans la phrase cible.

Voici pour exemple les trois modalités possibles de phrases amorces concernant la paire « Pou » / « Pouls » : chaque modalité de phrases amorces est suivie de la phrase cible ambiguë qui est dans notre exemple : « Sandrine ne pouvait s'empêcher de penser à son problème de pou / pouls ».

## Phrase amorce vers pou :

« De petits insectes parasites s'étaient logés dans les longs cheveux de Sandrine ».

## Phrase amorce vers pouls :

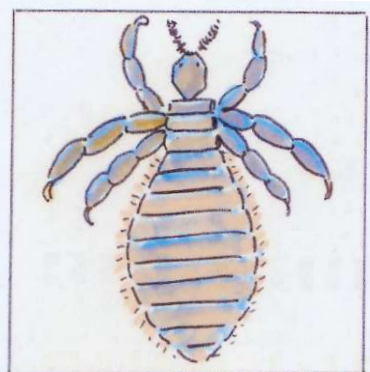
« Le rythme cardiaque de Sandrine était devenu très rapide et parfois irrégulier »

## Phrase amorce neutre :

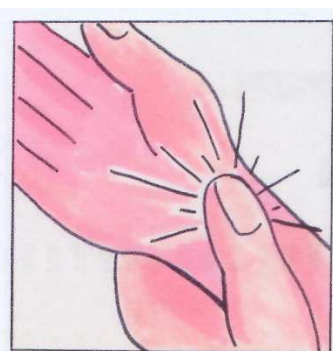
« Sandrine était une jeune et jolie femme âgée de vingt cinq ans »

Chaque participant n'entend qu'une seule version des phrases amorces (exemple : « De petits insectes parasites s'étaient logés dans les longs cheveux de Sandrine ») puis de suite écoute la lecture faite par l'expérimentateur de la phrase cible ambiguë (exemple : « Sandrine ne pouvait s'empêcher de penser à son problème de pou / pouls »). Chaque phrase amorce précède toujours la phrase cible pour toutes les paires d'homophones.

Dans le cadre du paradigme d'amorçage sémantique, la compréhension des couples homophoniques a été évaluée par une technique de choix de dessins représentant les différents sens de l'homophone. Par exemple, concernant la paire « pou » / « pouls », le participant doit opter pour un dessin parmi les trois présentés, celui représentant au mieux, selon lui, le sens des phrases que l'expérimentateur vient de lui lire:



Dessin de sens 1 : Pou



Dessin de sens 2 : Pouls



Dessin de sens neutre de la paire Pou / Pouls

Rappel de la procédure envisagée lors de cette étude :

- œ Présentation de la phrase amorce : l'expérimentateur lit à haute voix une des variantes de la phrase amorce (soit orientée vers un sens de l'homophone soit neutre)
- œ Présentation de la phrase cible ambiguë (l'expérimentateur lit à haute voix la phrase ambiguë contenant l'homophone)
- œ Choix de dessins (l'expérimentateur présente au participant trois dessins et lui demande de choisir celui qui semble le plus correspondre au sens de la phrase qu'il vient juste d'entendre)

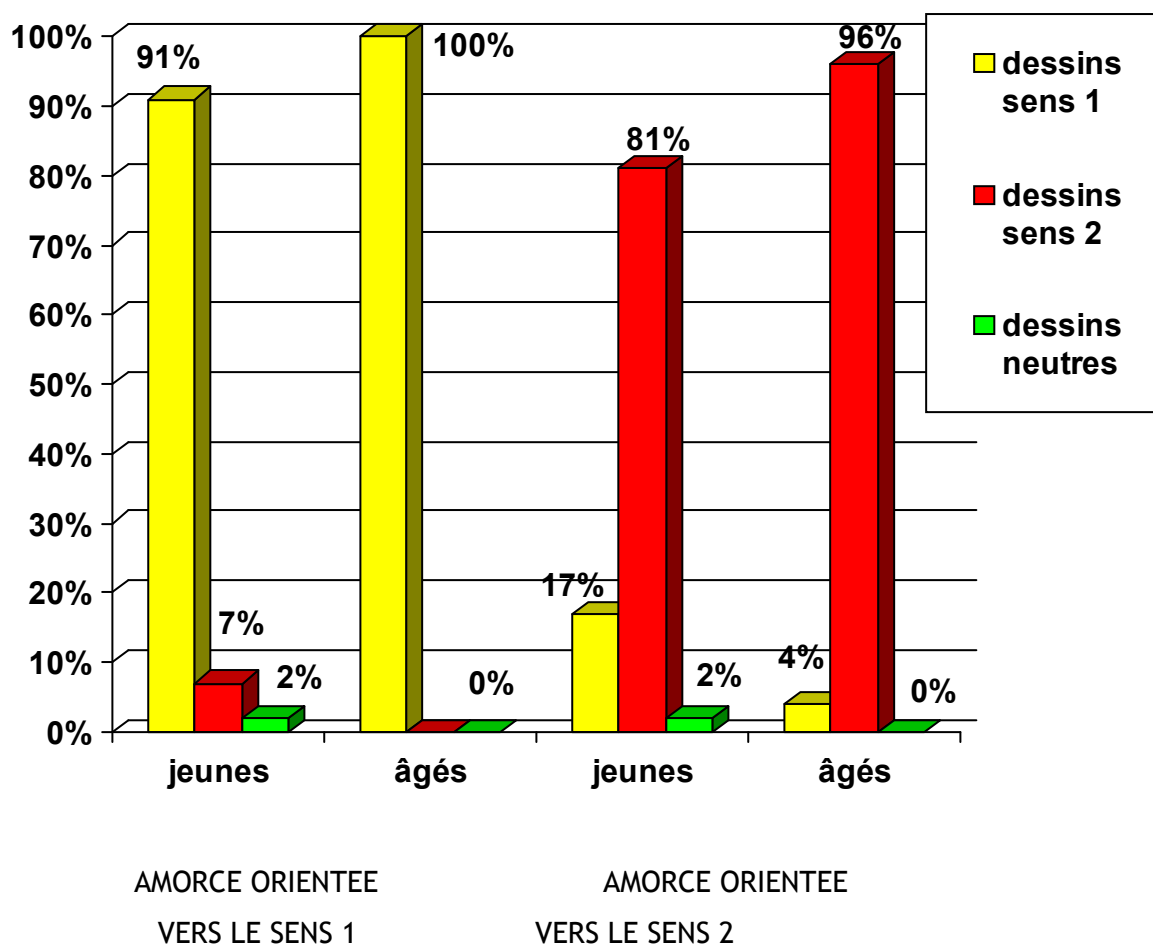
#### *Résultats :*

Lorsque les participants entendaient un énoncé-amorce orienté vers un sens de l'homophone, ils sélectionnaient préférentiellement le dessin représentant ce sens, et cela dans une proportion plus grande chez les personnes âgées (effet d'amorçage sémantique plus important avec l'âge).

A l'écoute d'une phrase amorce orientée vers le sens 1 de l'homophone (exemple : « pou »), les participants, quelque soit leur âge, ont tendance à sélectionner le dessin représentant le sens 1 de l'homophone (celui représentant par exemple le sens « pou ») (cf. partie gauche de la figure 3). De même, à l'écoute d'une amorce orientée vers le second sens de l'homophone (exemple « pouls »), les deux groupes d'âge choisissent préférentiellement le dessin représentant ce sens (cf. partie droite de la figure 3).

Les analyses statistiques des choix de dessins ont pu révéler que les adultes âgés avaient tendance, et cela de façon significative, à être plus influencés par l'amorce : ce groupe d'âge sélectionne dans une proportion plus élevée les dessins selon l'amorce entendue (cf. graphique 3, 91% de choix de dessins de sens 1 à l'écoute de l'amorce 1 chez les adultes jeunes contre 100% pour la population plus âgée, de même 81% de choix préférentiels de dessins de sens 2 à l'écoute de l'amorce 2 chez les adultes jeunes contre 96% pour la population plus âgée).

Figure 3 : Pourcentages des choix de dessins selon l'âge des participants et selon l'orientation de l'amorce entendue.



Les résultats ainsi obtenus nous permettent de confirmer les travaux de Cohen et Faulkner (1983) et de Laver et Burke (1993) attestant un effet d'amorçage sémantique plus important chez des adultes âgés comparativement à des sujets jeunes.

Deux sortes de résultats ont été obtenues dans le cas où l'énoncé cible ambigu - contenant la paire homophonique - était précédé d'un énoncé sémantiquement neutre.

Lorsque les estimations de familiarité des paires d'homophones étaient identiques d'une génération à l'autre alors aucun effet de l'âge n'apparaissait dans les choix de dessin. Par exemple, concernant la paire « Hôtel » / « Autel », l'ensemble des participants (adultes jeunes et âgés) a opté pour le dessin représentant le sens « Hôtel » de l'homophone. Ce choix préférentiel confirme les estimations de familiarité issues de notre première étude précisant pour cette paire que le sens « Hôtel » était massivement plus utilisé par les deux générations que le sens « Autel » du couple homophonique.

Au contraire, lorsque les deux groupes d'âge manifestaient un désaccord dans les estimations de familiarité des paires d'homophones, les choix de dessin étaient significativement différents d'une génération à l'autre. Par exemple, la paire « pou »

/ « pouls » avait été estimée par les adultes jeunes comme étant de familiarité équiprobable : ils indiquent au cours de la première étude utiliser aussi fréquemment les deux sens contrairement aux adultes âgés qui précisent utiliser plus souvent l'item « pouls » que « pou ». L'écoute d'une amorce neutre (ex. « Sandrine était une jeune et jolie femme âgée de vingt cinq ans ») suivie de la phrase cible ambiguë (ex. « Sandrine ne pouvait s'empêcher de penser à son problème de pou / pouls ») mène dans cet exemple les adultes jeunes à ce que nous appelons des « équi-choix ». Ces choix correspondent à des choix de dessins partagés entre les deux sens de l'homophone : c'est-à-dire autant de choix de dessins concernant le sens « pou » que de choix de dessins concernant le second sens « pouls » de l'homophone. Ces équi-choix se justifient par une utilisation dite équiprobable des deux items par les adultes jeunes puisqu'ils nous ont précisé utiliser les deux sens de cet homophone aussi fréquemment l'un que l'autre. Au contraire, les adultes âgés eux n'ont pas émis d'équi-choix mais un choix massif et préférentiel de dessin représentant le sens « pouls » de l'homophone conformément aux estimations de familiarité. En effet, les adultes âgés avaient indiqué dans notre première étude utiliser le sens « pouls » beaucoup plus fréquemment que le sens « pou » de l'homophone.

De façon générale, les deux groupes d'âge émettent des choix de dessins distincts à l'écoute d'une amorce neutre lorsque les estimations de familiarité diffèrent d'une génération à l'autre.

#### **4. Conclusion générale**

L'ensemble des résultats ici présentés permet de conclure à un effet de la familiarité dans l'attribution d'une signification à des énoncés ambigus. Nous avons pu montrer que la familiarité prédit les performances d'ordre sémantique, plus particulièrement d'attribution de signification à un mot ambigu, de façon plus efficace que la fréquence. La sélection du sens d'un mot ambigu ne se fait ni de façon aléatoire ni selon la fréquence des différentes acceptions comme le soutient le modèle d'Hogaboam et Perfetti (1975). L'activation du sens d'un mot ambigu serait plutôt relatif à la familiarité de ses différentes acceptions : le sens le plus familier est sélectionné beaucoup plus fréquemment que l'item moins familier.

La compréhension de phrases comprenant des ambiguïtés homophoniques n'est pas perturbée par l'avancée en âge. Les personnes âgées comprennent correctement une ambiguïté et, dans certaines conditions, de façon différente par rapport à des adultes jeunes. Nous justifions ces dissemblances de compréhension d'homophones par un effet de familiarité.

Enfin, notre deuxième étude confirme l'existence d'un effet d'amorçage sémantique plus important avec l'avancée en âge (soutenue par Laver et Burke, 1993) : la présentation d'une amorce influence plus fortement le traitement ultérieur d'une cible qui lui est reliée sémantiquement en ce qui concerne des adultes âgés comparativement à des adultes jeunes.

#### **Références:**

Cohen, G., & Faulkner, D. (1983). Word recognition : Age differences in contextual facilitation effects. *British Journal of Psychology*, 74, 239-251.

Gernsbacher, M. A. (1984). Resolving 20 years of inconsistent interactions between lexical familiarity and orthography, concreteness, and polysemy. *Journal of Experimental Psychology :General*, 113 (2), 256-281

Hogaboam, T.W. & Perfetti, C.A. (1975). Selective access of homograph meanings in sentence context. *Journal of Memory and Language*, 30, 627-643.

Imbs, P. (1971). Etudes statistiques sur le vocabulaire français. Dictionnaire des fréquences. Vocabulaire littéraire des XIX et XX siècles, Centre de recherche pour un Trésor de la Langue Française (T.L.F., CNRS), Librairie Marcel Didier : Nancy.

Laver, G., D. & Burke, D., M. (1993). Why do semantic priming effects increase in old age? A meta - analysis, *Psychology and Aging*, 8, 34-43.

Le Rouzo, M. L. & Joubert, A. (2001). Le “mot sur le bout de la langue” chez des adultes jeunes et âgés, *Champ Psychosomatique*, 24, 113-129.

# Le développement de la perception de la parole : étude des conflits entre les modalités auditive et visuelle

Sophie Dupont

Laboratoire de phonétique, Département de linguistique et de didactique des langues, Université du Québec à Montréal.

## Résumé

Plusieurs travaux ont montré que le décodage des voyelles et des consonnes par l'auditeur tire profit des caractéristiques de l'onde sonore, mais également des informations visuelles transmises par la position de la mâchoire et des lèvres. L'effet McGurk constitue un exemple de fusion audiovisuelle: un stimulus auditif [ba] superposé à un stimulus visuel conflictuel [ga] est perçu [da]. Si un grand nombre d'études ont été menées chez les adultes, peu ont tenté d'en décrire les conditions d'apparition. Les objectifs de cette étude consistent donc à décrire le rôle de la perception visuelle et auditive au cours du développement de la parole en français. Des enregistrements audio-visuels d'un locuteur adulte articulant les séquences [aba], [ada], [aga], [ava], [ibi], [idi], [igi], [ivi] ont été effectués. Le signal sonore a été numérisé et combiné au signal visuel de façon à générer des conflits (par exemple, un signal audio [aba] superposé à un signal visuel [ada]). 48 séquences ont ainsi été créées, incluant les cas de correspondances audio-visuelles et les conditions contrôle audio seule et visuelle seule. Ce corpus a été soumis à 8 enfants âgés de 4 à 5 ans et à 10 adultes lors d'un test de perception où les sujets devaient identifier la séquence syllabique perçue. Les taux d'identification de chaque séquence ont été reliés aux mesures articulatoires et acoustiques, afin d'évaluer statistiquement l'impact de ces dernières sur l'identification audio-visuelle. Les résultats confirment l'existence de l'illusion McGurk chez les enfants, mais suggèrent qu'il soit plus faible et sujet à la variabilité que chez les adultes. Finalement, les résultats sont reliés au rôle de la vision dans l'émergence du système phonologique chez les enfants.

Plusieurs travaux ont montré que la perception de la parole, et plus particulièrement le décodage des voyelles et des consonnes par l'auditeur, tire profit non seulement des caractéristiques de l'onde sonore produite par le locuteur, mais également des informations visuelles transmises par la position de sa mâchoire et de ses lèvres. On rencontre pourtant fréquemment des situations impliquant des interactions de communication unimodale réussies entre interlocuteurs ; par exemple, lorsqu'un individu parle au téléphone à un autre individu, seule la modalité auditive est utilisée, et lorsque deux personnes échangent des paroles alors qu'une vitre les sépare et les empêche de s'entendre, seule la modalité visuelle est utilisée. Des privations sensorielles telles que la surdité et la cécité constituent des contraintes physiologiques qui suppriment une des deux modalités de la parole audio-visuelle.

Si on aborde la parole du point de vue de l'interaction entre interlocuteurs «face à face», l'étude séparée de chacune des modalités, bien que fort pertinente à l'étude de plusieurs aspects de la parole, ne permet pas facilement de montrer l'apport de chacune des modalités et de leur intégration à la perception de la parole audio-visuelle. Toutefois, depuis qu'ont été publiées en 1976 les premières données relatives à l'effet McGurk, ce dernier constitue un paradigme de recherche privilégié pour l'étude de la perception de la parole audio-visuelle. En effet, l'effet McGurk a d'abord été abordé dans un article de McGurk et MacDonald (1976) dans lequel étaient présentés des résultats de recherche portant sur les percepts de stimuli audio-visuels conflictuels. La première manifestation de l'effet McGurk est survenue lors de la présentation à des adultes normaux d'un stimulus auditif /ba/ (désormais noté A /ba/) superposé à un stimulus visuel /ga/ (désormais noté V /ba/). Le plus souvent, ces derniers ont alors perçu [da], un percept qui constitue une fusion audio-visuelle qui ne relève ni exactement de la partie acoustique du stimulus ni exactement de sa partie visuelle; la nature des percepts étant acceptés comme faisant partie de l'effet McGurk s'est par la suite étendue à d'autres percepts, dans la mesure où ils différaient de la partie acoustique des stimuli conflictuels.

## 1. Cadre théorique

Si un grand nombre d'études ont été menées auprès d'adultes dans ce cadre de recherche, bien peu ont eu pour but de décrire les conditions d'apparition de l'effet McGurk au cours du développement de la parole. Nous vous présentons ici brièvement quelques études qui nous ont semblé pertinentes et qui portaient sur l'effet McGurk chez les bébés, chez les enfants et chez les adultes.

Rosenblum et col. (1997) ont étudié l'effet McGurk chez 10 bébés âgés de 5 mois et vivant en milieu anglophone ; ces sujets ne possédaient alors qu'une très courte expérience linguistique et sensorielle. Les chercheurs ont mené leur étude dans le but de prouver que la représentation de la parole que possèdent les bébés est amodale et qu'ils procèdent à une association supramodale de l'input audio-visuel plutôt qu'à une association d'identité phonémique. Rosenblum et col. (1997) ont créé trois types de stimuli audio-visuels (non-conflituel ; A /va/ - V /va/, conflictuels ; A /ba/ - V /va/ et A /da/ - V /va/) et trois stimuli audio seuls (A /va/, A /ba/ et A /da/), les parties audio étant synthétisées et les parties visuelles étant articulées par un homme. Ils ont cherché à déterminer si leurs sujets discriminaient les séquences audio-visuelles conflictuelles de la séquence non-conflituelle. Les auteurs ont utilisé une technique d'habituation aux stimuli et ils ont ensuite mesuré les temps de fixation des stimuli par les sujets bébés. Ils ont trouvé une différence significative entre les temps de fixation du stimulus A /da/ - V /va/ et du stimulus A /va/ - V /va/, mais pas entre le stimulus A /ba/ - V /va/ et le stimulus A /va/ - V /va/. Cette dernière observation montrait que leurs sujets bébés manifestaient un effet McGurk, c'est-à-dire que leur percept du stimulus A /ba/ - V /va/ était probablement [va], un percept différent de la partie auditive du stimulus conflictuel et intégrant les informations auditives et visuelles en présence.

McGurk et MacDonald (1976) se sont intéressés à la robustesse de l'effet McGurk chez des enfants anglophones. Pour ce faire, ils ont testé 54 adultes (18-40 ans), 21 enfants d'âge préscolaire (3-4 ans) et 28 enfants d'âge scolaire (7-8 ans). Les sujets étaient soumis à une condition audio-visuelle (stimuli A /ba/ - V /ga/, A /ga/ - V /ba/, A /pa/ - V /ka/ et A /ka/ - V /pa/) et à une condition audio au cours desquelles ils devaient répéter ce qu'avait dit la locutrice. En classifiant les percepts des stimuli audio-visuels des sujets selon qu'ils étaient de catégorie audio, visuelle, fusion, combinaison ou autres, les chercheurs ont trouvé que les sujets adultes étaient davantage influencés par l'input visuel que ne l'étaient les deux groupes d'enfants. La description du phénomène faite par les auteurs montrait aussi que les percepts qui ne reflétaient qu'une seule modalité chez les enfants étaient davantage des percepts audio, alors que chez les adultes, on trouvait plus de percepts visuels.

MacDonald et McGurk (1978) ont cherché à expliquer plutôt qu'à décrire le phénomène d'intégration des informations auditives et visuelles conflictuelles en testant leur hypothèse *mode-lieu* (« manner-place hypothesis ») selon laquelle, en situation de communication entre interlocuteurs «face à face» dont l'audition est normale, le mode d'articulation des consonnes est mieux reconnu par l'oreille, alors que le lieu d'articulation est mieux reconnu par les yeux. 44 adultes anglophones (18-24 ans) ont passé un test de perception au cours duquel ils devaient dire à voix haute ce que la locutrice qu'ils voyaient à l'écran avait dit ; les stimuli étaient des superpositions conflictuelles des consonnes /p, b, t, d, k, g, m, n/ en contexte vocalique /a/. L'hypothèse *mode-lieu* s'est avérée vérifiée avec les percepts dont la partie auditive des stimuli était constituée de consonnes labiales et dont la partie

visuelle était constituée de consonnes non-labiales, mais pas avec les stimuli inverses. Ces résultats ont tout de même montré l'effet général de la vision dans la perception de la parole dans des interactions de type «face à face».

Massaro (1984) a mené une étude qui traitait de l'évaluation et de l'intégration de l'information dans la perception de la parole, dans le but d'étudier les aspects développementaux de la perception de la parole. Il a cherché à voir si ses 11 sujets enfants anglophones (4 à 6 ans) étaient aussi influencés par l'information visuelle que l'avaient été les sujets adultes de l'étude de Massaro et Cohen (1983). Pour ce faire, il a comparé les résultats de ses 11 sujets enfants à ceux de 11 adultes âgés entre 18 et 38 ans, qu'ils a soumis à une tâche de d'identification phonémique. La partie acoustique des stimuli audio-visuels auxquels ils étaient confrontés était synthétisée et consistait en cinq séquences d'un continuum de /ba/ à /da/ auxquelles étaient superposés successivement les mouvements articulatoires associés à /ba/, à /da/ et aucun mouvement articulatoire. Massaro (1984) a trouvé que les enfants présentaient la moitié moins d'influence visuelle que les adultes et que cette différence n'était pas de nature attentionnelle. Il a mentionné que les enfants semblaient sensibles à la correspondance des informations audio et visuelles, mais que l'information auditive avait une plus grande influence sur leur perception des catégories dans l'acquisition du langage.

À la lumière de ces études, on remarque que le développement de la perception audio-visuelle ne semble pas linéaire au cours du développement de la parole. Il nous a donc semblé pertinent de mener à nouveau une étude sur la perception de conflits audio-visuels auprès d'enfants d'âge préscolaire. La plupart des études ayant exploré la perception de stimuli conflictuels chez des sujets anglophones, nous nous sommes intéressés à des enfants locuteurs du français québécois. Notre objectif de recherche consistait donc à décrire le rôle de la perception visuelle et auditive au cours du développement de la parole en français. Pour ce faire, nous avons créé des stimuli conflictuels à l'aide de quatre consonnes dont les lieux d'articulation étaient différents (en ordre croissant de «visibilité» : vélaire (/g/), dental (/d/), labio-dental (/v/) et bilabial (/b/)) mais dont le mode d'articulation demeurait le même (voisé) et nous avons comparé les percepts des sujets enfants à ceux des sujets adultes.

À cet égard, Robert-Ribes et col. (1998) ont identifié la complémentarité et la synergie entre l'audition et la vision comme étant deux facteurs qui influençaient l'efficacité de la perception de la parole audio-visuelle. La complémentarité est le pendant de l'hypothèse *mode-lieu* de McGurk et MacDonald (1978), dans la mesure où elle implique que le mode d'articulation est mieux transmis par le canal auditif et que le lieu d'articulation est mieux transmis par le canal visuel. La synergie est une propriété reliée au traitement de l'information et implique que la perception audio-visuelle est meilleure que la perception visuelle seule et que la perception auditive seule ; c'est d'ailleurs ce à quoi nous nous attendions dans le cadre de notre étude. Si Robert-Ribes et col. (1998) ont étudié la perception audio-visuelles des voyelles présentées avec du bruit et que nous nous intéressons plutôt à la perception audio-visuelles des consonnes sans bruit, la notion de visèmes qu'ils ont introduite est tout de même applicable à notre étude, les visèmes constituant les caractéristiques visuelles pertinentes à la reconnaissance des phonèmes.

## 2. Méthodologie

### 2.1. Enregistrement des stimuli

Des enregistrements audio-visuels d'un locuteur adulte du français québécois produisant des séquences bisyllabiques de type *voyelle<sub>i</sub>-consonne-voyelle<sub>i</sub>* ont été effectués à l'aide d'une caméra MiniDV Panasonic. Les images ont été numérisées à un taux de 25 images/seconde et à une fréquence d'échantillonnage du signal acoustique de 44100 Hz. Les voyelles /i/ et /a/ et les consonnes /b/, /d/, /g/ et /v/ ont servi à construire les séquences à l'étude et ont été enregistrées dans l'ordre suivant : [aba], [ada], [aga], [ava], [ibi], [idi], [igi] et [ivi]. Trois répétitions de ces huit séquences ont été produites par le locuteur dont le débit, le volume, l'intonation et l'intensité de la production ont été dirigés par les expérimentatrices afin qu'ils demeurent relativement constants. Un gros plan a été fait sur le visage du locuteur de telle sorte que seuls la partie inférieure de son visage (le bas de son nez, sa bouche, sa mâchoire) et le haut de son cou étaient visibles et occupaient alors environ les cinq sixièmes de l'image. Après la deuxième voyelle de chaque séquence, le locuteur revenait à une position neutre, caractérisée par les lèvres fermées, comme le montre la figure 1.



**Figure 1.** Image fixe du locuteur après avoir produit la séquence [aba]. Après chaque séquence, le locuteur revenait en position neutre d'une façon semblable, c'est-à-dire en refermant les lèvres.

Les données audiovisuelles ont été importées à l'aide du logiciel Imovie, puis les séquences bisyllabiques ont été segmentées à l'aide du logiciel Adobe Premiere Pro 7.0. Des trois répétitions produites de chacune des séquences, une seule occurrence a été conservée pour chacune d'elles, celle dont la qualité acoustique et la clarté des mouvements articulatoires ont été jugées les meilleures par l'expérimentatrice. Chaque séquence audio-visuelle avait une durée de 2833 ms environ, ce qui correspondait à 85 images.

### 2.2. Traitement des images et des signaux acoustiques

Les stimuli enregistrés ont ensuite été manipulés afin de créer les quatre conditions soumises aux sujets lors du test de perception décrit à la section 2.3. En condition bimodale, l'image et le son étaient présentés simultanément. Lorsque les signaux visuel et auditif d'une même séquence étaient superposés, les stimuli ont été qualifiés de 'non-conflictuels'. En revanche, nous référerons aux cas où l'image d'une séquence donnée (par exemple [b]) est superposée au signal acoustique d'une séquence différente (par exemple [d]), par l'appellation stimuli 'conflictuels'. Deux conditions unimodales ont été créées : la condition unimodale 'visuelle',

correspondant à la présence seule de l'image, et la condition unimodale acoustique (ou unimodale 'audio'), correspondant à la présence seule du signal acoustique.

### **2.2.1. Condition unimodale acoustique**

La création des stimuli de la condition unimodale acoustique a nécessité la manipulation des séquences audio-visuelles originales. En fait, le signal acoustique a été séparé du signal visuel à l'aide du logiciel Adobe Premiere Pro 7.0. Pour chacune des séquences bisyllabiques acoustiques conservées, l'image fixe d'un écran noir a été superposée. Ces manipulations ont donné lieu à huit stimuli 'audio' : [aba], [ada], [aga], [ava], [ibi], [idi], [igi] et [ivi].

### **2.2.2. Condition unimodale 'visuelle'**

La création des stimuli 'visuels' n'a pas requis de manipulation des séquences audio-visuelles originales. Lors du test de perception, ce sont ces dernières qui ont été présentées aux sujets, à la seule différence que le volume des haut-parleurs a été placé à une valeur zéro, éliminant ainsi la partie acoustique des stimuli et ne donnant alors lieu qu'à la présentation des mouvements articulatoires effectués par le locuteur. La condition unimodale visuelle comptait donc huit stimuli 'visuels' : [aba], [ada], [aga], [ava], [ibi], [idi], [igi] et [ivi], où aucun son n'était émis.

### **2.2.3. Condition bimodale non conflictuelle**

Les stimuli de la condition bimodale 'non-conflictuelle' consistaient en l'ensemble des séquences produites par le locuteur, sans qu'aucun traitement particulier ne leur soit appliqué. Huit stimuli 'non-conflictuels' étaient donc disponibles, comportant le son et l'image effectivement produits par le locuteur, soit [aba], [ada], [aga], [ava], [ibi], [idi], [igi] et [ivi].

### **2.2.4. Condition bimodale conflictuelle**

Les stimuli audio-visuels 'conflictuels' ont été construits de façon à générer des conflits consonantiques entre le signal acoustique et le signal visuel. Ces stimuli ont été créés à l'aide du logiciel Adobe Premiere Pro 7.0 qui, d'une part, a permis de séparer le signal acoustique du signal visuel de chacun des stimuli audio-visuels 'non-conflictuels' originaux, et d'autre part, de superposer successivement à chaque signal acoustique donné les trois signaux visuels dont la consonne différait de la sienne. Avant d'effectuer ces superpositions des signaux acoustiques et visuels, les temps d'ouverture de la mâchoire, de début de fermeture des lèvres, de fin de fermeture des lèvres et de fermeture de la mâchoire ont été notés à partir du signal visuel et pris en compte afin d'assurer une synchronisation optimale entre les signaux des deux modalités. Ces stimuli 'conflictuels' étaient au nombre de 24 : 4 consonnes 'audio' X 3 consonnes 'visuelles' X 2 voyelles. Le tableau 1 regroupe les combinaisons retenues pour la création des stimuli 'conflictuels'.

**Tableau 1** Les 24 stimuli audio-visuels ‘conflictuels’ présentés aux sujets lors du test de perception.

Voyelle /i/		Voyelle /a/	
Signal visuel	Signal acoustique	Signal visuel	Signal acoustique
/ibi/	/idi/	/aba/	/ada/
/ibi/	/igi/	/aba/	/aga/
/ibi/	/ivi/	/aba/	/ava/
/idi/	/ibi/	/ada/	/aba/
/idi/	/igi/	/ada/	/aga/
/idi/	/ivi/	/ada/	/ava/
/igi/	/ibi/	/aga/	/aba/
/igi/	/idi/	/aga/	/ada/
/igi/	/ivi/	/aga/	/ava/
/ivi/	/ibi/	/ava/	/aba/
/ivi/	/idi/	/ava/	/ada/
/ivi/	/igi/	/ava/	/aga/

### 2.3. Test de perception

#### 2.3.1. Sujets

8 enfants âgés entre 4 ans 3 mois et 5 ans 9 mois (moyenne de 4 ans 7 mois) ont participé à cette étude, avec le consentement écrit d'un parent. Ils étaient tous de sexe féminin et ont été recrutés au Centre de la petite enfance Frisson de Colline, à Montréal. À la fin du test de perception, les enfants ont reçu un certificat d'attestation de participation à leur nom en guise de cadeau. De plus, 10 étudiantes de premier et de deuxièmes cycles universitaires en linguistique de l'Université du Québec à Montréal, âgées entre 22 et 31 ans (moyenne de 25 ans), se sont prêtées à l'étude. Les sujets adultes n'ont reçu aucune compensation pour leur participation à l'étude. Le français était la langue maternelle de tous les sujets et ils avaient tous une vision normale (dans certains cas, corrigée par des lunettes ou des verres de contact) et une audition normale. Les sujets enfants ne connaissaient pas le but de l'expérience et n'ont pas semblé être conscients de la manipulation préalable des

stimuli qui leur étaient présentés. Au cours de l'expérience, trois sujets adultes ont manifesté qu'ils remarquaient que certains stimuli étaient conflictuels et qu'ils croyaient cette manipulation conçue pour perturber leur perception. Nous avons conservé les percepts fournis par ces sujets puisque McGurk et MacDonald (1976) ont mentionné que le fait qu'un individu soit conscient de la façon dont ont été construits les stimuli n'inhibait pas la manifestation de l'effet McGurk.

### 2.3.2. Déroulement du test

Pour les deux groupes de sujets, les stimuli 'conflictuels' et 'non-conflictuels' ont été regroupés en une seule catégorie de stimuli en condition bimodale. Trois conditions faisaient donc partie du test : les conditions unimodales visuelle et auditive, et la condition bimodale. Les conditions unimodales comportaient chacune 8 stimuli, alors que la condition bimodale comportait 32 stimuli. À l'intérieur de chacune des trois conditions, les stimuli étaient présentés une seule fois, en ordre aléatoire variable d'un sujet à l'autre. Les stimuli étaient présentés automatiquement à l'écran d'un ordinateur, séparés par une pause de 4000 ms, au cours de laquelle un écran noir sans signal acoustique était présenté.

#### 2.3.2.1. Cas des sujet adultes

L'expérience auprès des adultes s'est déroulée à l'intérieur d'une seule séance d'une durée d'environ 15 minutes dans le laboratoire de phonétique de l'université à laquelle les sujets avaient été recrutés. La partie visuelle de chacun des 48 stimuli était présentée à l'aide du logiciel Lecteur Windows Media Player 9.0 sur un écran plat Philips 109B<sub>4</sub> de grandeur 19 pouces. Les sujets étaient assis à environ 50 cm de l'écran de l'ordinateur et ils devaient écouter la partie acoustique des stimuli à l'aide d'écouteurs Audio-Technica ATH-M20 à un volume qui leur était confortable.

La tâche des sujets adultes était d'être attentifs à ce qui était présenté sur l'écran et à ce qu'ils entendaient dans les écouteurs et de manifester la séquence qu'ils avaient perçue. Il leur avait été dit que la forme-type de ce qu'ils étaient susceptibles de percevoir était : *voyelle - une ou plusieurs consonnes - voyelle* et quelques exemples leur avaient été donnés verbalement («vous pourriez entendre des séquences telles que /aba/, /ada/, /abga/, etc»).

Bien que l'écran demeurait noir pendant 4 secondes afin de laisser suffisamment de temps aux sujets pour effectuer leur identification de la séquence audio-visuelle, ils étaient également libres d'appuyer sur «pause» afin d'avoir plus de temps pour écrire leur réponse avant que ne soit présenté le prochain stimulus. La tâche des cinq premiers sujets était d'écrire ce qu'ils avaient perçu sur une feuille prévue à cet effet, mais l'expérimentatrice ayant remarqué que les sujets n'utilisaient pas la fonctionnalité «pause» et qu'il était possible que l'attention des sujets ne soit alors pas optimale au début de chaque stimulus, la tâche des 5 sujets adultes suivants a été modifiée. Il leur était alors plutôt demandé de dire à voix haute ce qu'ils avaient perçu après chaque stimulus; c'est l'expérimentatrice elle-même qui notait leurs réponses, permettant aux sujets de ne se concentrer effectivement que sur qui était dit et sur ce qui était montré. Une liste aléatoire de stimuli était présentée aux sujets adultes pour chacune des conditions dans l'ordre suivant : stimuli audio-visuels ('non-conflictuels' et 'conflictuels' ensemble et en ordre aléatoire), stimuli 'audio' et stimuli 'visuels'.

### 2.3.2.2. Cas des sujets enfants

Le test de perception auprès des enfants s'est déroulé dans le cadre d'une seule séance d'une durée variable selon les besoins de l'enfant, mais d'une moyenne de 30 minutes, dans un local fermé à l'intérieur de la garderie à laquelle ils avaient été recrutés. La partie visuelle de chacun des 48 stimuli était présentée à l'aide du logiciel Lecteur Windows Media Player 9.0 sur un écran d'une grandeur de 15 pouces d'un ordinateur portable Toshiba modèle Satellite Pro. Les sujets enfants étaient assis à environ 40 centimètres de l'écran de l'ordinateur et ils devaient écouter la partie acoustique des stimuli présentée à l'aide de haut-parleurs Altec Lansing AVS200 à un volume qui leur était confortable.

L'expérimentatrice avait présenté la tâche aux sujets enfants comme étant un jeu au cours duquel ils étaient invités à être attentifs à ce qui était présenté sur l'écran et à ce qu'ils entendaient et à répéter à voix haute ce qu'ils croyaient que le locuteur venait de dire. Des exemples de la forme-type *voyelle - une ou plusieurs consonnes - voyelle* que pouvaient prendre les stimuli leur avaient aussi été donnés («tu entendras des choses telles que /aba/, /ada/, /abga/, etc»). L'expérimentatrice contrôlait la succession des stimuli en appuyant sur «pause» en chacun d'eux. C'est également elle qui écrivait sur la feuille réponse les percepts de l'enfant en les répétant au fur et à mesure, de façon à obtenir une forme d'accord inter-juges avec l'autre expérimentatrice. Toutes deux s'assuraient que l'enfant regardait bien l'écran lors de la présentation des stimuli 'visuels' seulement, audio-visuels 'conflictuels' et 'non-conflictuels'. Une liste aléatoire de stimuli était présentée aux sujets enfants pour chacune des conditions dans l'ordre suivant : stimuli *audio* seulement, stimuli *visuels* seulement et stimuli audio-visuels ('conflictuels' et 'non-conflictuels' ensemble et en ordre aléatoire).

### 2.4. Traitement des données

Pour chacune des trois conditions de présentation des stimuli, des critères de classification des percepts des sujets ont été établis. Cette étude portant sur les conflits entre les modalités auditive et visuelle ayant cours dans la perception des consonnes des séquences *voyelle<sub>i</sub>-consonne-voyelle<sub>i</sub>* et les deux voyelles /i/ et /a/ n'ayant été utilisées qu'afin de pouvoir créer un plus grand nombre de stimuli et d'empêcher l'habituation des sujets à la forme des séquences lors du test de perception, nous n'avons pas analysé les données perceptives pour chacune des voyelles séparément.

Les résultats obtenus proviennent de moyennes effectuées à partir du nombre de percepts d'un groupe de sujets donné à une condition donnée pour un critère de classification donné pour une consonne ou une combinaison de consonnes donnée. Par la suite, les résultats obtenus par les sujets enfants à un critère de classification donné ont été statistiquement comparés aux résultats obtenus par les sujets adultes au même critère. Le logiciel Statistica 6.1 a été utilisé pour faire les analyses de variance (*one-way ANOVA*) entre les résultats obtenus par les deux groupes de sujets. Des tests *t* de Student ont été utilisés pour mesurer la différence de perception à l'intérieur même d'un groupe de sujets, mais pour des conditions différentes.

### 3. Présentation et discussion des résultats

#### 3.1 Conditions contrôle unimodales

L'identification phonémique des stimuli unimodaux acoustiques et visuels constituait deux conditions contrôle. En effet, l'analyse des résultats obtenus par les sujets adultes et enfants aux stimuli 'audio' a permis de juger de la qualité acoustique des séquences produites par le locuteur. D'autre part, elle a servi à évaluer la compétence des sujets pour une tâche d'identification phonémique de stimuli acoustiques. De la même façon, l'analyse des percepts des sujets des stimuli 'visuels' a révélé si les mouvements articulatoires du locuteur étaient suffisamment visibles, s'ils étaient typiques des séquences cibles et si les sujets étaient habiles à une tâche d'identification phonémique de stimuli visuels. Aussi, les résultats obtenus dans ces conditions unimodales cherchaient à mesurer la robustesse «naturelle» auditive et visuelle de certains stimuli.

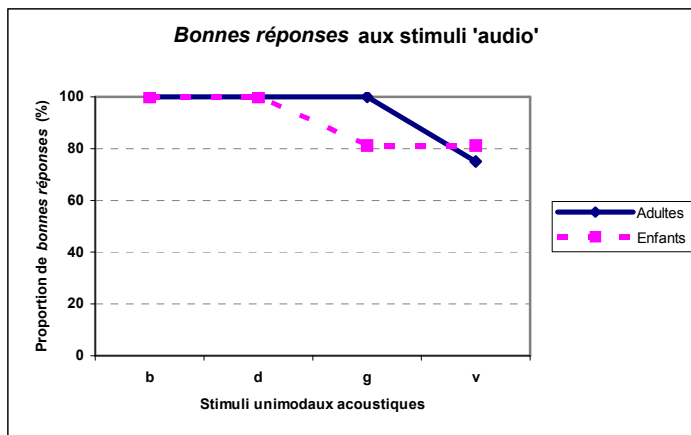
##### 3.1.1. Percepts des stimuli 'audio' unimodaux

Seuls les percepts dont le lieu et la mode d'articulation étaient identiques à ceux des stimuli 'audio' présentés ont été jugés comme étant des percepts *audio* et qualifiés de *bonnes réponses*. Le tableau 2 montre la classification des percepts fournis par les sujets dans les catégories *bonnes réponses* et *autres*, cette dernière catégorie comprenant les percepts qui ne répondaient pas aux critères de correspondance de mode et de lieu d'articulation des percepts avec ceux des stimuli.

Tableau 2. Classification des percepts des sujets des stimuli acoustiques présentés.

Stimuli acoustiques	Percepts	
	<i>Audio (bonnes réponses)</i>	<i>Autres</i>
/b/	[b]	-
/d/	[d]	-
/g/	[g]	[d]
/v/	[v]	[b] [bv]

La figure 2 présente la moyenne de *bonnes réponses* fournies lors de l'identification des stimuli unimodaux 'audio' par les sujets enfants et adultes. La proportion de *bonnes réponses* fournies par les enfants n'est pas significativement différente de celle des adultes.



**Figure 2.** Proportions de *bonnes réponses*, c'est-à-dire de percepts dont le lieu et le mode d'articulation correspondaient à ceux des stimuli acoustiques présentés.

Si l'identification de /b/ et de /d/ est parfaite pour les deux groupes d'âge dans les deux contextes vocaliques, en contexte /a/, 37,5% des sujets enfants ont perçu la consonne /g/ comme étant /d/. Cette tendance n'ayant nullement été observée en contexte /i/ chez les enfants et en aucun cas chez les adultes, cela peut suggérer que le stimulus unimodal 'audio' /aga/ n'était pas ambigu, mais que ce sont plutôt les enfants qui ont été moins habiles à faire la distinction entre les réalisations acoustiques des lieux d'articulation alvéolaire (/d/) et vélaire (/g/) dans ce contexte ou qu'ils ont été moins attentifs à la tâche d'identification lors de la présentation de ce stimulus.

La fricative labio-dentale du stimulus /ava/ semblait quant à elle réellement plus difficile à identifier. En effet, 37,50% des enfants l'ont perçue comme étant plutôt la bilabiale [b]; 30,00% des adultes l'ont aussi perçue ainsi ou comme une combinaison des lieux d'articulation labio-dental et bilabial, [bv]. 20,00% des adultes ont aussi ainsi perçu /bv/ dans le contexte vocalique /i/. Nous proposons que la durée un peu longue de la friction et le fort accent mis sur la deuxième voyelle puissent être à l'origine de cette légère ambiguïté.

Par ailleurs, ces résultats montrent que tous les auditeurs étaient compétents pour effectuer une tâche d'identification phonémique de stimuli 'audio' et que tous les stimuli étaient acoustiquement valables. Nous verrons dans les prochaines sections si la potentielle ambiguïté acoustique de /v/ a eu une influence sur les percepts des stimuli bimodaux.

### 3.1.2. Percepts des stimuli 'visuels' seuls

Les percepts des stimuli 'visuels' seuls qui ont été considérés comme de *bonnes réponses* sont ceux dont le lieu d'articulation correspondait à celui des stimuli; la mode d'articulation et la distinction entre certains lieux d'articulation (par exemple, vélaire versus uvulaire) n'étant pas visibles, cela a parfois permis d'admettre plusieurs percepts pour un même stimulus. Le tableau 3 fait état de notre classification des percepts des sujets adultes et enfants et présente aussi les réponses non-acceptées (*autres*).

Tableau 3. Classification des percepts des sujets des stimuli 'visuels' présentés.

Stimuli visuels	Visuels (bonnes réponses)	Autres
/b/	[b] [p]	[k] [gb] [v]
/d/	[d] [t]	[v] [b] [g]
/g/	[g] [r] [j]	[b] [d] [v]
/v/	[v] [f]	[b] [d] [g] [j] [bv]

La figure 3 présente la moyenne de *bonnes réponses* fournies par les deux groupes de sujets comme identification des stimuli 'visuels'. La proportion de *bonnes réponses* fournies par les sujets enfants est significativement inférieure à celle des adultes ( $F(1,6)=27,960, p<0,05$ ).

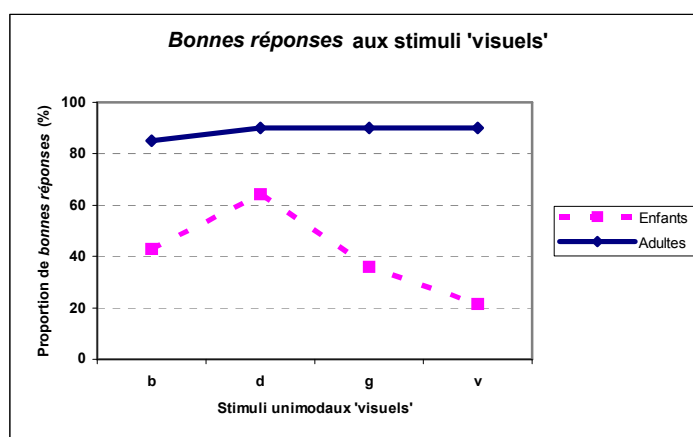


Figure 3. Proportions de *bonnes réponses*, c'est-à-dire de percepts dont le lieu d'articulation correspond aux stimuli 'visuels' présentés.

Il peut d'abord sembler étonnant que les stimuli /d/ soient les mieux identifiés (90,00% de *bonnes réponses* chez les adultes et 64,29% chez les enfants) et que les stimuli /b/ le soient moins bien (85,00% chez les adultes et 42,86% chez les enfants), étant donné que le lieu d'articulation bilabial (/b/) est plus visible que le lieu

d'articulation dental (/d/). Nous avons toutefois relevé que chez les sujets enfants, parmi toutes les réponses exclues des *bonnes réponses*, c'est le percept [d] qui était le plus souvent fourni. La dentale représente en effet entre 45,45% et 75,00% des réponses *autres* fournies pour les stimuli /b/, /g/ et /v/; les sujets 2 et 8 n'ont d'ailleurs fourni presque exclusivement que des percepts /d/. Cela suggère donc que chez les sujets enfants, le percept /d/ constituait peut-être un percept « par défaut » pour chaque perception incertaine, parce que fréquent dans le vocabulaire de locuteurs du français québécois de cet âge, et qu'il n'était alors par véritablement mieux reconnu que les stimuli dont le lieu d'articulation est plus visible.

Aussi, la condition unimodale 'visuelle' constituait sans doute la condition du test de perception la plus difficile à comprendre pour les sujets enfants, bien qu'elle leur ait été bien expliquée. En effet, le fait d'être confrontés à des stimuli que visuels ne constitue pas une situation courante dans les jeux ni même dans les activités éducatives d'enfants de cet âge. D'ailleurs, les sujets 7 et 8 n'ont pas fourni de réponses à tous les stimuli 'visuels' présentés. Mais globalement, les enfants ayant fourni de *bonnes réponses* entre 21,43% et 64,29% dans cette condition unimodale 'visuelle', nous pouvons dire qu'ils étaient sensibles aux mouvements articulatoires du locuteur et qu'ils étaient aptes à effectuer une tâche d'identification phonémique à partir de stimuli 'visuels'.

D'autre part, on remarque que la proportion de *bonnes réponses* dans la perception des quatre consonnes à l'étude par les adultes est demeurée presque constante pour chacune d'elles (entre 85,00% et 90,00%). Ces résultats étant tous très élevés, un certain *effet plafond* a pu s'opérer et empêcher de mettre en relief l'échelle de visibilité des lieux d'articulation des quatre consonnes présentées (en ordre croissant de visibilité des mouvements articulatoires, tel que mentionné précédemment: /g/, /d/, /v/, /b/). Toutefois, ces résultats montrent que les adultes étaient très sensibles aux mouvements articulatoires du locuteur et qu'ils étaient compétents pour effectuer une tâche d'identification phonémique à partir de stimuli 'visuels'.

### 3.2. Conditions test bimodales

La présentation des deux types de stimuli bimodaux 'non-conflictuels' et 'conflictuels' constituait des conditions test. L'analyse des résultats obtenus par les sujets enfants et adultes aux stimuli 'non-conflictuels' a fourni des indicateurs de la validité acoustique et articulatoire des enregistrements. Elle a également permis de s'assurer de la capacité des sujets à effectuer une tâche d'identification phonémique en condition bimodale, mais surtout d'évaluer l'apport de l'information visuelle à la perception des consonnes à l'étude. La condition bimodale 'conflictuelle' a quant à elle permis d'évaluer l'intégration des informations acoustiques et visuelles et mis en lumière le rôle de l'information visuelle dans la perception des consonnes. Les résultats obtenus par les sujets enfants dans chacune des conditions ont été comparés à ceux des sujets adultes afin de voir si les percepts différaient selon l'âge et si oui, dans quelle mesure ils se distinguaient.

#### 3.2.1. Percepts des stimuli 'non-conflictuels'

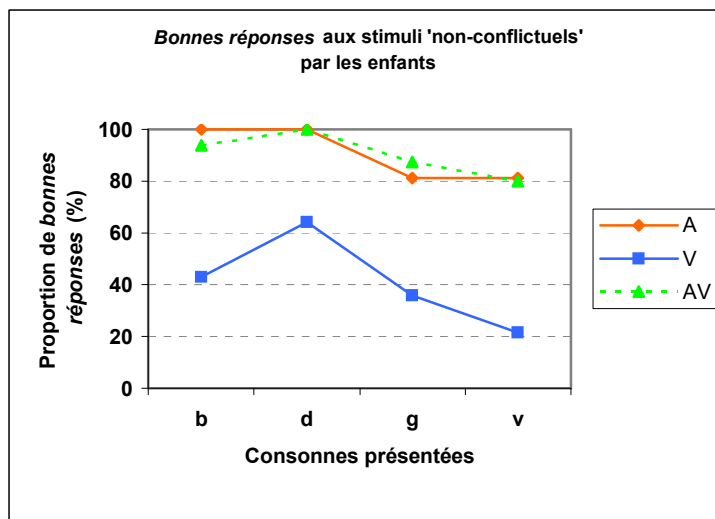
Les percepts dont le lieu et le mode d'articulation étaient identiques à ceux des stimuli 'non-conflictuels' présentés ont été jugés comme étant de *bonnes*

*réponses*. Le tableau 4 montre les percepts *bonnes réponses* et les percepts *autres*, qui ne répondaient pas à ces deux critères.

**Tableau 4.** Classification des percepts des sujets des stimuli audio-visuels ‘non-confluctuels’ présentés.

Stimuli		Percepts	
Partie acoustique	Partie visuelle	<i>Bonnes réponses</i>	<i>Autres</i>
/b/	/b/	[b]	[bv] [v]
/d/	/d/	[d]	[gb]
/g/	/g/	[g]	[d] [dg]
/v/	/v/	[g]	[b] [bv]

Les figures 4 et 5 présentent respectivement la proportion de *bonnes réponses* fournies pour les stimuli ‘non-confluctuels’ (lignes vertes pointillées) par les sujets enfants et adultes. Sont également reproduits les résultats obtenus aux conditions unimodales ‘audio’ (ligne orange) et ‘visuelle’ (ligne bleue) afin de voir les différences de perception entre ces différentes conditions qui regroupent tous les mêmes stimuli.



**Figure 4.** Proportion de *bonnes réponses* fournies par les enfants aux stimuli ‘non-confluctuels’.

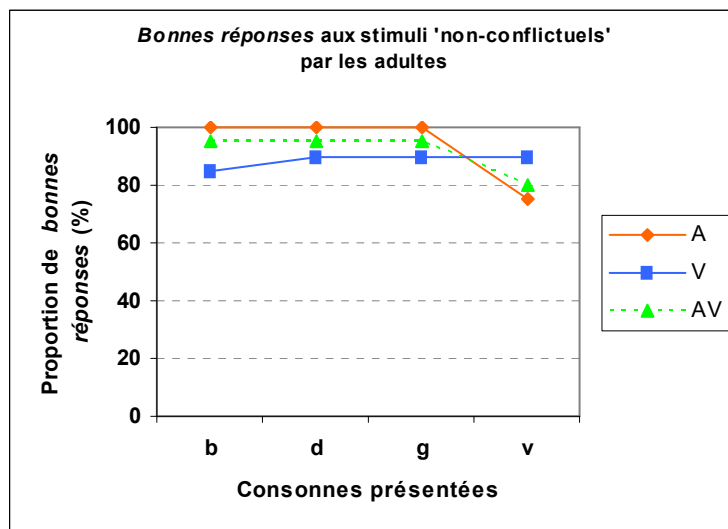


Figure 5. Proportion de *bonnes réponses* fournies par les adultes aux stimuli 'non-conflictuels'.

Regardons tout d'abord la différence entre la proportion de *bonnes réponses* fournies par les enfants et par les adultes (ligne verte pointillée de chaque graphique) aux stimuli 'non-conflictuels'. Il n'y a pas de différence significative entre ces deux groupes d'âge pour cette condition. Cela suggère donc que les enfants sont aussi compétents que les adultes pour effectuer une tâche d'identification phonémique de stimuli bimodaux 'non-conflictuels'.

Attardons-nous maintenant aux différences de perception entre les conditions unimodales 'audio' et 'visuelle' et la condition bimodale 'non-conflictuelle' à l'intérieur même des groupes d'âge afin d'évaluer l'apport de chacune des modalités à la perception en condition audio-visuelle. Un test *t* de Student a révélé que chez les sujets enfants, la proportion de *bonnes réponses* est significativement plus grande dans la condition unimodale 'audio' que dans la condition unimodale 'visuelle' ( $t=4,74554$   $p<0,01$ ), alors que chez les adultes, il n'y a pas de différence significative entre ces deux conditions. La différence observée chez les enfants entre les percepts des stimuli 'audio' et 'visuels' était prévisible, étant donné leur difficulté plus importante à percevoir les stimuli 'visuels' seuls.

En ce qui a trait à la différence entre les résultats obtenus en condition unimodale 'visuelle' seule et en condition bimodale 'non-conflictuelle', les enfants ont fourni significativement plus de *bonnes réponses* aux stimuli audio-visuels 'non-conflictuels' qu'aux stimuli unimodaux 'audio', tel qu'attendu ( $t=-4,97240$ ,  $p<0,005$ ). Cette différence suggère que l'apport d'information acoustique à l'information visuelle permet une meilleure perception audio-visuelle des consonnes étudiées.

Aucune différence significative n'a été trouvée entre les percepts *bonnes réponses* à des stimuli unimodaux 'audio' et à des stimuli bimodaux 'non-conflictuels', ni chez les enfants ni chez les adultes. En effet, chez les sujets enfants, seule la vélaire /g/ semble avoir été mieux reconnue en condition bimodale qu'en condition unimodale, la dentale /d/ et la labio-dentale /v/ ayant été presque également reconnues dans les 2 conditions et la bilabiale /b/ ayant même été légèrement mieux reconnue en condition unimodale 'audio'. Ces résultats sont

étonnants, étant donné que le lieu d'articulation vélaire est moins visible que le lieu bilabial.

Chez les adultes, les 3 occlusives /b/, /d/ et /g/ ont été légèrement mieux reconnues en condition unimodale 'audio' qu'en condition bimodale 'non-conflictuelle', ne montrant pas du tout l'apport de l'information visuelle sur la perception bimodale. Aucune différence significative n'a été trouvée chez les sujets adultes entre la proportion de *bonnes réponses* fournies entre les conditions unimodales 'audio' et 'visuelle', ni entre chacune d'elles avec la condition bimodale 'non-conflictuelle'. En fait, les adultes obtenant des résultats près de la note parfaite dans les trois conditions, nous pouvons à nouveau postuler que l'*effet plafond* observé nous empêche de discerner une potentielle différence de performance entre les différentes conditions; ce sont plutôt les résultats obtenus en condition bimodale 'conflictuelle' qui le permettent.

Bref, si les résultats en condition bimodale 'non-conflictuelle' chez les enfants ne sont pas révélateurs d'une performance accrue par rapport à la condition unimodale 'audio', les résultats obtenus à la condition unimodale 'visuelle' suffisent à montrer que les enfants peuvent identifier des consonnes à la seule présentation des mouvements articulatoires qui leur sont associés et qu'ils peuvent traiter cette information visuelle. Les percepts des stimuli bimodaux 'conflictuels' présentés à la prochaine section permettront également de montrer l'importance de l'information visuelle dans la perception de la parole chez les deux groupes de sujets.

### 3.2.2. Percepts des stimuli 'conflictuels'

Rappelons-nous que les stimuli bimodaux 'conflictuels' étaient formés d'un signal acoustique d'une certaine séquence *voyelle<sub>i</sub>-consonne<sub>j</sub>-voyelle<sub>i</sub>* où la consonne était /b/, /d/, /g/ ou /v/ et d'un signal visuel *voyelle<sub>i</sub>-consonne<sub>k</sub>-voyelle<sub>i</sub>* dont la consonne différait de celle de la partie acoustique. Nous avons classifié les percepts auxquels ces stimuli 'conflictuels' ont donné lieu en 5 types : *audio*, *visuels*, *combinaisons*, *fusions* et *autres*. Dans le tableau 5 se trouvent des exemples de percepts de chaque type, tirés de notre corpus. Nous verrons alors clairement les conflits qui ont cours entre les modalités visuelle et auditive lors de la perception de la parole.

Tableau 5. Exemples de la classification des percepts des sujets des stimuli audio-visuels 'conflictuels' présentés.

Stimuli		Percepts					
P artie acoustique	P artie visuelle	A udio	Vi suels	Combinaisons		Fu sions	A utres
				str ictes	éte ndues		
b/	d/	[b]	[d]	-	-	-	[t] [v] g]
b/	g/	[b]	[g]	-	-	[d] [θ]	-
g/	b/	[g]	[b]	[bg] [gb]	-	-	-
g/	v/	[g]	-	[vg]	[bg]	[d]	[f]
v/	d/	[v]	[d]	-	[bv] [lv] [zd]	[th]	[t]

Les percepts audio sont ceux dont le lieu et le mode d'articulation correspondaient à ceux de la partie acoustique des stimuli bimodaux 'conflictuels'. Par exemple, pour un stimulus A /b/ - V /g/, un percept [b] constitue un percept *audio*.

Les percepts qui ont été placés dans la catégorie *visuels* sont ceux dont le lieu et le mode d'articulation correspondaient à ceux de la partie visuelle des stimuli bimodaux 'conflictuels' présentés. Par exemple, pour un stimulus A /v/ - V /g/, un percept [g] constituait un percept *visuel*.

Jusqu'à présent, les percepts consonantiques dont nous avons parlé n'étaient formés que d'un seul phonème. Or, les percepts *combinaisons* sont ceux qui comportent deux phonèmes. Au départ, notre classification des percepts *combinaisons* était stricte et n'admettait que les percepts constitués de la consonne de la partie auditive et de la consonne de la partie visuelle, peu importe l'ordre dans lequel ils étaient identifiés. Par exemple, pour un stimulus A /g/ - V /b/, les percepts [bg] et [gb] ont été classés comme étant des *combinaisons strictes*. Nous avons toutefois décidé d'élargir notre définition de *combinaisons* de façon à pouvoir inclure les percepts biphonémiques dont seul un des phonèmes était directement issu de la partie acoustique ou de la partie visuelle de stimuli 'conflictuels'. Par exemple, pour un

stimulus A /v/ - V /d/, les percepts [bv], [lv] et [zd] ont été classés comme étant des *combinaisons étendues*.

Lorsque les sujets ont identifié les stimuli 'conflictuels' à l'aide d'une seule consonne et que cette consonne n'était ni celle de la partie acoustique des stimuli ni celle de la partie visuelle, mais plutôt une consonne «intermédiaire», une «fusion» de l'information fournie par les 2 modalités, nous avons classé ces percepts comme étant des *fusions*. Nous avons par exemple retrouvé des percepts *fusions* [d] lors de la présentation d'un stimulus A /b/ - V /g/.

Finalement, toutes les réponses qui ont été fournies par les sujets et qui ne répondaient pas aux critères des 4 autres catégories mentionnées précédemment ont été placées dans la catégorie *autres*. Par exemple, un percept [vg] à la suite de la présentation d'un stimulus A /b/ - V /d/ a été placé dans la catégorie *autres*.

### 3.2.2.1. Percepts audio

Les percepts *audio* montrent l'absence de perception conflictuelle entre les modalités auditive et visuelle ou la prépondérance de la modalité auditive. La figure 6 illustre la moyenne d'identification des stimuli 'conflictuels' présentés comme étant des percepts *audio*.

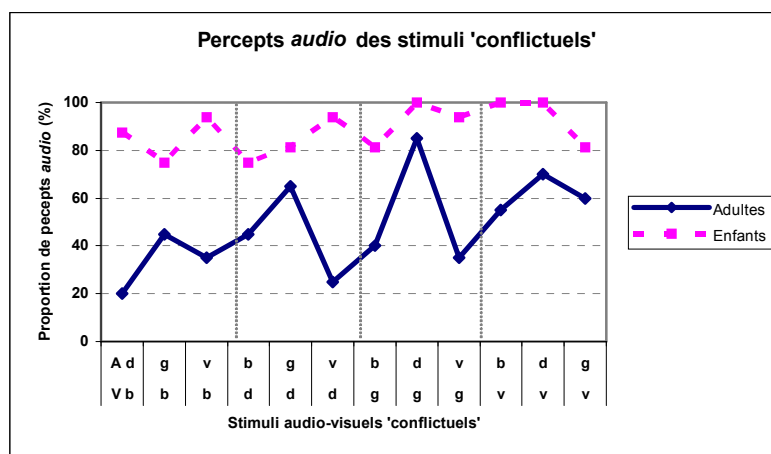


Figure 6. Moyenne des identifications des stimuli bimodaux 'conflictuels' comme étant des percepts *audio*, c'est-à-dire des percepts qui ne reflètent le lieu et le mode d'articulation que de la partie acoustique des stimuli présentés.

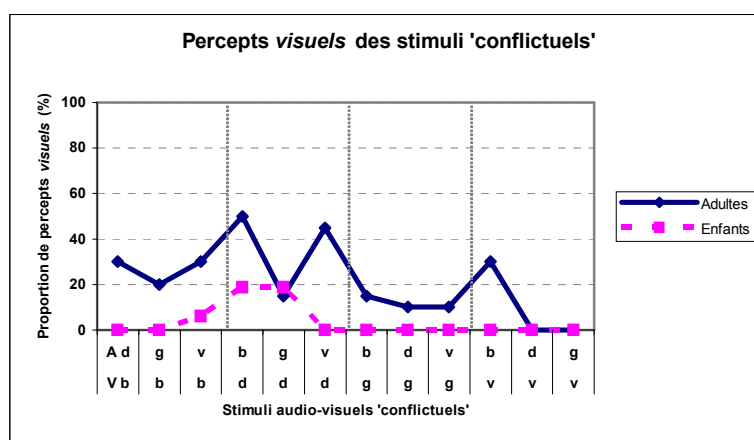
La proportion de percepts *audio* est significativement plus élevée chez les sujets enfants ( $F(1,22)=42,098$ ,  $p<0,001$ ) que chez les sujets adultes. Ces résultats vont dans le même sens que ceux observés dans les conditions unimodales chez les enfants, dans la mesure où ces derniers semblaient davantage sensibles à l'information acoustique. Nous pouvons identifier une tendance dans la distribution des percepts *audio* chez les enfants : les stimuli dont les lieux d'articulation sont les plus rapprochés donnent lieu à davantage de percepts *audio*. Cette tendance se manifeste dans les stimuli impliquant les conflits de lieux d'articulation dental - vélaire, bilabial - labio-dental et dental - labio-dental, tels que les stimuli A /d/ - V /g/, A /v/ - V /b/, A /b/ - V /v/ et A /v/ - V /d/ et A /d/ - V /v/. Cette tendance montre que les enfants sont plus sensibles à l'information acoustique là où le moins

d'information visuelle conflictuelle est fournie, tel qu'attendu. Il est à noter que même si les adultes manifestent moins de percepts *audio* que les enfants, la même tendance prévaut pour les mêmes lieux d'articulation et impliquent des stimuli tels que A/g/ - V /d/, A /g/ - V /d/ et A /d/ - V /v/.

Ces résultats montrent donc que les sujets enfants sont plus sensibles à l'information acoustique, mais nous verrons dans les prochaines sections qu'ils manifestent tout de même d'autres formes de percepts faisant intervenir le traitement de l'information visuelle dans neuf des douze contextes conflictuels.

### 3.2.2.2. Percepts visuels

Les percepts 'visuels' montrent la prépondérance de la modalité visuelle sur la modalité auditive. La figure 7 illustre la moyenne d'identification des stimuli 'conflictuels' présentés comme étant des percepts *visuels*.



**Figure 7.** Moyenne des identifications des stimuli bimodaux 'conflictuels' comme étant des percepts *visuels*, c'est-à-dire des percepts qui ne reflètent le lieu et le mode d'articulation que de la partie visuelle des stimuli présentés.

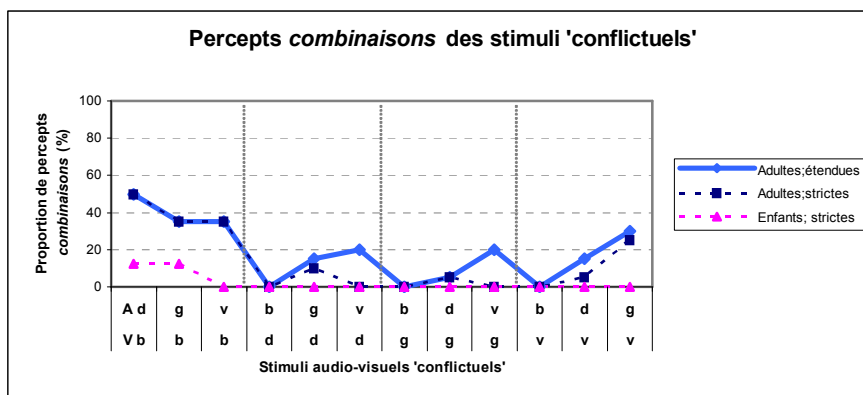
La proportion de percepts *visuels* est significativement plus petite chez les enfants que chez les adultes ( $F(1,22)=11,895$ ,  $p<0,01$ ). Chez les enfants, on retrouve tout de même trois contextes dans lesquels leurs percepts ne représentaient que les caractéristiques de la partie visuelle des stimuli. Chez les adultes, ce sont les stimuli dont la partie visuelle impliquait la bilabiale /b/ et la dentale /d/ qui ont généré les plus grandes proportions de percepts *visuels*.

La présence de percepts *visuels* marque une importante influence de la modalité visuelle dans la perception de la parole; les stimuli étaient présentés dans une pièce silencieuse où peu de bruits environnants pouvaient venir distraire les sujets dans leur perception de la partie acoustique des stimuli. Pourtant, dans leur intégration des informations acoustiques et visuelles, les enfants et les adultes se sont appuyés sur le lieu d'articulation vu plutôt qu'entendu dans plusieurs contextes, les adultes plus fréquemment que les enfants.

### 3.2.2.3. Percepts combinaisons

Les percepts *combinaisons* marquent de façon explicite l'influence simultanée des informations fournies par les modalités visuelle et auditive. La figure 8

illustre la moyenne d'identification des stimuli 'conflictuels' présentés comme étant des percepts *combinaisons* par les sujets enfants et adultes.



**Figure 8.** Moyenne des identifications des stimuli bimodaux 'conflictuels' comme étant des percepts *combinaisons*. Sont représentés les percepts *combinaisons strictes*, c'est-à-dire les percepts formés des consonnes composant les parties acoustique et visuelle des stimuli 'conflictuels', et les percepts *combinaisons étendues*, c'est-à-dire les percepts formés d'au moins un des deux phonèmes des parties acoustique et visuelle des stimuli 'conflictuels'.

La proportion de percepts *combinaisons* est significativement plus petite chez les enfants que chez les adultes ( $F(1,22)=11,579$ ,  $p<0,01$ ). On peut remarquer que les enfants ne présentent que des *combinaisons strictes*, ce qui fait que nous avons comparé le nombre de combinaisons strictes des enfants avec le nombre de *combinaisons étendues* des adultes. Les enfants présentent des percepts *combinaisons* dans deux contextes : A /d/ - V /b/ et A /g/ - V /b/. On peut remarquer que ce sont dans ces mêmes contextes que les adultes en présentent le plus, ce qui suggère que les mouvements articulatoires de la bilabiale /b/ induisent plus de percepts *combinaisons* lorsque combinée avec une contre-partie acoustique dont le lieu d'articulation est moins visible (dental /d/ et vélaire /g/).

Ces résultats montrent que les enfants sont sensibles à l'information visuelle présente dans les stimuli 'conflictuels', mais qu'ils le sont moins que les adultes.

### 3.2.2.3. Percepts fusions

Les sujets étant des locuteurs natifs du français et l'inventaire des consonnes du français étant limité, tous les stimuli 'conflictuels' n'étaient pas susceptibles de donner lieu à un percept *fusion*. Il est à noter que le percept fusion constitue le percept le plus «typique» de l'effet McGurk. La figure 9 illustre la moyenne d'identification des stimuli 'conflictuels' présentés comme étant des percepts *fusions* par les sujets enfants et adultes.

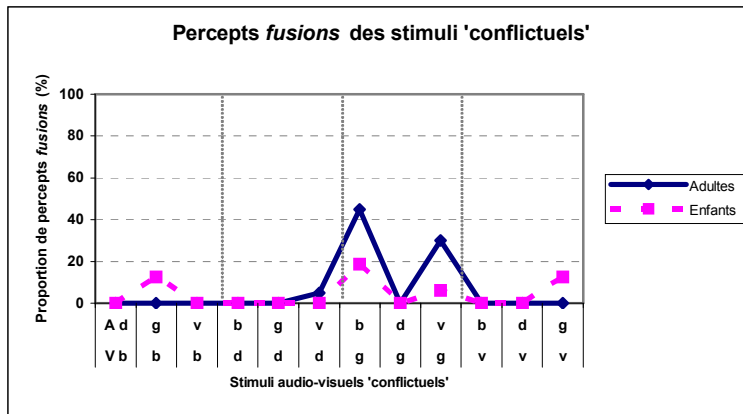


Figure 9. Moyenne des identifications des stimuli bimodaux ‘conflictuels’ comme étant des percepts *fusions*, c’est-à-dire les percepts formés d’une seule consonne, qui n’est ni celle de la partie acoustique des stimuli, ni celle de la partie visuelle, mais plutôt une consonne intermédiaire à celles-ci.

La proportion de percepts *fusions* chez les enfants n’est pas significativement différente de celle des adultes. Il est toutefois intéressant de remarquer que les enfants présentent des percepts *fusions* dans quatre contextes alors que les adultes n’en présentent que dans deux contextes. Les stimuli A /b/ -V /g/ semblent être ceux qui donnent le plus souvent lieu à des percepts *fusions* /d/ ou /θ/. Ces résultats montrent que les enfants en les adultes sont sensibles à l’information visuelle et que dans certains contextes, ils l’intègrent à l’information acoustique fournie et forme des percepts *fusions*.

### 3.2.2.4. Percepts autres

La figure 10 illustre la moyenne d’identification des stimuli ‘conflictuels’ présentés comme étant des percepts *autres* par les sujets enfants et adultes.

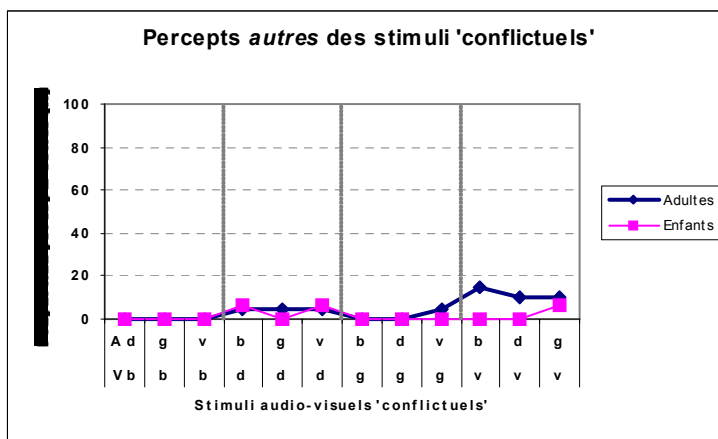


Figure 10. Moyenne des identifications des stimuli bimodaux ‘conflictuels’ comme étant des percepts *autres*, c’est-à-dire tous les percepts qui ne correspondaient pas autres critères des catégories *visuels*, *audio*, *combinaisons* et *fusions*.

La proportion de percepts *autres* chez les enfants n’est pas significativement différente de celle des adultes. Certains de ces percepts ne s’expliquent pas facilement par les indices acoustiques et visuels des stimuli (par exemple, un stimulus

A /b/ - V /d/ perçu comme /vg/) et peuvent constituer des percepts «aléatoires», à défaut de pouvoir fournir un percept précis et certain de la part des sujets. Par contre, l'interprétation d'autres percepts *autres* peut faire intervenir l'information visuelle; chez les adultes, 36,36% des percepts *autres* sont formés de la partie visuelle des stimuli 'conflictuels', mais dévoisée. Par exemple, un stimulus A /g/ - V /v/ donne lieu à un percept /f/.

Il est donc intéressant de noter que les enfants n'ont pas fourni significativement plus de percepts *autres* que les adultes. En effet, on aurait pu croire qu'ils fourniraient plus de réponses aléatoires dû à la difficulté de la tâche ou à un manque d'attention.

#### 4. Discussion générale

Plusieurs différences entre les percepts de nos sujets d'âge préscolaire et de nos sujets adultes se sont avérées significatives. Globalement, les sujets enfants se sont avérés plus sensibles à l'information acoustique. D'ailleurs, la plus petite proportion de leurs percepts *bonnes réponses* aux stimuli unimodaux 'visuels' et la plus grande proportion de leur percepts *audio* aux stimuli bimodaux 'conflictuels' rejoignent le postulat de Massaro (1984) selon lequel l'information auditive a une plus grande influence sur leur perception des catégories phonétiques dans l'acquisition du langage chez les enfants.

De plus, nos sujets adultes ayant manifesté beaucoup de percepts *visuels* en condition unimodale 'conflictuelle' et nos sujets enfants ayant manifesté beaucoup de percepts *audio*, ils reflètent une tendance qu'avaient notée McGurk et MacDonald (1976) selon laquelle lorsque le percept d'un stimulus conflictuel ne représentait qu'une seule modalité, les percepts des adultes provenaient plus souvent de la modalité visuelle et ceux des enfants provenaient plus souvent de la modalité auditive.

Cependant, si nos sujets enfants ont été davantage influencés par l'information acoustique fournie, ils ont tout de même manifesté l'effet McGurk, mais cette manifestation a été plus faible et plus sujette à la variabilité que chez les adultes. Ces résultats sont évocateurs du rôle de la vision dans le développement du système phonologique.

Ces résultats obtenus auprès de sujets francophones vont dans le même sens que ceux obtenus par Massaro (1984). Mis en parallèle avec les résultats de Rosenblum (1997) montrant un effet McGurk fort chez des bébés âgés de 5 mois pour certaines séquences audio-visuelles conflictuelles, nos résultats suggèrent que la pente du développement de la perception de la parole bimodale ne soit pas toujours ascendante. Nous proposons le postulat selon lequel le développement des mécanismes de perception de la parole audio-visuelle progresse en forme de U (*U shape*), c'est-à-dire que très jeunes, les bébés intègrent les informations auditives et visuelles présentées, puis au cours de l'enfance, une «surcharge» cognitive étant causée par le développement rapide de nombreuses habiletés, l'efficacité d'autres habiletés déjà acquises diminue, expliquant les résultats obtenus par nos sujets d'âge préscolaire, et parvient à un niveau optimal une fois ce développement cognitif achevé, soit vers l'âge adulte.

Il serait intéressant de poursuivre des recherches dans ce sens auprès de plus de sujets dont l'étendue des âges est plus grande, de façon à pouvoir cerner à quel moment est atteint le plateau d'intégration optimale des informations auditives et

visuelles et à pouvoir corrélérer cette période à l'atteinte d'habiletés cognitives particulières.

### **Références**

MacDonald, J. M., H. (1978). "Visual influences on speech perception process." *Perception and Psychophysics* 24: 253-257.

Massaro, D. W., Cohen, M. M. (1983). "Evaluation and Integration of Visual and Auditory Information in Speech Perception." *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 9 (5): 753-771.

Massaro, D. W. (1984). "Children's Perception of Visual and Auditory Speech." *Child Development* 55: 1777-1888.

McGurk H., M., J. (1976). "Hearing lips and seeing voices." *Nature* 264: 746-748.

Robert-Ribes, J., Schwartz, J-L, Tallouache, T., Escudier, P. (1998). "Complementary and synergy in bimodal speech: Auditory, visual, and audio-visual identification of French oral vowels in noise." *Journal of Acoustical Society of America* 103 (6): 3677-3689.

Rosenblum, L. D., Schmuckler, M.A., & Johnson, J.A. (1997). "The McGurk effect in infants." *Perception & Psychophysics* 59(3): 347-357.

# Creativity and emotion: Reformulating the Romantic theory of art

Joseph L. Flanders  
McGill University, Department of Psychology

## Abstract:

The creative process has mystified thinkers in the western tradition at least since Plato. According to Oatley (in press), our contemporary view of creativity is predominantly Romantic. From the Romantic perspective, beauty, goodness, and truth are inherent in human nature and we have access this natural way of being through our emotions. Thus, romanticism offers a theory of the creative process: it is the personal exploration and authentic expression of the emotions. The following paper tests the Romantic hypothesis by drawing on multiple perspectives within the human sciences. To begin, a more comprehensive statement of the Romantic hypothesis is offered via R. G. Collingwood's *The Principles of Art* (1938). From there, the hypothesis is evaluated with respect to the psychology of emotion, emotional neuroscience, dynamic systems modeling, and phenomenology. In conclusion, it is argued that, for the most part, the Romantics were right. However, contemporary science offers some valuable insights into the nature of emotion and creativity. With these insights in mind, a reformulation of the romantic theory is proposed.

## 1. Introduction

The nature of creativity has mystified thinkers in the western tradition at least since Plato. According to Oatley (in press), our contemporary view of creativity is predominantly Romantic. From the Romantic perspective, beauty, goodness, and truth are inherent in human nature and we have access this natural way of being through our emotions. Thus, romanticism offers a theory of the creative process: it is the personal exploration and authentic expression of the emotions. The romantic poet William Wordsworth corroborates this theory in his description of writing poetry:

Poetry is the spontaneous overflow of powerful feelings: it takes its origin from emotion recollected in tranquility: the emotion is contemplated till by a species of reaction the tranquility disappears, and an emotion, kindred to that which was before the subject of contemplation, is gradually produced and does itself actually exist in the mind. (Cited in Oatley, in press; pp. 5)

Wordsworth's testimonial aside, it is worth considering whether the romantic theory of creativity is a good one.

## 2. Collingwood: Art as the creative expression of emotion.

In *The Principles of Art* (1938), R. G. Collingwood offers "the best exposition of the Romantic theory of art in relation to emotion" (Oatley, in press; pp. 8). For Collingwood, *art proper* (i.e. genuine creativity) needs to be distinguished from craft, magic, and amusement. Craft is the application of particular means (e.g. technique or skill) to generate a particular end (e.g. chair or violin). The definitive feature of craft is that the end product is conceived in advance and the craftsman carries out some plan of transforming the idea into the finished product. Magic, like craft, is the application of means to accomplish an end. However, in magic, the desired end is the arousal of particular emotions in the audience. To accomplish this end, the magician has a refined understanding of his or her skills as well as the effect it they will have on the audience. Finally, in the case of amusement, the aim is escapist enjoyment. To amuse audiences, the entertainer treats emotions as a means to enjoyment.

Art proper is none of these things. Artists do not have a preconceived notion of the final product, nor a blueprint for creating it. Unlike the magician, the artist

primarily addresses him or her -self. Unlike the entertainer, the artist treats emotions as an end in themselves. Art proper is the creative expression of emotions.

At first, emotions arise as diverse, inchoate feeling. The artist is conscious only “of some perturbation or excitement going on within” (pp. 109) and not of what the emotion actually is. Unexpressed and unresolved, the emotion is a burden. The artist frees him or herself from this “oppressive” state by exploring and expressing the emotion in some kind of language; be it a language of words, images, or notes. Through language, the emotion takes a definitive shape in consciousness. Somehow, as a result of this process, the burden is lifted and the mind is lightened or eased. Artists often have a characteristic, positive aesthetic feeling after having successfully expressed themselves.

The end of the artistic process is not something foreseen or preconceived. Until the artist has expressed the emotion, he or she does not have a definitive idea of the end product. Thus, the act of expressing an emotion, the act of creation, is fundamentally exploratory. It requires that the artist stretch beyond the set of plans and procedures currently available.

Since the publication of *The Principles of Art* in 1938, psychologists have significantly refined their understanding of emotions. The emergence of brain research in particular has provided psychologists with an entirely new image of human emotional life. By examining recent developments in the psychology of emotion, including those in emotional neurobiology, I hope to transport Collingwood’s theory into the contemporary era.

### 3. The Psychology of Emotions

Collingwood’s treatment of human emotions is consistent with William James’ classical theory of emotion (1899). According to James, emotions are experience as a consequence of the internal perception of bodily changes. For example, imagine you are walking through the woods one day when you come across a bear staring at you as though you were lunch. Your autonomic nervous system reacts to this threat by increasing arousal, vigilance, perspiration, heart rate, and blood flow to your limbs, as it prepares you for fight or flight. Only when you perceive this particular pattern of change do you feel fear.

Over the past century psychologists have criticized James’ theory. Arnold (1971) argued that in order for these physiological responses to be triggered in the first place, there has to be an initial of assessment or evaluation of the event. This “appraisal” determines the quality and quantity of physiological activity. In the example above, the appraisal is the recognition of the bear as a threat. Appraisals seem to occur along LeDoux’ (1996) “low road” from the hypothalamus to the amygdala.

Cognitive theorists such as Schacter and Singer (1962) point out that the pattern of physiological activity is necessary but not sufficient for the experience of emotion. There must be a cognitive interpretation, which resolves the otherwise underdetermined physiological activity. By observing and interpreting your body’s response to the bear, you can then label and refine the feeling. This process would be more akin to LeDoux’ (1996) “high road” from the cortex to the amygdala. Thus, an emotional experience is the result of an appraisal, a bodily response, and a cognitive label.

#### 4. Theoretical Framework of the Neuroscience of Emotion

Perhaps no other period in the 20<sup>th</sup> century has taught us more about human emotions than the “decade of the brain.” In the first years of this Third Millennium, brain researchers are beginning to tell a fascinating story about our emotions. Ultimately, this story appears to have a Romantic theme.

The best possible telling of the neuroscientific story includes a description of the setting, in this case, the discipline’s theoretical framework. Thus, it is worth noting that the most significant influence on the neuroscience of emotion was that of existential and phenomenological philosophy (Freeman, 2000). Thinkers such as Husserl, Heidegger, Sartre, and Merleau-Ponty argued that the world of the individual conscious human is most accurately construed as a subjective realm, actively constructed, rather than an objective space, passively perceived. As such, the *world proper* is already infused with the emotional and motivational properties of the subject.

Heidegger (1927/1975) argues that, the very notion of being implies *intentionality*: the location of the subject in a particular place, coming from particular background, and moving toward particular goals. Heidegger expresses this point by describing the human being as “the Dasein” (the “being there”) - by describing the individual as an organism that is always and already “being-in-the-world.” Thus, as intentional beings, our past and present determine not only what we do with the world, but also how the world appears to us. As a consequence, the world is “always and already” meaningfully, subjectively structured, for the conscious subject.

##### *Intentionality*

For neuroscientists, emotion is an essential component of intentionality. According to Freeman (2000), the story of intentionality begins with the construction of goals comprising the brain’s possible future states. These goals require that actions be planned and executed by the brain to transform the current state into the desired future state. Accordingly, Freeman construes emotions as “the departure from a state of calm rest without anticipation.” The very word implies this definition: “e-”, as in “ex” or “outward” and “-motion” (Freeman, 2000).

Emotion as the “stretching forth of intentionality” can be understood at multiple levels of analysis. Emotion can be observed in primitive animals who prepare to attack for food, escape from danger, or approach to reproduce. Emotions are primary causes within the animal:

The key characteristic is that the action wells up from within the organism. It is not a reflex. It is directed toward some future state, which is being determined by the organism in conjunction with its perceptions of its evolving condition and its history (pp. 214).

The states are emotional insofar as they include the essential qualities of emotion: endogenous origin and intentionality.

At the physiological level, emotion includes the behavioural expression of brain states. The body has to be prepared to act. The brain prepares motor output by coordinating the musculoskeletal system and mobilizing the metabolic support systems, including cardiovascular, respiratory, and endocrine. These preparatory changes reveal to observers the organism’s propensity for particular kinds of action. At the

social level of analysis, through the evolution of shared experience, these behavioural changes come to predict the emergence of particular actions and signify specific internal states of meaning (Darwin, 1872). It is in this way that emotion serves a communicative function.

At a more complex level, emotions are subjective experiences. Emotion theorists still debate about the mechanisms of these feelings. However, it is becoming increasingly clear that emotional experience is a complex phenomenon comprised of interactions among multiple levels of physiological, psychological, and social processes. LeDoux (1996) argues this point is eloquently.

Freeman (2000) echoes LeDoux (1996) when he says: “it is neither necessary nor feasible to separate the expression of autonomic states and one’s perceptions [or interpretations] or them, whether conscious or not, in the intentional loop. They evolve as an organic whole” (pp. 215). Through a variety of mechanisms, one becomes aware of one’s own and others’ emotional state and propensity for action. This awareness feeds back and shapes the basis for one’s next action. The important message here is that emotions are multifaceted phenomena; however, they can be most effectively understood as emerging from intentional brain states: patterns of neural activity, organized around goals.

Freeman’s (2000) neurobiological conception of emotion is consistent with variety of psychological definitions of emotion. For example, Oatley and Johnson-Laird (1987) suggest that emotions serve a communicative function. They communicate among disparate cognitive modules in order to integrate these modules for service of goal-directed behaviour. Averill & Nunley (1992) define emotions as internal states of affairs that are experienced as beyond personal control (passively), that involve evaluative judgements (subjectively), and that are not readily explainable in strictly logical way (nonrationally).

Perhaps a more refined definition comes from Lewis & Granic (1999). They incorporate a variety of theoretical perspectives in psychology:

We define an emotion as a global, non-reducible affective state that is non-specific as to semantic content (Izard, 1984)...elicited by a specific class of situations related to the organism’s goals (Oatley and Johnson-Laird, 1987), and that motivates behavioural responses to these situations (Frijda, 1986). All of these features imply an adaptive biological function, and emotions are therefore considered to be phylogenetically specified and unlearned. (pp. 689)

Along with Freeman’s neurobiological contribution, this definition will be the most helpful for the rest of this paper.

### *Dynamical Systems Modelling: Self-Organizing Brain States*

Freeman’s description of an emotional state as an “organic whole,” is characteristic of the dynamical systems approach to modelling brain function. This approach emerged from advances in computer technology, which allowed for complex non-linear or chaotic computation. From the dynamical systems perspective, a complex, organic phenomenon, such as a brain, is best understood as whole, which is greater than the sum of its individual parts (Capra, 2000). The order and stability that define the coherent whole are consolidated through recurrent interactions among components. Coherent brain states, for example, emerge from interactions among psychological, social, and perception-action components (Lewis, 2000). Brain states

are, thus “self-organizing,” meaning they spontaneously arises from the synchronization of multiple, lower-order elements (Lewis & Granic, 1999).

According to Lewis and Granic (1999), intentional states self-organize through the interaction of cognition and emotion. An initial appraisal triggers and constrains preliminary emotional activation. This emotional activation simultaneously directs and constrains cognitive activity involved in appraisal. Thus, appraisals and emotions arise in tandem and stabilize into a coherent *Emotional Interpretation* through ongoing feedback (Lewis, 2000). It is not until the Emotional Interpretation stabilizes that the individual realizes a comprehensive cognitive interpretation and experiences a differentiated emotion. This self-organization can occur at multiple time-scales, from seconds to years.

The interactions between cognition and emotion are carried out through neuronal connections between the brain’s cortex and limbic system. The cortex houses perceptual, motor, and attentional centres, while the limbic system contains our emotional circuitry. Emotional Interpretations emerge as limbic activity harnesses attention, directs perception, and prompts action plans, while cortical activity updates and refines intentional directedness (Lewis, 2000).

#### *The hippocampus and the time-space loop.*

Freeman (2000) gives an even higher-resolution description. He suggests that intentional states arise out of an interaction between the entorhinal cortex and the hippocampus. The entorhinal cortex is a convergent zone of rich, multi-modal sensory information. It receives and combines input from all of the primary sensory areas in the cerebral hemisphere and sends its output back to all of them. The hippocampus assembles and integrates this sensory information over time. These two structures communicate readily: the entorhinal cortex is the main gateway to the hippocampus and main target for hippocampal output.

Freeman (2000) describes their interaction as a “spacetime loop.” Space is the personal realm, which the organism has explored and in which it currently moves toward its goals. Time is “the personal laps that every movement in space requires, and that organizes each sequence of past present and expected states” (pp. 222). The hippocampus is involved in the orientation of behaviour in space and time. It maintains a low-resolution, experience-dependent map of the world - the world described by the existentialists and phenomenologists. The hippocampal map is continually shaped and revised by ongoing goal-oriented action and perception. Thus, corticolimbic interactions provide the basic representations of space and time, which organize action with respect to the world.

### **5. Intentional Brain States as Phenomenological Territories**

Intentional brain states have correlates in conscious experience. As various brain components self-organize into a particular state, we move into a particular phenomenological territory. Jordan Peterson (1999) provides a compelling taxonomy phenomenological space. Most of the time we find ourselves in “Known” territory. The Known is comprised of the individual’s current situation in time and space, an ideal future situation, and a set of plans and procedures designed to move the individual from the former to the latter. The Known is “explored territory,” which means that the world has been rendered temporarily predictable and understandable. When our

plans and procedures produced the desired result, we are firmly positioned in the known and we experience the enjoyment of emotional regulation.

Unfortunately, the world is massively complex, perhaps infinitely so. Furthermore, our capacity to render such a world predictable and understandable is severely limited. As a consequence, the Known covers only minimal spatial and temporal territory. At the brain level, this means that coherent intentional states can only maintain themselves temporarily. Unknown territory is defined in opposition to what is Known; it is the unexplored chaos that lies outside of our provisional order. When our behaviours produce unexpected or unintelligible results, something about our current set of means is insufficient for us to reach our desired end. The appearance of anomaly signals the encroachment of the Unknown upon experience. The movement into Unknown territory is emotionally charged, as we lose the stability characteristic of the Known. Thus, emotions arise at the breakdown of our current set of means and ends. Similarly, Oatley (1988) suggests that emotions occur at the juncture between plans.

The Unknown is simultaneously threatening and promising. Consequently, experience in this territory is emotionally intense and diverse. Because it is defined in opposition to what is safe and sound, it contains all that is dangerous. Thus, we experience fear and anxiety. Because the Unknown is chaotic, the appearance of anomaly indicates that the current, comfortable state of order and stability is in jeopardy. Thus, we experience sadness and helplessness. At the same time, the Unknown is a source of infinite potential. As a result, we experience curiosity and excitement. It contains the possibility of a new, more comprehensive order; we experience hope and desire. This new, ideal territory can only be attained through exploration of the Unknown.

Conflict and dysregulation characterize the brain states underlying experience in Unknown territory. We are biologically prepared to respond to anomaly with contradictory motivations: initially avoidance and then, assuming no immediate danger is evident, approach (Peterson, 1999). Each of these basic motivations is comprised of several potential intentional states and emotions (fear, anxiety; curiosity, excitement, hope). All of these intentional systems struggle for dominance of the cerebral battleground and it is this struggle that defines the intense emotionality associated with the Unknown. Freeman (2000) expresses this point:

Emotion can be measured by the magnitudes of the tendencies to chaotic fluctuations in brain modules... [Emotional experiences] can be described in dynamic terms as an escape of chaotic fluctuations from a global order parameter, prematurely in respect to unity of mind and long-term growth toward the wholeness of intentionality. (pp. 233)

Eventually, brain modules self-organize and a new coherent intentional state emerges.

## **6. Conclusion: A reformulation of the Romantic theory of Creativity**

At various levels of analysis, the research reviewed here suggests that emotions occur with the disintegration of a state of order. The cause of this disintegration - and the emotions themselves - is initially undifferentiated and unknown. Yet disorder contains the possibilities of a new, ideal order, which can only be attained through exploration. Collingwood describes the compulsion to explore this potential as an

oppressive “burden.” By bravely confronting emotional dysregulation, the explorer stretches beyond his or her current state of knowledge and maps unknown space.

Through exploration, emotions become more and more differentiated and articulated and specific goals emerge. Eventually a new, more comprehensive state of stability and order is established and intentional states self-organize. Collingwood describes a positive feeling that accompanies the successful expression of emotion. This feeling corresponds to the phenomenology of re-establishing Known territory and the neurobiology of re-emerging self-organization. The exploratory process transforms the anomalous and inchoate into the familiar and explicit. Thus, it is the exploration of the Unknown that defines the creative process.

Collingwood argues that emotions are expressed through language. In this context, language may be best understood as a set of exploratory tools. Every creative individual starts in Known territory, with a limited set of tools: a word-processor, a paintbrush, or an experiment. Creativity requires the mastery of a set of tools learned through culture. However, it is the use of these tools in exploration of new meaning that makes their application creative. The creative individual also has to make use of the generative aspect of that language. Though the creative products differ, the creative process is the same.

Contemporary psychology of emotion seems to suggest that basically, Collingwood had it right. Nonetheless, the last sixty-four years of research offers new insights into the relationship between emotion and creativity and provides a refinement of Collingwood’s theory. Creativity is not the expression of emotion per se; it is the exploration of the Unknown and the expression of a new order. Emotional experience is the marker of creative exploration.

### **References:**

- Arnold, M. A. (1971). Motives as causes. *Journal of Phenomenological Psychology*. 1, 185-192.
- Averill, J. R. & Nunley, E. P. (1992) *Voyages of the heart: living an emotionally creative life*. New York: The Free Press.
- Capra, F. (1996). *The web of life: a new scientific understanding of living systems*. New York: Anchor Books.
- Collingwood, R. G. (1938). *The Principles of Art*. London: Oxford University Press.
- Darwin, C. (1872/1948). *The Expression of Emotions in Man and Animals*. London: Watts.
- Ekman, P. (1984). Expression and the nature of emotion. In K. Scherer & P. Ekman (Eds.), *Approaches to Emotion*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Freeman, W. (2000). Emotion is essential to all intentional behaviours. In M. D. Lewis & I. Granic (Eds.) *Emotion, Development, and Self-Organization*, New York: Cambridge University Press, pp. 209-235.
- Frijda, N. H. (1986). *The Emotions*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Heidegger, M. (1927/1975). *The Basic Problems of Phenomenology*. A. Hofstadter (Tans.). Indianapolis: Indiana University Press.

- Izard, C. E. (1984). Emotion-cognition relationships and human development. In C. E. Izard, J. Kagan & R. B. Zajonc (Eds.) *Emotion, Cognition, and Behaviour*. Cambridge: Cambridge University Press, pp. 17-37.
- James, W. (1899/1981). *The Principles of Psychology*. Cambridge: Harvard University Press.
- LeDoux, J. (1996) *The emotional brain: The mysterious underpinnings of emotional life*. New York: Touchstone press.
- Lewis, M. D. & Granic, I. (1999). Self-organization of cognition-emotion interactions. In T. Dalgleish & M. Power (Eds.) *Handbook of Cognition and Emotion*. Chichester: Wiley, pp. 683-701.
- Lewis, M. D. (2000). Emotional self-organization at three time scales. In M. D. Lewis & I. Granic (Eds.) *Emotion, Development, and Self-Organization*, New York: Cambridge University Press, pp. 37-69.
- Oatley, K. & Johnson-Laird, P. N. (1987). Towards a cognitive theory of emotions. *Cognition and Emotion*, 1, 29-50.
- Oatley, K. (1988). Plans and the communicative function of emotions: a cognitive theory. In V. Hamilton et al. (Eds.) *Cognitive Perspectives on Emotion and Motivation*, Kluwer Academic Publishers, pp. 345-364.
- Oatley, K. (in press). Creative expression and communication of emotions in the visual and narrative arts. In R.J. Davison, K.R. Scherer, & H.H. Goldsmith (Eds.) *Handbook of Affective Sciences*, New York: Oxford University Press, chapter 25.
- Peterson, J. B. (1999). *Maps of meaning: The architecture of belief*. New York: Routledge.
- Schacter, S. & Singer, J. E. (1962). Cognitive, social, and physiological determinants of emotional state. *Psychological Review*, 69, 379-399

# Structured Thoughts: The Spatial-Motor View

Benoit Hardy-Vallée<sup>1</sup> and Pierre Poirier<sup>2</sup>

Department of philosophy,

<sup>1</sup>Institut Jean-Nicod, Paris

<sup>2</sup>University of Quebec at Montreal

## Abstract

We defend a conception of thoughts that lies between the linguistic and digital views. First we present these views, insisting on their defining features and what distinguishes them. Then we defend what we believe to be the central claim of our view, the idea that spatial and motor thoughts can have compositional structure: non-linguistic thought can be mereological, combinatorial, productive and systematic, and hence may support deductive inferences. Our account draws on robotics, psychological and neuroscientific models and data.

## 1. Introduction

Is thinking necessarily linguistic? Do we *think with words*, to use Bermudez's (2003) phrase? Or does thinking occur in some other, yet to be determined, representational format? Or again do we think in various formats, switching from one to the other as tasks demand? In virtue perhaps of the ambiguous nature of first-person introspective data on the matter, philosophers have traditionally disagreed on this question, some thinking that thought had to be pictorial, other insisting that it could not be but linguistic. When any problem divides a community of otherwise intelligent rational thinkers, one suspects some deep conceptual confusion is at play. Indeed, we believe that the conceptual categories used to frame these and related questions are so hopelessly muddled that one could honestly answer "both simultaneously", or "neither", depending on what is meant by the alternatives. But let's get our priorities straight. This paper first and foremost aims at defending what we believe to be a step in that direction of the proper view of thinking, a view we call the spatial-motor view. In order to do so, however, we have found it essential to start by address the conceptual confusion just alluded to. Accordingly, the paper proceeds in two steps. First a conceptual step, in which we reconsider some of the traditional categories brought into play when thinking about thinking. Then an empirical step, in which we offer empirical evidence for one of the views conceptually isolated during the first part of the work. Future version of this collaborative work will include a speculative step in which we spin out an evolutionary and developmental scenario whose function it is justify the spatial-motor view by showing how it fits into current evolutionary and developmental theories.

## 2. Conceptual step: Models of thoughts

### 2.1 *Thinking in cognitive science*

The first question to address to start clearing up the conceptual mess is how thinking is related to cognition generally. Conceptually, there seems to be three possible positions (and there are philosophers or cognitive scientists occupying each). First one can take the two terms to refer to the same phenomenon or capacity, either because the two are confused or identified. Simply confusing thinking with cognition is a bad thing, we take it, but identifying the two can be a viable position, provided the identification thesis is justified. There are two ways to identify thinking with cognition. The first position is rationalism wherein one develops a model of rational (and usually conscious) thinking and applies it to the whole of cognition. Jerry Fodor, for instance,

has been defending (justification in hand) a rationalist position for 30 years which goes something like this: the Turing Machine, which is a model of thinking, is the only model we currently have of a rational process. The second position identifying thinking with cognition we call nihilism: develop models of cognition that make no space for rational deliberative thinking as a distinct process. *Nihilists* are usually neuroscientists, roboticists and psychologists working on lower level cognition or within the so-called micro-cognition perspective. One can be a nihilist either because one eliminates thinking altogether (the term is a throwback to an obsolete conception of the mind) or because one thinks that thinking is essentially no different from other low-level cognitive process, such as perception and categorization, and thus needs no special explanation of thinking over and above that of these processes.

We believe that these two avenues are reductive dead ends: the first because it reduces the whole of cognition to one of its aspects or function and the second because it neglects an important aspect of cognition. We believe that thinking is a genuine phenomenon, in need of explanation, and that that explanation cannot be extended to cover the whole of cognition. This is the third possible position on the conceptual landscape: thinking is a special kind of cognitive process, a process that shares important aspects of cognition, because it is a part of cognition, but at the same time a process that is markedly different from the rest of cognition in certain crucial ways. An explanation of thinking must therefore show how thinking emerges out (computationally, developmentally, evolutionarily) as a special kind of cognition.

We shall therefore aim to develop a model of cognition that stays clear from the Scylla of rationalism and the Charybdis of nihilism, but this is a job the next section and the next (empirical) step in our defence. The remainder of the present section attempts to conceptually isolate the kind of model of thinking we believe is apt to the job.

## 2.2 *We Are Family*

All the models of thought that we discuss in this paper agree on a number of key issues. Actually, they agree on much more than they disagree on and, in that sense, they form *a family of models*. For reasons that will become clear, we'll call this family "compositionalist models of thinking", and we'll label "compositionalist" anyone who puts forward or defends such a model. Our point in the paper will be to claim that compositionalists are wrong, not in being compositionalists, since we'll end up defending a compositionalist view ourselves, but that they are wrong in the kind of compositionalist model that adequately accounts for thinking. Hence, the paper is a family dispute of sorts, aired in public! The present section aims at (1) at setting out the common conceptual landscape that underlines how compositionalists think about thinking (subsection 2.1) and then (2) explaining how various compositionalist models differ (subsection 2.2).

We said that compositionalist models of thinking agree on much. First, but this by no means sets compositionalist models apart from other models, recent or historical, they all agree that thinking is a *representational* process, that is, a process that takes representations as inputs, outputs and intermediaries. Thoughts, accordingly, are the representations over which thinking occurs.

(T1) Thinking is representational process; thoughts are the representations over which the process is defined (Representationalism)

We shall not discuss representationalism further here. Apart for Ryleans, Heideggerians, extreme system dynamicists and some fans of new-AI or embodied cognition, no one will contest representationalism. We do wish to make one point, however, since we *do* see ourselves as fans of new-AI and embodied cognition. This paper is about thinking, not about cognition generally. Thinking, as we emphasized, is one cognitive capacity; not the whole of cognition. A common error made by a generation cognitive scientists was to develop models of thinking, and then mistake those for models of cognition generally. Some cognitive capacities are, we believe, non-representational (Brooks 1991), while others are minimally representational (Clark 1997) and while others yet are fully representational. Thinking, we believe, is among those. Be that as it may, we'll strive to show below that thoughts, even though they *are* representations, are much more embodied than most representationalists believed.

Hence, the present debate about thinking is among friends of representationalism. However, the process that transfers digital pictures from my camera to my computer is also, in a way, a process defined over representations and yet no one would claim that that process is actually a kind of thinking. Thinking is a special kind of process defined over representations: a process that takes representations as inputs and transforms them into output representations only (1) if the input and output representations bear some appropriate epistemic relation (such as truth-preservation) and (2) if the process by which the input representations are transformed into the output representation can itself be given an epistemic interpretation (such as inference). Given the epistemic relation between input and output representations and the epistemic interpretation of the process itself, the input representations can be seen as offering a rationale (Cummins 1983) for the output representations and the input representations transfer the justificational status to the output representations. Note that many cognitive processes defined over representations do not thereby count as thinking. The process that maps retinal representations of the visual scene onto perceived 3-D representations does not thereby count as thinking, and it shouldn't: no one would want to count vision as a form of thinking<sup>5</sup>.

**(T2) Thinking is an inferential representational process (*Inferentialism*).**

Up until recently, T2 (inferentialism) would have sufficed to characterize the family of models we are about to discuss. With the advent of connectionism, however, a number of new conceptual positions have opened up. In neural networks (ANNs), number vectors can be interpreted as vehicles for representations and the vector transformations effected by ANNs have been qualified by some as a kind of *statistical inference*. Statistical inference is a process that transforms input representations into output representations in virtue of the statistical properties of input vectors. For instance, some ANN learning algorithms extract the principal components present in input vectors such that a trained networks map input representations onto its principal components. To properly count as a form of *inference*, the input and output representations must bear some relevant epistemic relation. If the principal components are thought of as a kind of prototypical representation of a category and the input vectors are thought of as instances of that category, then the vector transformation can be seen as a form of categorization, which could be described thus:

---

<sup>5</sup> Anyone who did would have to invent a new word to label the process someone engages in when she says, for instance, "I'm thinking about it!", say in response to a marriage proposal.

given what I know about my perceptual world (as encoded in my weight matrix), there is a 0,85 probability that the object causing my current input is an apple. Hence, the representational process effected by ANNs may be understood as a kind of inferential process. But is it thinking?

The categorization example rehearsed above provides a nice case. Note the difference between two kinds of classification procedures. 1) Someone looks at an apple (retinal representations of the apple are thereby generated) and recognizes it as an apple. 2) Someone looks at an apple (retinal representations of the apple are thereby generated) and does not recognize it as an apple right away (maybe it's a genetically modified apple that's blue). Intrigued, that person looks around to see that it's in the apple section of the supermarket and that, looking closer, that it does have the skin-texture and consistence of other apples she has previously encountered. On the basis of that evidence, without *thinking about it further*, she takes the blue thing in the apple section to be an apple. We claim that these two cases of classification were done in radically different ways. The first case was presumably the kind of (unconscious) bayesian inference that might have been realized by a neural network vector transformation: given how that thing looks and what I know about my visual world, I'm pretty confident in my belief that it is an apple (e.g., if I were hungry, I would eat it). Again, we believe that no one would want to qualify this process as thinking, although, like thinking, it is a representational inferential process. However, most would qualify the second process as thinking (as we did in describing it): not recognizing the thing, she looked around, thought about it and inferred that it was an apple. Maybe the (unconscious) inference went like this: given that this thing is in the apple section and that I know that the supermarket groups produce according to type, and given that the thing does have the skin texture and consistence of apples, I conclude that it is an apple. As a process, what sets this inference apart from the first one? Following Fodor and Smolensky, we say that the first kind of inference is defined over non-representational constituents of representations, whereas, in the second case, the inference is defined over the representational constituents of representations. The first kind of process is sensitive the statistical structure of its input representation and the second kind is sensitive to the representational structure of its input representations (the representations that *compose* them). We'll call the first "statistical structure-sensitive inference" and the second, following Fodor, "constituent structure-sensitive inference".

We can thus state what holds compositionlists together as a family:

**(T3)** Thinking is an inferential process sensitive to the constituent structure of representations; thoughts possess the appropriate compositional structure to sustain structure sensitive inference (*Compositionism*).

Note that T3 includes T2, which itself includes T1. Hence, we'll take T3 to succinctly state the position we're after.

### 2.3 Family Feud

Compositionlists agree that thinking is an inferential process sensitive to the constituent structure of representations. What tears the family apart is the source of the relevant representations' constituent structure. To understand the conceptual space in which the family dispute is framed, it is important to consider additional properties representations may have as thoughts. According to compositionlist models, these properties come organized in two neat orthogonal dichotomies:

- linguistic vs. non-linguistic, and
- digital vs. analogical.

*Linguistic vs. non-linguistic representations.* Jerry Fodor published an important book in 1976 in which he claimed that thought is linguistic, a book aptly titled *The Language of Thought*.<sup>6</sup> In that book, he defended the idea that the representations over which thinking was defined had to be language-like in nature; that is, they had to be language-like for the cognitive science of his day were to have any chance at being true. By “language-like”, Fodor meant that mental representations had the kind of structure that public language has according to chomskyan linguistic. Like public language, mental representations would be the result of a chomskyan generative process, a process which automatically gives mental representations the appropriate constituent structure. Indeed, according to Chomsky, public sentences are constructed from primitives by means of processes like concatenation and permutation that preserve the original integrity of the primitives. If the representations over which thinking is defined are similarly constructed, then they cannot but have the kind of constituent structure that compositionists think they have. Non-linguistic representations are those representations that cannot be represented as the result of a chomskyan generative process.

*Digital vs. analogical representations.* There is an old opposition, in philosophy and cognitive science, between analogical and digital representations. Analogical representations are said to be modal, continuous, particular, iconic and holistic while digital representation are thought to be amodal, discrete, general, symbolic and structured. Following Dretske’s lead, we say that “a representation that *s* is *F* is digital insofar as it carries nothing else than *s*’s being *F*”. (Dretske, 1981). By contrast, a representation that *s* is *F* is analogical if it carries other information besides *s*’s being *F*. Dretske’s paradigmatic examples draw on the distinction between a statement and a picture. « The cup has coffee in it » doesn’t tell us how much coffee there is, what kind of cup is it, but a picture of the cup with the coffee would represent all those details. The idea here is that mental representations (and not only public representations like pictures and statements) also come in two kinds, mental statements (say, in mentalese) and mental images.

Whereas linguistic representations, conceived on the chomskian model, are automatically compositional, advocates of digital representation still need to explain what makes digital representations compositional. This is not a project we address here. The important point for us is that, in the context of the present debate, it is usually understood that only digital representation can be compositional (an important exception is Cummins 1996). Analogical representations are simply not the kind of things that can have compositional structure. This is the idea we attack in the next section.

To end the conceptual step, let’s characterize the three compositionist models of thinking in terms of what distinguishes them. We saw that all compositionist models agree that thinking is an inferential process sensitive to the

---

<sup>6</sup> In retrospect however, it seems that the title was not so apt, since the book was about linguistic nature of cognition generally. If one thinks, as Fodor probably does, that thinking is a good model of thinking, confusing thought with cognition is somewhat inconsequential (although it may lead to confusion in others).

constituent structure of representations (T3) and that they disagree about the source of the necessary constituent structure.

- ☞ (*Linguistic-T3*). Thinking is an inferential process sensitive to the constituent structure of *linguistic* representations (all linguistic representations possess constituent structure).
- ☞ (*Digital-T3*). Thinking is an inferential process sensitive to the constituent structure of *digital* representations (digital representations can possess constituent structure - through some process yet to be explained).
- ☞ (*Analogical-T3*). Thinking is an inferential process sensitive to the constituent structure of *analogical* representations (analogical representations can possess constituent structure).

It is the purpose of the next section to explain how analogical representations can possess constituent compositional structure.

### 3. Empirical Step: thinking with analogical representations

We saw that partisans of *linguistic-T3* automatically get an account of compositional constituent structure. This affords them the option of posing a challenge to their opponents within the compositionalist family: Can there be compositionality, hence thinking (inference sensitive to constituent structure), without language? Their answer is: No. No language, no compositional thoughts. Partisans of *digital-T3* take a more liberal view that is ready to answer positively: babies and animals do think when, *but only when*, they manipulate digital representations. We too wish to adopt a more liberal view but disagree with partisans of *digital-T3* that thinking has to be digital. We argue here that empirical knowledge in cognitive science shows that some kinds of analogical representations can be compositional. We begin by outlining an account of analogical representation (3.1), and then argue that analogical representational systems can exhibit constituent structure (3.2), which can support a kind of inference sensitive to constituent structure (3.3). Together, these findings support our Spatial-motor conception of thoughts.

#### 3.1 Analogical representations

After an initial anti-representationalist stance, new-AI roboticists began to design *representational* control architectures for autonomous robots. Cognitive robotics (Clark & Grush, 1996) thus replaced (or complemented) reactive robotics. However, cognitive roboticists did not see representational activity as the symbolic re-description of the world, but as the sensorimotor simulation of possible behaviours. A *cognitive robot* “doesn’t have to jump off a cliff before discovering that this is dangerous; it can recognize the affordance and let its hypothesis about moving toward the cliff action die in its place (...).” (MacDorman, 1999, p. 21). Lynn Andrea Stein’s *MetaToto* (Stein, 1994) is an example of such “neo-representationalist” control architecture: her robot uses its knowledge of the external world to build a map of its environment, and then consults its map either on-line, to guide its behaviour, or offline, to try out behaviours. As Grush (2003, p. 85) puts it: “this model creates a ‘virtual reality’ with which [its] basic reactive navigational routines can interface in order to imaginatively explore the environment”. We agree but we believe that the expression *virtual reality* should not be put inside quotation marks: in non-linguistic

beings, cognitive representation *is* virtual reality (VR). Virtuality is not about “not being *really* real”, but about *possibility*: organisms that represent the world explore the possibilities of action, as players in VR environments do.

On this view, (non-linguistic) representation consists in the reactivation of sensorimotor experiences, either in the presence or absence of the objects or causes of the original experiences, in order to simulate the temporal evolution of the experience and thus predict its outcome or consequence.<sup>7</sup> A representational system is a system that can plan ahead (McFarland & Bossier, 1993; Cruse, 2003), one that is able to *pre-select* among possible behaviours (Dennett, 1995). There can also be representations, not of things in the world, but of the body, that is, body models (or schemata). Maravita and Iriki (2004) define a body model as a constantly updated status of the body shape and posture. According to Cruse (1999, 2003) and Damasio (1999), body models are the basis of world models. Neuroscientists have begun to unravel the neural implementation of body models (Berlucchi & Aglioti, 1997; Maravita A. et al., 2003), their role in body posture (Morasso, Baratto, Capra & Spada, 1999) and in the phantom limbs phenomenon (Melzack, 1999). Grush (2003) analyses body models, or motor emulators as he calls them, in a control-theoretical framework: motor emulators are neuronal forward models of the musculoskeletal system (MSS) that implement the same input-output operation of the MSS. Emulators behave as internal predictive models.

We will frame the distinction between body model and the world model in terms of emulation and simulation<sup>8</sup>. On this view, the brain *emulates* the body (motor emulators reproduce in parallel the body’s behaviour and generate feedback, like real perception and action) and *simulates* the external world (it reproduces possible things, agents, and events). There maybe no strict distinction between emulation and simulation, since they are, after all, two kinds of sensorimotor representations. All that applies to emulation applies also to simulation, except that what is simulated is outside the body.

Barsalou’s theory of Perceptual Symbols Systems (1999) offers a detailed account of simulation. Its foundational thesis is that perception and cognition recruit the same brain resources, a fact already acknowledged by cognitive neuroscience (Grezes & Decety, 2001). Semantic memory representations are not language-like, amodal representations such as frames, schemata, predicate calculus expression, or a feature list. A perceptual symbol is a “record of the neural activation that arises during perception” (Barsalou, 1999, p. 583). After every perceptual experience, the brain records sensorimotor aspects of the experience, and integrates it in multimodal frames. Only some aspects are thus recorded: selective attention focuses on some

---

<sup>7</sup> We are prepared to agree that human representation is too complex to be restricted to that definition. but our point here is to describe non-linguistic representations. In what follows, we stick with a minimal theory of representation, which takes the epistemological dimension as its primitive (instead of a view of representation which takes its metaphysical dimension, that is, reference, as its fundamental aspect.).

<sup>8</sup> These terms are getting to be quite popular, and they are sometimes used to mean various things. Before it gets to the point where we cannot understand each other, we propose to use their computer science acceptation (grabbed from FOLDOC, The Free On-line Dictionary of Computing <URL:<http://www.foldoc.org/>>):

*Emulation*: When one system performs in exactly the same way as another [...]

*Simulation*: Attempting to predict aspects of the behaviour of some system by creating an approximate [...] model of it.

features (e.g., movements, vertices, edges, colors, spatial relations, heat, etc.) that are encoded in long-term memory and recreated when needed. Hence, only schematic representations are available for processing. On Barsalou's view, each frame is not only an aggregate, but also a *simulator* that, after perception or in linguistic processing, may generate a simulation of categories of objects or events stored in the frame by reactivating some perceptual symbols. Perceptual symbols intervene in categorization and prediction: for instance, once the object seen is categorized as an X, the simulation of schematic properties of X allows the system to predict X's behaviour, or its own behaviour toward X. These simulations are the human equivalent of MetaToto's control architecture: a sensorimotor VR that helps planning ahead. Many simulations can be generated simultaneously, and they can be combined into complex simulations.. We won't defend this account as an exhaustive theory of human cognition; we are sympathetic to Barsalou's model to the extent it provides a model of analogical representation (at least for animals and babies):

many animals have perceptual symbol systems that allow them to simulate entities and events in their environment. [...] Because many animals have attention, working memory, and long-term memory, they could readily extract elements of perception analytically, integrate them in long-term memory to form simulators, and construct specific simulations in working memory. (Barsalou, 1999, p. 606)

Similar to nonhumans, infants may develop simulators and map them into their immediate world. During early development, infants focus attention selectively on aspects of experience, integrate them in memory, and construct simulators to represent entities and events [...] (Ibid.)

We have described what, on a minimal theory of representation, we take representations to be, how they are produced and what they're for:

- ☞ Representations are dynamical re-productions of something else.
- ☞ Re-production is achieved by reactivating neural marks of sensorimotor experiences.
- ☞ Representations helps prediction and control.

However, this is only a general theory of *representation*, not of *thoughts*. Thoughts, as we saw, are representations that have constituent structure. Our current account will deserve to be seen as a general theory of thinking provided (1) we can show that analogical representations can possess compositional structure and (2) we can show that inference can use this constituent structure. The next two sections address these points respectively.

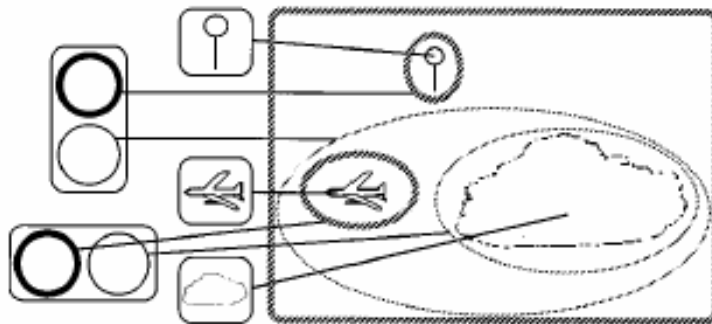
### 3.2 Structured analogical representations

Hypothesis formation, exposition and evaluation in science is often based on analogy or metaphor (Holyoak & Thagard, 1995). Cognitive science is no exception, especially when the object is to define abstract and complex concepts such as representation and its digital and analogical subspecies. Dretske's conception of analogical representations, for instance, relies on a *photographic* metaphor. Analogical representations are compared to photographs and they inherit most of their properties (but not all, which is why it is a metaphor). A photograph of a coffee cup can be interpreted as "this coffee is espresso" or "the cup is black", and so on. Since photographs are patently non compositional, it followed that analogical

representations were not compositionally structured (and this held for public as well as for mental analogical representations). But in 1981, when Dretske first published *Knowledge and the Flow of Information*, 3D software, video games and Virtual Reality were as not common as they are today and, consequently, his metaphor could not be informed by these technologies. But ours can. VR representations (simulation, emulation) are analogical. If we can show that VR representations can be compositionally structured, then we have showed that some analogical representations could be structured.

Are VR images compositionally structured? First, look at the mechanisms for creating VR. VR and video games programming owe their development to the parallel development of computational geometry (CG), a field of computer science devoted to the "algorithmic study of geometric problems" (Mitchell, 1997, p. 1), and computer graphics. Computer scientists face several problems: how to (re)create 3D space and objects, and how to (re)create their evolution in time. These are exactly the problems faced by cognitive systems: how to predict, with internal machinery, the evolution of things and events. In CG as in nature, in order to predict, one needs to reproduce things/events and their evolution, what CGers call *modeling* and *simulation*. To model and simulate, computer scientists don't rely on pictures databases, or on large amount of unstructured images. They use combinatorial structures (Chazelle et al., 1999, p. 7). VR-production systems can recursively generate a potentially infinite number of complex combinations.

Brains are natural VR-production systems able to generate simulations of different objects, relations, events, etc, and combine them. In fig. 1 we see how objects simulators in long-term memory (BALLOON, PLANE, and CLOUD) generate tokens of analogical representations in working memory while combining with spatial relations simulators (ABOVE, LEFT).



*Figure 1.* Complex simulation (from Barsalou, 1999) Simulators are represented on the left, simulations on the right.

Metaphors, however instructive, are by no means conclusive. We need to show that VR analogical representations have compositional structure, or constituency. To do so, we first state the four criteria for compositionality, and then show that VR analogical representations satisfy them. The four criteria for compositionality are mereology, combinatoriality, productivity and systematicity. The remainder of the present section is devoted to show that VR analogical representations are mereological and combinatorial. Section 3.3 will strive to show that they are productive and systematic when used to draw inferences.

According to compositionality, real constituency is about parts and wholes (Fodor & Pylyshyn, 1988). Then compositionality is, *stricto sensu*, a genuine mereological relation (like the relation between a wheel and a car). Compositionality is not a set-theoretic relation, such as the relation between a car and the set of cars in the parking. The basic predicate of mereology is proper parthood. Proper parthood has four individually necessary and jointly sufficient properties; it is an irreflexive, asymmetrical, transitive and supplemented relation (See Casati & Varzi, 1999). “Supplemented” means that if *x* is a proper part of *y*, then there is at least another part *z*, distinct of *x*. Mereological relations (“is a part of”) are thus distinct from set-theoretical relations (“is a member of”): while there is nothing illogical in the idea of an empty set or a one-member set, a whole with only one part (or no parts) is logically impossible. There must be at least two parts in a genuine mereological whole; if thoughts are mereological wholes, they must be made out of at least two parts, which is precisely what functionalism supposes: that mental states are wholes made up of functions and arguments.

Simulations are mereological because they satisfy Casati and Varzi’s criteria for a genuine mereological whole. A simulator (the CLOUD simulator, for instance):

- ☞ it is not a part of itself (irreflexivity)
- ☞ is a part of a thought, but the thought is not a part of the simulator (asymmetry)
- ☞ If the simulator is a part of a thought which is itself a part of another thought, then the simulator is also a part of the second thought (transitivity)
- ☞ If the simulator is a part of a thought, then there must be at least another simulator (supplementation).

Now, what about combinatoriality? Simulations are combinatorial because they satisfy Fodor and Pylyshyn’s (1988) criteria for combinatoriality:

- ☞ there is a distinction between structurally atomic and structurally molecular representations (BALLOON, ABOVE and CLOUD are atomic while BALLOON ABOVE THE CLOUD is molecular)
- ☞ molecular representations have constituents that are themselves molecular or atomic (BALLOON ABOVE THE CLOUD is made out of BALLOON, ABOVE and CLOUD)
- ☞ the semantic content of a (molecular) representation is a function (i) of the contents of its parts, together with (ii) its constituent structure. (The meaning of BALLOON ABOVE THE CLOUD is a function of the simulators for BALLOON, ABOVE and CLOUD)

Since they are both mereological and combinatorial VR analogical representations are structured representations. Therefore, we should not restrict discreteness and structure to digital representations (linguistic or not): simulators are structured analogical representations. A remark about discreteness is in order. Because of a strong association between “digital” and “discrete” (as in Dretske’s account), analogical representations have been conceived as *continuous* (a notable exception is Sloman, 1971). But “analogicalness” is not about being non discrete; it is

about being non digital. Analogical representations share similarity with their referent<sup>9</sup>, whether they are structured or not is another story.

### 3.3 Analogical inference

A compositional system is structured (mereologically and combinatorially), but mereology and combinatoriality are not sufficient. Compositional systems are also productive and systematic. A clear criterion for the systematicity and productivity of cognitive systems, which is also a strong constraint on the theory of thought, is inference. We argued that analogical representational systems can be both mereological and combinatorial. We now argue that analogical representational systems can produce inferences that are sensitive to the constituent structure of its representations and that such systems are systematic and productive (we don't argue that the converse holds; whether it does or not is not important here). Analogical representational system will then have been shown to possess the four attributes we established as criteria for compositionality. Such systems, then, would truly think.

Thinking is an inferential activity that is sensitive to the constituent structure of the representations manipulated. Given a structured (mereologically and combinatorially) input representation, a system that thinks will output another structured representation according to rules that apply in virtue of the representation's structure. These rules are transformation rules that specify how the transformation should be done. It is the conformity to these rules that makes transformations correct or not. Inference is thus an epistemic action that can be "kosher" if it conforms to some epistemic virtue.

On that view, thinking, constituent structure-sensitive inference, is a *deductive* process. Thinking systems generate new patterns of information that they don't have to gather from nature. They are looking for the consequences of the information they already possess, looking for what that information implies. To argue that non-linguistic analogical cognitive systems deductively infer, that their analogical simulations follow deductive patterns, a construal of "deduction" is needed, a construal that is a slightly different and broader in sense. Accordingly, deduction will be construed here as the following:

**Deduction:** a mental transformation from one representation to another according to transformation rules (1) that apply to the constituent structure of the representation and (2) respect some epistemic virtue.

For some philosophers, such as Bermudez (but also Frege, Davidson, Fodor, etc.) the epistemic virtue to which these transformation rules must conform can only be *formal*, or, more precisely, logico-syntactic. A good inference is an inference whose structure conforms to classical logic. Such a stance makes non-linguistic inference a chimera, because non-linguistic representations cannot be syntactic:

We understand inference in formal terms – in terms of rules that operate upon representations in virtue of their structure [Note: more precisely, logico-syntactic structure]. But we have no theory at all of formal inferential transitions between thoughts which are not linguistically vehicled. Our models of formal inference are based squarely on transitions between

---

<sup>9</sup> Sharing similarity is neither necessary nor sufficient to qualify as a representation (see Dennett 1981, Putnam 1981): A counts as a representation of B insofar as it is used by a system as a representation for B.

natural language sentences (as codified in a suitable formal language)  
(Bermudez, 2003, p. 111)

The problem is not that we have no theory “of *formal* inferential transitions between thoughts which are not linguistically vehicled”, but that we have no theory of inferential transitions *tout court* between non linguistic thoughts. A formalist view of inference equates “good inference” with “formally valid inference”. But formalism is not the only option. Non-formalists such as Brandom or Sellars consider the inference from “it’s raining” to “the streets will be wet” as materially valid, where the transformation rules are not syntactic but semantic. *Semantic inferences* are drawn according to other rules, less general than logical rules: the particular rules for applying a certain word, dictated by socio-linguistic conventions.

Other non-formal rules of transformation exist. Suppose you are a bartender and a client, to whom you served a martini, says to you: “this glass is empty, captain!”. He didn’t only want to inform you of a physical fact, but was asking for another drink. This is an example of a *pragmatic inference* (Grice, 1989; Sperber & Wilson, 1986) in which the intentions of speakers are inferred from the illocutionary content (here, a request) of their utterances and the conversational context (the bar). Understanding the client’s assertion implies that you understand the structure of the speech act, in this case, a request, which is a kind of directive speech act (Bach & Harnish, 1979). Pragmatic inferences are genuine constituent structure-sensitive inference: insofar as an utterance is categorized as a token of a particular speech act, the inferential understanding of the token is deduced from the condition of use of this type of structure. Syntactic, semantic and pragmatic inferences share a common feature: their transformation rules are linguistic (logic, linguistic conventions and illocutionary understanding). But are structure sensitive transformation rules only linguistic?

Goodness of inference relies partly on the capacity to recognize relevant input. It begins in perception, where selective attention filters out irrelevant properties. To draw a syntactic, semantic or pragmatic inference, the inferential process must be sensitive to some relevant properties of the representation, be it its logical connective, the meaning of words or the type of the speech act involved, and draw a conclusion from these relevant structural properties.

According to Relevance Theory (Sperber & Wilson, 1986; Wilson & Sperber, 2004), looking for relevance is a fundamental characteristic of human cognition. An input is relevant insofar as it yields a *positive cognitive effect*, that is, “a worthwhile difference to the individual’s representation of the world - a true conclusion, for example” (Wilson & Sperber, 2004, p. 608). If an input, inferentially processed, yields relevant information, then it is a relevant input. Note that relevant *transformation rules* are also needed: even if one has relevant inputs, non relevant processing will not yield positive cognitive effects. Wilson and Sperber hold that the evolution of our cognitive system is geared toward efficient processing of relevance. The human cognitive system has evolved to make our perceptive, mnemonic and inferential process geared toward the processing of relevant information.

Relevance Theory seems a little anthropomorphic. If we acknowledge, as we already did, that non-linguistic creatures can represent, then there is no reason to believe that non-conversational aspects of Relevance Theory don’t apply to non-linguistic cognition. Relevance is not only useful in linguistic settings: in perception or memory retrieval, relevance is beneficial for all representational creatures. Predator must rely on relevant cues to hunt their prey, and must process them relevantly.

Relevance Theory already has a name for this basic kind of inference: *contextual implication*. A contextual implication is a conclusion drawn from the input and the context, but neither the input nor the context is sufficient for drawing the conclusion. Turning a lamp on and seeing that no light comes from the lamp, you infer that the light-bulb isn't properly working anymore. The light-bulb's defect is inferred from the input (looking at the lamp) and the context (your attempt to turn the light on).

Contextual implication is the kind of thinking accessible to non-linguistic organisms. Cognitive systems able to run Barsalou-style multimodal simulations can draw deductive inference, however limited they may be. When some perceived object, event or agent  $x$  triggers the  $X$  simulator, the  $X$  simulation is a categorical simulation:  $x$  is perceived as a token belonging to a certain type. Its belonging to that type makes deductive inference possible on the basis of the type's properties when the  $X$  simulator, together with other simulators, constitutes a complex representation. The  $X$  simulator can be transformed into another one. Thus there are two elements in the simulationist theory of representation: a claim about representation formation (compositional combination of simulators) and one about transformation (the temporal evolution of the simulations), and the second follows naturally from the first.

Analogical compositionality differs trivially from digital compositionality in being applied to analogical instead of digital representations. But the two also differ non-trivially. First, analogical compositionality is restricted to categories and relations that can be simulated by multimodal simulators. With their mnemonic and sensorimotor apparatus, we could expect animals and non-linguistic human babies to only (or mostly) have basic-level categories (Rosch, 1978), and this for at least two reasons: (1) basic-level categories are recognizable on the basis of schematic analogical properties and (2) because of their multimodal content (gestalt perception, imagery, etc.), basic-level categories are more easily simulated by multimodal brain reactivation. Another distinction between analogical and digital compositionality is generality. It is plausible to assert, on empirical ground, that non-linguistic minds mostly have no intermodular fluidity (Hauser & Spelke, forthcoming). In such beings, information hardly flows from one module to another, while this is something that easily occurs in us, enculturated apes. Hence, the generality constraint (GC, Evans 1982) may hold only inside modules: a module may satisfy GC - to think that  $Fa$  one must be capable of thinking  $Fb$  and  $Ga$  - but only if  $a$ ,  $b$ ,  $F$  and  $G$  are in the actual domain of the module. With language, material culture and science, humans have access to theories and to expert knowledge.

#### 4. Conclusion

We argued for a view of thinking that lies between the classical or received view defended, in one form or another, by most researchers, scientists and philosophers alike, and another view which we find in Bermudez' latest book, *Thinking without words*. The classical view emphasizes language as the model for thought, and the "success semantics" view put forth by Bermudez (2003), which insists on the digital nature of thought. Our view stands with Bermudez's view on being, we believe, more empirically founded, less species-specific and "adult-oriented" (meaning less geared towards human adult cognition) than the classical view. It also stands with Bermudez's view in thinking that the digital versus analogical dimension is the most important dimension in which to think about thinking. This last attitude marks a major shift in contemporary thinking about thinking, which, in part because of its association with the philosophical school of analytical philosophy, a school that methodologically

emphasized *a priori* linguistic analysis, has mostly seen thinking as an exclusively linguistic phenomenon. The shift in contemporary Anglo-American philosophy, away from linguistic analysis and towards philosophical naturalism, has left the dominant position of language unchanged, because, we believe, of the major influence of cognitive science in naturalistic philosophy and the central position of Chomskyan linguistics in the cognitive revolution (, at least until recently). If thought *is* linguistic, then Chomskyan linguistics offers naturalistically inclined philosophers researchers a powerful model, unrivalled in depth and breadth, with which to think about thinking. But, as emphasized by Bermudez, the linguistic model has the major drawback of making thought a uniquely human adult phenomenon<sup>10</sup>. We agree with Bermudez that this drawback is serious enough to demand a rethinking of the traditional position on thinking in contemporary Anglo-American philosophy. And with Bermudez, we strive to develop a view of thought that applies to babies and animals, making human adult thought a special case of the model rather than an unexplained cognitive innovation or a suspicious paradigm.

On the other hand, although, for lack of space, we did not argue for this here, our view also stands with the classical view in thinking that thoughts, when digital, are thus *because* they are linguistic, that it is the linguistic character of some thoughts that makes them digital. Bermudez's view, we believe, posits another dubious cognitive first: the appearance of digital thoughts. Unlike many naturalistic philosophers today, such as Bermudez, we do not look to mainstream cognitive science for our main source of empirical constraints on philosophical theory, but to an emerging sub-genre: evolutionary developmental cognitive neuroscience. Over and above well-heeded constraints of cognitive psychological and neurological plausibility, evolutionary developmental cognitive neuroscience demands that our philosophical understanding of thoughts lives up to current understanding of the ontogeny and phylogeny (especially not forgetting the important interplay between the two) of cognition. Since Bermudez strives to open up the conceptual space surrounding the notion of thinking to include non-human and non-adult thought, it might seem strange to accuse him of not paying proper attention to ontogeny and phylogeny. Indeed, we sided we him against the linguistic view of thought especially because of Bermudez's insistence that our view of thinking makes room for baby thoughts and monkey thoughts. But, by doing so, Bermudez opens Pandora's proverbial box: once the door to such forms of thinking is opened, naturalistic philosophers must pay attention to current evolutionary and developmental theory, and such as stance, we maintain, argues against the digital model as a view of thinking generally.

In short, we have defended a view of thinking that in some sense stands between the classical view and Bermudez's view. We supported this view, which we called the spatial-motor view, in two steps: a conceptual step in which we presented the three views, insisting on their defining features. This step served to highlight what the views share and what distinguishes them, thereby painting the conceptual landscape in which people have thought about thinking. The second step was empirical: we defended the central claim of our view, that is, the idea that spatial-motor

---

<sup>10</sup> If the Language-of-Thought view is adopted, then this problem wanes, but another one appears: thought generally, including in animals and human babies, can only be studied through the prism of human adult thought. This truly seems to be putting the cart before the wheels. Human adult thinking, perhaps the crowning achievement of hominid evolution, should not be used as the model of all thinking: it should instead be *explained* in terms of more basic forms of thinking (evolutionarily, developmentally).

analogical representations can have compositional structure. Note that our philosophical inclination towards naturalism makes this the central step of our defence of the spatial-motor view. We are perfectly prepared to let our model stand or fall with relevant empirical data.

### **References**

- Bach, K. and Harnish, R. M. (1979). *Linguistic communication and speech acts*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Barsalou, L. W. (1999). Perceptual symbol systems. *Behavioral and Brain Sciences*, (22), 577-609.
- Berlucchi, G. and Aglioti, S. (1997). The body in the brain: Neural bases of corporeal awareness. *Trends Neurosciences*, 20, 560-564.
- Bermúdez, J. L. (2003). *Thinking without words*. Oxford; New York: Oxford University Press.
- Brandom, R. (1994). *Making it explicit: Reasoning, representing, and discursive commitment*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Brooks, R. A. (1991). Intelligence without representation. *Artificial Intelligence Journal*, 47, 139-159.
- Casati, R. and Varzi, A. C. (1999). *Parts and places: The structures of spatial representation*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Chazelle, B. and Force, T. C. G. I. T. (1999). Advances in discrete and computational geometry. In (Ed.), *Contemporary mathematics* (pp. 407-463). Providence: AMS.
- Clark, A. (1997). *Being there: Putting brain, body, and world together again*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Clark, A. and Grush, R. (1999). Towards a cognitive robotics. *Adaptive Behavior*, 7(1), 5-16.
- Cruse, H. (1999). Feeling our body - the basis of cognition? *Evolution and Cognition*, 5, 162-173.
- Cruse, H. (2003). The evolution of cognition - a hypothesis. *Cognitive Science*, 27(1), 135-155.
- Cummins, R. (1996). Systematicity. *The Journal of Philosophy*, 93, 591-614.
- Damasio, A. R. (1999). *The feeling of what happens: Body and emotion in the making of consciousness*. New York; London: Harcourt Brace.
- Dennett, D. C. (1981). *Brainstorms: Philosophical essays on mind and psychology*. Cambridge: MIT Press.
- Dennett, D. C. (1995). *Darwin's dangerous idea: Evolution and the meanings of life*. New York: Simon & Schuster.
- Dretske, F. I. (1981). *Knowledge & the flow of information*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Evans, G. and McDowell, J. H. (1982). *The varieties of reference*. Oxford Oxfordshire New York: Clarendon Press;

Oxford University Press.

Fodor, J. and Pylyshyn, Z. (1988). Connectionism and cognitive architecture. *Cognition*, 28, 3-71.

Fodor, J. A. (1975). *The language of thought*. New York: Crowell.

Grèzes, J. and Decety, J. (2001). Functional anatomy of execution, mental simulation, observation and verb generation of actions: A meta-analysis. *Human Brain Mapping*, 12, 1-19.

Grice, H. P. (1989). *Studies in the way of words*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

Grush, R. (2003). In defense of some 'cartesian' assumptions concerning the brain and its operation. *Biology and Philosophy*, 18, 53-93.

Hauser, M. D. and Spelke, E. S. (in press). Evolutionary and developmental foundations of human knowledge: A case study of mathematics. In M. Gazzaniga (Ed.), *The cognitive neurosciences iii* (pp.). Cambridge: MIT Press.

Holyoak, K. J. and Thagard, P. (1995). *Mental leaps: Analogy in creative thought*. Cambridge, Mass.: MIT Press.

MacDorman, K. F. (1999). Grounding symbols through sensorimotor integration. *Journal of the Robotics Society of Japan*, 17(1), 20-24.

Maravita, A., Spence, C. and Driver, J. (2003). Multisensory integration and the body schema: Close to hand and within reach. *Current Biology*, 13(13), 531-539.

Maravita, A. I., A. (2004). Tools for the body (schema). *Trends in Cognitive Sciences*, 8, 79-86.

McFarland, D. and Bösser, T. (1993). *Intelligent behavior in animals and robots*. Cambridge, Mass.: MIT Press.

Melzack, R. (1990). Phantom limbs and the concept of a neuromatrix. *Trends in Neurosciences*, 13(3), 88-92.

Mitchell, J. S. B. (1997). Introduction: Special issue of *algorithmica* devoted to computational geometry and manufacturing. *Algorithmica*, 19, 1-3.

Putnam, H. (1981). *Reason, truth, and history*. Cambridge Cambridgeshire; New York: Cambridge University Press.

Rosch, E., Lloyd, B. B. and Social Science Research Council (U.S.). (1978). *Cognition and categorization*. Hillsdale, N.J.

# Modeling artistic processes using production systems

Jude Leclerc  
Frédéric Gosselin  
Département de psychologie  
Université de Montréal

## Abstract

What are the problems faced by contemporary artists? By what processes do they solve these problems in real-life? This article presents preliminary results of the second phase of an ongoing project seeking to model the cognitive processes involved in a contemporary artistic practice; this project is being conducted within the *artistic creativity as situated problem solving* approach. Creativity is viewed both as a problem-solving process (Klahr & Simon, 1999) and as a situated process (Nersessian, 2004). The first phase of the project involved a field study of Canadian visual artist Isabelle Hayeur over a sixteen-month period; the second phase, which has just begun, involves the computational modeling of her artistic processes. Building on the analysis of Leclerc and Gosselin (2004), we present a partial but nonetheless substantial computer-based model of the processes involved in this artist's creative practice.

## 1. Introduction

Recently, Klahr and Simon (1999) have suggested that by using the concepts and vocabulary of human problem-solving theory (Newell & Simon, 1972) "we may be able ... to converge toward a common account of discovery in many areas of human endeavor", including the arts (p. 524). Much work have already been done to understand processes of scientific discovery with this approach (e.g., Klahr, 2000; Kulkarni & Simon, 1988; Langley, Simon, Bradshaw, & Zytkow, 1987). But, with few exceptions (e.g., Weisberg, 1993), little has been done to study artistic creativity from this perspective. What are the problems faced by artists? By what processes do they solve these? We conducted a case study to begin answering these questions.

As there have been few studies of artistic creativity as a problem-solving process, there have been even fewer efforts to model artistic creativity within that framework; most of the computational models of creativity, in recent years, have been of the creativity involved in the process of scientific discovery (e.g., Kulkarni & Simon, 1988; Langley, Simon, Bradshaw, & Zytkow, 1987; Schunn & Anderson, 1998).

## 2. Modeling artistic creativity

### *Production systems*

The results presented here represent a first effort at modeling artistic processes using *production systems*. These systems have their origin in Emil Post's (1943) study of the properties of systems based on rules (Jackson, 1999). Production systems have been adopted early on by cognitive scientists to model language, memory, and creativity (e.g., Anderson, 1976; Chomsky, 1957; Newell & Simon, 1965; Kulkarni & Simon, 1988; Schunn & Anderson, 1998). According to Anderson and Lebiere (1998), "[production systems] are the only modeling formalism capable of spanning a broad range of tasks, dealing with complex cognition, in complete detail, and with a high degree of accuracy" (p. 3). This is a bold statement, but Anderson's ACT-R theory and similar theories, like SOAR and others, provide serious evidence for it.

The production system outlined in this article was implemented using Jess<sup>11</sup> (version 6.1p6), a general-purpose rule engine, written in the JAVA programming language. Jess is a Java-implemented version of CLIPS, itself a descendant of the OPS family of production rule languages and related languages; OPS5 was the language most often used to model cognitive processes by the first generation of researchers at Carnegie Mellon (Herbert Simon, Allen Newell, and other pioneers in the study of creativity in science). The Jess language, like its ancestors, has a syntax very close to LISP, a language traditionally used in AI and in many models of human cognition.

*Isabelle Hayeur: A contemporary visual artist*

Isabelle Hayeur<sup>12</sup> is a successful professional Canadian visual artist. She works mainly with digital photography and video; her work has been shown in solo and group exhibitions nationally and internationally. A great part of her work involves producing large-scale photomontages; these often show idyllic-looking landscapes... almost idyllic, but not quite, standing at the edge of the familiar and the unknown, between the beautiful and the repulsive; these images often evoke a feeling of strangeness in the viewer. She works also with video, Net art and does site-specific projects.

At the time of writing, we have been conducting a field study of her practice and creative processes for a sixteen-month period; the study is ongoing. Multiple data types, from multiple sources, have been collected, on-site, to allow the modeling of a distributed set of cognitive activities (see Clancey, 2001). These include: interviews, photographs of work space and tools, recording of activity at the computer, and extensive field notes. All data was digitally recorded and archived (except for the field notes); total data volume amounts to about 30 gigabytes.

Here, the analysis will focus on the interview data. Eight semi-structured interviews were conducted over a six-month period, at the artist's studio (Leclerc & Gosselin, 2003). Interviews were 30 to 60 minutes long; these were digitally recorded and transcribed verbatim. Then, they were organized, stored, and analyzed using the Atlas.ti computer package. The analysis consisted of coding the interviews in terms of the *problem spaces, goals, operators* (i.e., concepts of human problem-solving theory, Newell & Simon, 1972) mentioned in the interviews and, from these, extracting a set of rules pertaining to the diverse problem spaces - problems, tasks, and so on - involved in this artist's work and practice.

*ACE: A model of real-life artistic creativity<sup>13</sup>*

We chose to model Isabelle Hayeur's artistic processes in terms of four main entities : (1) agents, (2) goals, (3) knowledge, and (4) environment. Goals and knowledge are typical categories involved in knowledge-based systems, or production systems (see Jackson, 1999); and, even though our main focus is on one individual, we want to allow for the explicit modeling of 'outside' processes, i.e. other agents and their respective environments. This relates to the situated, or distributed, part of our

---

<sup>11</sup> Jess (trial version or licensing for either academic or commercial use) is available online from Sandia National Laboratories at: <http://herzberg.ca.sandia.gov/jess/>

<sup>12</sup> Her work, resume, artist's statement, and related projects can be found on her Web site at: <http://isabelle-hayeur.com>.

<sup>13</sup> The model is available online at: <http://mapageweb.umontreal.ca/gosselif/ACE.html>.

approach; basically, we consider artistic creativity to be a cognitively distributed, or extended, process.

What can we tell about the cognition involved in real-life artistic practice by modeling an artist in this way? Or, asked otherwise, what is the *grammar*, the set of rules that can describe, or produce, the observed - in our case, creative - behavior? As a partial answer, we offer the next few pages.

### *Problem spaces of Isabelle Hayeur's creative processes*

It is traditional in the human problem-solving theory literature to distinguish sets of problem spaces, search spaces, in which a problem solver operates in order to resolve a particular problem or accomplish a task (see, for example, the two-space model of scientific discovery, first proposed by Klahr & Dunbar, 1988; this model presents scientific discovery as a process involving dual search in an Hypothesis space and an Experiment space). We previously came to the conclusion that Isabelle Hayeur's artistic activities are operating in two main problem spaces, an Artistic practice space (A) and a Career space (C) (Leclerc & Gosselin, 2004). A third space, the Economic space (E), also plays a role, a comparatively minor one. Our model's name, ACE, is the juxtaposition of the letters standing for the three search spaces involved in Isabelle Hayeur's creative process.

How Isabelle Hayeur resolves the problems of being an artist, of producing art works and of attaining a certain level of professional success all happens in these - A, C, and E - search spaces. The combined size of these search spaces is vast (compared, for example, to the cognitive space involved in the solving of a simple arithmetic problem, or some other common cognitive psychology task). Thus, a model of such spaces cannot be fine-grained; what matters most here is not detail and precision but the ecological validity of the model and its ability to give us a bird's eye view of a real-life artistic practice.

### *ACE: An example run -- I*

Here is a sample run of ACE. Initial conditions were set to match Isabelle Hayeur's actual state. Some of these initial conditions correspond to unchanging variables in the subject, for the duration of the research project (i.e., in the course of our study, these have never been found to vary):

- (agent (name IH) (status artist))
- (goal (agent IH) (task being-an-artist--doing-that-my-entire-life))
- (goal (agent IH) (task art-must-remain-a-calling-remain-research))
- (goal (agent IH) (task taking-my-work-as-an-artist-seriously))

In first-order predicate logic, these facts state that IH (i.e., Isabelle Hayeur) is an artist, and that she has the following goals: to be an artist for her entire life, that art must remain a calling, and that she wants to take her work as an artist seriously. These facts were asserted - put in the production system's working memory - at the beginning of the simulation, went unchanged throughout a run of the program and, further, went unchanged from one run of the simulation to the other.

Part of the initial conditions for a run of the model also consists of variables that may change from one simulation run to the other. These represent changing conditions in Isabelle Hayeur's own state, the state of her goals and knowledge, and in the state of her environment (these may also include the changing state of other agents). For this run of the simulation, they were:

- (agent (name IH) (variable artistic-production-unpaid))
- (agent (name IH) (variable photographic-production))
- (agent (name IH) (variable very-active-professional-life))
- (goal (agent Isabelle) (task sending-my-work-projects-to-artists-centers) (project IDC))
- (knowledge (agent IH) (variable what-I-have-to-do--to-be-an-artist))
- (environment (agent Isabelle) (variable cannot-make-a-living-from-art-alone))
- (environment (agent Isabelle) (variable opportunity-to-work-in-your-own-domain))
- (environment (agent Isabelle) (variable printing-large-scale-photographs))

An advantage of production systems, and first-order logic predicates, is that code such as this can be read - by humans - directly; accordingly, the above stated facts mean that Isabelle Hayeur's artistic production is initially unpaid for, that she has a photographic production, has a very active professional life, and so on. All of these facts are put in working memory at the start of the simulation, may change during the simulation, and serve to activate the *production rules* that constitute the model of Isabelle Hayeur's artistic process; in turn, the production rules may change the content of working memory - these facts - as the simulation runs. (Production systems are based on production rules; these rules take the form of "IF-THEN" rules, stating if an action - behavioral or cognitive - is to be taken, under which conditions, and specifically what type of action is to be undertaken.)

Here is a test run of ACE. We provide a list of the main rules fired in the course of the simulation, starting from the initial conditions.

Table 1

## A sample run of ACE

---

MAKING-TIME-FOR-PRACTICE-AND-CAREER---putting-all-my-time-in-artistic-work-and-my-artist's-dossiers-[AC]<sup>14</sup>  
 MAKING-TIME-FOR-PRACTICE-AND-CAREER---half-my-time-in-putting-together-my-artist's-dossiers-[AC]  
 ...  
 BEING-AN-ARTIST-MY-ENTIRE-LIFE---doing-what-I-have-to-do-[AC]  
 ...  
 DISSEMINATION---making-the-project-move-forward-and-finishing-it-[CA]  
 DOING-A-PROJECT---putting-time-in-the-project-[AC]  
 PUTTING-TIME-IN-A-PROJECT---picking-up-work-on-the-project-[AC]  
 ...  
 ACTIVE-PROFESSIONAL-LIFE---searching-for-bread-and-butter-jobs-[AE]  
 BREAD-AND-BUTTER-WORK---taking-what-comes-[AE]  
 ...  
 PAYING-FOR-ARTISTIC-PRODUCTION---the-artist-must-pay-for-own-production-[AE]  
 PAYING-FOR-ARTISTIC-PRODUCTION ---taking-small-jobs-in-your-domain-[AE]  
 MAKING-TIME-FOR-PRACTICE---living-with-less-[AE]  
 TAKING-SMALL-CONTRACTS---own-production-is-paid-[AE]  
 ...  
 DOING-THE-ARTIST-WORK-SERIOUSLY---doing-my-artistic-work-full-time-[A]  
 MAKING-TIME-FOR-PRACTICE---having-time-for-my-practice-[A]  
 MAKING-TIME-FOR-PRACTICE ---working-less-having-a-lower-standard-of-living-[AE]  
 WORKING-LESS---living-with-less-[AE]  
 MAKING-TIME-FOR-PRACTICE --having-time-for-my-practice-[AE]  
 ...

---

Displayed here are ‘threads’ of activity simulating parallel, or interweaved, threads of activity in Isabelle Hayeur’s life and art-related activities. Each thread begins with a top-level goal; in this run, we have six top-level goals: (1) making time for my practice and career, (2) being an artist my entire life, (3) disseminating the artistic work, (4) having an active professional life, (5) paying for the artistic production, and (6) doing the artistic work seriously. Overall, these threads give us a view of some of the most important goals and activities occupying this artist. Furthermore, we see how each thread involves the application of a certain set of rules to reach these high-level goals.

One thread in Table 1, for example, begins with the rule “DOING-THE-ARTIST-WORK-SERIOUSLY---doing-my-artistic-work-full-time”; this rule states that if one wants

---

<sup>14</sup> Letters in square brackets (e.g., [AC] ) , after a rule’s name, indicate in which of the three search spaces (A, C, E) the rule operates. Note that many rules bridge activity between different search spaces.

to do the artist's work seriously, one must do this work full-time. In order to achieve its goal, this rule calls on the next rule in the thread, "MAKING-TIME-FOR-PRACTICE---having-time-for-my-practice". The same goes on for the rules that follow in the thread; each one is activated in turn, until the initial goal is reached. As we can see, each thread constitutes an operator - a set of rules - working to achieve certain particular goals.

*ACE: An example run -- II*

What would happen if Isabelle Hayeur did not value her artistic practice time, did not associate artistic practice time with the quality of the artistic work produced, or did not have as a goal to produce quality work? A possible answer to these questions appeared in a recent test run of ACE, when we mistakenly modified the production system. This test run was particularly surprising; it showed the behavior exhibited by the trace below.

Table 2

The artist's 'bread-and-butter' loop

---

```

PAYING-FOR-ARTISTIC-PRODUCTION---the-artist-must-pay-for-own-production-[AE]
PAYING-FOR-ARTISTIC-PRODUCTION ---taking-small-jobs-in-your-domain-[AE]
  TAKING-SMALL-CONTRACTS---own-production-paid-[AE]]
  TAKING-SMALL-CONTRACTS---contract-completed-[AE]
  TAKING-SMALL-CONTRACTS---own-production-paid-[AE]]
  TAKING-SMALL-CONTRACTS---contract-completed-[AE]
  ...

```

---

In this run, the model is caught in a loop; it does not take appropriate action to augment financial resources by any other means than by getting small jobs, doing these, and finding other similar jobs, and so on. The rules active here and the initial conditions conspire, so to speak, to prevent the model from applying other operators for finding financial resources. This loop also prevents the ACE model from pursuing other types of goals - namely, artistic and career goals.

What happened to make the ACE model behave this way? The rules of the production system were the same, the initial conditions were almost exactly the same. We had just made one small change, we had added a simple fact:

```
(environment (agent IH) (variable small-job-completed))
```

This fact took advantage of an error in the following rules:

```
(defrule TAKING-SMALL-CONTRACTS---own-production-paid-[AE]

  (goal (agent ?x) (task taking-on-small-jobs))
  ?y <- (agent (name ?x) (variable own-production-unpaid))
  =>
  (retract ?y)
  (assert (agent (name ?x) (variable own-production-paid))))

(defrule TAKING-SMALL-CONTRACTS---contract-completed-[AE]

  ?y <- (agent (name IH) (variable own-production-paid))
  ?z <- (environment (agent IH) (variable small-job-completed))
  (not (environment (agent IH) (variable sufficient-grants)))
  =>
  (retract ?y)
  (retract ?z)
  (assert (agent (name IH) (variable own-production-unpaid))))
```

The added fact revealed a mistake that had remained hidden until then: we had forgotten to add a stop condition in the second rule, a condition that would take into account the additional fact (i.e., the fact asserting that a contract is completed). This rule should have included an additional condition on the ‘if’ side (i.e., the part of the rule describing the conditions under which it fires), and an additional action - the retraction of a fact - on the ‘then’ side of the rule (i.e., the part of the rule describing the action to be taken when it fires). Adding these took care of the problem (see above, in red).

Was this ‘loop behavior’ just the result of a programming error? Yes it was... in that case. But the same kind of behavior could also happen in the ACE model for other reasons and, similarly, does happen to many artists caught up in a ‘bread-and-butter’, or a ‘making a living’, loop. What would it take for ACE to do that? One possibility is to change the initial conditions of the model. For example, if we took away the asserted goal of “doing the artist’s work seriously”, and also took away some “dissemination” goals, we could get similar behavior. As a result of those changes, the model would stop having the goal of “doing the artist’s work seriously” and, consequently, would devote less time to the actual artistic practice and more to the ‘economic’ activity (as in Table 2). This suggests an impact on artistic activity of the interplay between the artist’s goals and economic conditions. As a result of a few changes to the ACE model’s initial conditions, the (simulated) artist is caught up in that same loop, devoting most of its activity to ‘bread-and-butter jobs’, instead of putting more time in actual creative work. We may ask: is this loop behavior of the modified ACE model just an artifact? Or, does it reveal something more significant about the conditions of practice, and patterns of behavior, of artists? In a major sociological survey of Québec’s visual artists’ conditions of practice, Bellavance, Bernier, and Laplante (2001) report an impressive number of statistics suggesting that this is indeed the case. For example: for 20% of artists, their total income comes from activities unrelated to their artistic practice; for more than 50% of artists, only 20% or less of their income comes from

their artistic practice, and so on. It means that many, if not most, of Québec's professional visual artists live from work outside of their own practice. This is quite reminiscent of the loop behavior displayed in Table 2 (i.e., the 'bread-and-butter' loop); of course, this, and the behavior of the modified ACE model, does not reflect the patterns of behavior of Isabelle Hayeur.

#### *Operators from the artistic practice space*

What is it that Isabelle Hayeur's does that allows her to succeed in the middle of the difficult practice conditions that Bellavance et al. (2001) describe? In Isabelle Hayeur's case, and in contrast to the 'pathological' code responsible for the behavior shown in Table 2, one set of operators works to reduce the required financial resources necessary to produce art works, and another works to augment the financial resources available directly through her artistic activity. Other operators are also at work, ensuring her dedication to the artistic work. See Table 1 for a sample of these multi-layered operators. Below are some of the main, top-level, rules from Isabelle Hayeur's practice search space.

These rules of artistic practice, embodied in the ACE model, tell us that some of the main goals pursued by Isabelle Hayeur are: to make time for her artistic practice (and career), to be an artist for all of her life, to disseminate her work, have it be known and seen, and to do her artistic work seriously. Each rule tells us some of the actions undertaken to reach those goals. For example, to do her artistic work seriously, she must work at it full-time. This survey of her rules of practice helps explain how she may strive and succeed in the midst of Québec's and Canada's difficult socio-economical conditions of visual artists. It also gives a portrait of who Isabelle Hayeur is as an artist, of what she values as an artist and of how she is able to put into action those values.

**Table 3** Some of Isabelle Hayeur’s main A’s rules

---

```

(defrule MAKING-TIME-FOR-PRACTICE-AND-CAREER---putting-all-my-time-in-artistic-work-and-
my-artist-dossiers-[AC]
  (not(agent (name Isabelle) (variable contract-small-jobs)))
  =>
  (assert (goal (agent Isabelle) (task putting-all-my-time-in-artistic-work-and-my-artist's-
dossiers))))
(defrule BEING-AN-ARTIST-MY-ENTIRE-LIFE---doing-what-I-have-to-do-[AC]
  (goal (agent Isabelle) (task being-an-artist--my-entire-life))
  (knowledge (agent Isabelle) (variable what-I-have-to-do--to-be-an-artist))
  =>
  (assert (goal (agent Isabelle) (task doing-what-I-have-to-do-to-be-an-artist))))
(defrule DISSEMINATION---making-the-project-move-forward-and-finishing-it-[CA]
  (goal (agent Isabelle) (task sending-the-work-to-artists-centers) (project ?x))
  =>
  (assert (goal (agent Isabelle) (task moving-the-project-forward-and-finishing-it)
(project ?x))))
(defrule ACTIVE-PROFESSIONAL-LIFE---searching-for-bread-and-butter-jobs-[AE]
  (agent (name Isabelle) (variable very-active-professional-life))
  =>
  (assert (agent (name Isabelle) (variable not-much-time-to-search-for-bread-and-butter-
jobs))))
(defrule DOING-THE-ARTIST-WORK-SERIOUSLY---doing-my-artistic-work-full-time-[A]
  (goal (agent ?x) (task doing-the-artist-work-seriously))
  =>
  (assert (goal (agent ?x) (task doing-the-artist-work-full-time))))

```

---

For each of those top-level rules, we may also dig down further to find out how a specific operator is implemented in the artist’s activity. As an example, in Table 4, we reproduce a set of rules describing how Isabelle Hayeur achieves her goal/operator: “doing the artist’s work seriously”. This example provides a partial answer to the question of how exactly she manages to do her work seriously in real-life and shows an operator at work in a successful artistic practice.

**Table 4** An operator’s description: “Doing the artist’s work seriously”

---

```

(defrule DOING-THE-ARTIST-WORK-SERIOUSLY---doing-my-artistic-work-full-time-[A]
  (goal (agent ?x) (task doing-the-artist-work-seriously))
  =>
  (assert (goal (agent ?x) (task doing-the-artist-work-full-time))))
(defrule MAKING-TIME-FOR-PRACTICE---having-time-for-my-practice-[A]
  (goal (agent ?x) (task doing-the-artist-work-full-time))
  =>
  (assert (goal (agent ?x) (task having-time-for-my-practice))))
(defrule MAKING-TIME-FOR-PRACTICE ---working-less-having-a-lower-standard-of-living-[AE]
  (goal (agent ?x) (task having-time-for-my-practice))
  =>
  (assert (goal (agent ?x) (task not-having-a-too-high-standard-of-living)))
  (assert (goal (agent ?x) (task working-less-and-less-bread-and-butter-jobs))))
(defrule WORKING-LESS---living-with-less-[AE]
  (goal (agent ?x) (task working-less-and-less-bread-and-butter-jobs))
  =>
  (assert (goal (agent ?x) (task trying-to-live-with-less-money))))
(defrule MAKING-TIME-FOR-PRACTICE---having-time-for-my-practice-[AE]
  (goal (agent ?x) (task not-having-a-too-high-standard-of-living))
  (goal (agent ?x) (task working-less-and-less-bread-and-butter-jobs))
  (goal (agent ?x) (task trying-to-live-with-less-money))
  =>
  (assert (agent (name Isabelle) (variable has-time-for-artistic-practice))))

```

---

### 3. Conclusions

Part of the ACE model of Isabelle Hayeur’s artistic processes was presented in this article, mostly the A - or Artistic practice space - part of the model. We are currently extending the model to include the C, E, and also the “image-generation space”, the problem-solving space involved in the image production activity of the artist (itself part of A, but at a finer resolution than the rules presented here).

ACE is a high-level model, close to a ‘social band’ level (see Newell, 1990), model of cognition; this is why we chose to model a vast domain with relatively ‘few’, high-level, rules. Up to now, we have extracted from the interviews, observations and field notes the equivalent of about 200 rules; of these, around 60 rules have been implemented in ACE. A related model, for example, Schunn and Anderson’s model of scientific discovery processes, implemented 116 rules. Anderson and Lebiere (1998) make the distinction between *declarative knowledge* (i.e., ‘chunks’ of information)

and *procedural knowledge* (i.e., rules); whereas there can be millions of pieces of information known to a person, there is a much lesser number of rules needed or available to process this information. Anderson evaluates this number to be in the order of 10,000 to encompass everything a human being does; in restricted domains of expertise, like certain aspects of scientific discovery (or artistic creativity), there may be much less (e.g., hundreds or a few thousands).

Based on these and other considerations, we believe that we are not too remote from the completion of this portion of the project. Further work will involve expanding and validating the model. This will be done by working in collaboration with the artist in the manner usually done when building knowledge-based systems in AI; we are, in fact, considering the artist as an expert and working with her to produce a model reflecting her practice. Further work will also involve testing this model, testing various predictions made by the model, comparing these with the actual behavior of the artist. Testing the model will also involve the kind of experimentation we have done with the model in this paper, but on a larger scale.

### ***Acknowledgments***

We thank Isabelle Hayeur for her generous participation in this research project and for graciously giving her consent to the disclosure of confidential information. This research was supported by an Excellency Scholarship from the University of Montreal awarded to Jude Leclerc, and by an NSERC (R0010085) and an NATEQ (R0010287) grant awarded to Frédéric Gosselin.

### ***References***

- Anderson, J. R. (1976). *Language, memory, and thought*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Anderson, J. R., & Lebiere, C. (Eds.) (1998). *The atomic components of thought*. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Bellavance, G., Bernier, L., & Laplante, B. (2001). *Les conditions de pratique des artistes en arts visuels: Rapport d'enquête, phase 1*. Montréal, Canada: INRS Urbanisation, culture et société.
- Chomsky, N. (1957). *Syntactic structures*. The Hague : Mouton.
- Clancey, W. J. (2001). Field science ethnography: Methods for systematic observation on an expedition. *Field Methods*, 13, 223-243.
- Jackson, P. (1999). *Introduction to expert systems* (3rd ed.). Harlow, England: Addison-Wesley.
- Klahr, D. (2000). *Exploring science: The cognition and development of discovery processes*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Klahr, D., & Dunbar, K. (1988). Dual space search in scientific reasoning. *Cognitive Science*, 12, 1-55.
- Klahr, D., & Simon, H. A. (1999). Studies of scientific discovery: Complementary approaches and convergent findings. *Psychological Bulletin*, 125, 524-543.
- Kulkarni, D., & Simon, H. A. (1988). The processes of scientific discovery: The strategy of experimentation. *Cognitive Science*, 12, 139-175.

- Langley, P., Simon, H. A., Bradshaw, G. L., & Zytkow, J. M. (1987). *Scientific discovery: Computational explorations of the creative processes*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Leclerc, J., & Gosselin, F. (2003). [Interviews with Isabelle Hayeur]. Unpublished raw data.
- Leclerc, J., & Gosselin, F. (2004). Processes of artistic creativity: The case of Isabelle Hayeur. In K. Forbus, D. Gentner, & T. Regier (Eds.), *Proceedings of the Twenty-Sixth Annual Conference of the Cognitive Science Society* (pp. 801-806). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Nersessian, N. J. (2004). Interpreting scientific and engineering practices: Integrating the cognitive, social, and cultural dimensions. In M. Gorman, R. Tweney, D. Gooding, & A. Kincannon (Eds.), *New directions in scientific and technical thinking* (pp. 17-56). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Newell, A. (1990). *Unified theories of cognition*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Newell, A., & Simon, H. A. (1965). Limitations of the current stock of ideas for problem solving. In A. Kent & O. Taulbee (Eds.), *Conference on electronic information handling* (pp. 195-208). Washington, DC: Spartan Books.
- Newell, A., & Simon, H. A. (1972). *Human problem solving*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Post, E. L. (1943). Formal reductions of the general combinatorial decision problem. *American Journal of Mathematics*, 65, 197-215.
- Schunn, C. D., & Anderson, J. R. (1998). Scientific discovery. In J. R. Anderson & C. Lebiere (Eds.), *The atomic components of thought* (pp. 385-427). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Weisberg, R. W. (1993). *Creativity: Beyond the myth of genius*. New York: Freeman.

# The Role of Metacognition in Abduction: A Goal Theoretical Perspective

Wenyan Zhou  
McGill University

## 1. Introduction

Over the last few decades, calls have been increasing for education to foster active and critical thinking among students (Williams, Papierno, Makel, & Ceci, 2004). As a result, the role of abduction is becoming increasingly important in school instruction. Abduction is often described as a process of forming and evaluating explanatory or interpretative hypotheses based upon observations (Josephson & Josephson, 1994; Magnani, 2001). This is essential, both in science and in everyday life, in situations where individuals are compelled to give the best explanation in order to make good decisions and to behave wisely.

In school instruction, the implementation of abduction is most obviously called for when students engage in scientific inquiry, or in problem-solving activities (Lajoie, Lavigne, Guerrera, & Munsie, 2001). In such activities, students are asked to generate hypotheses to account for a set of data or phenomena. These activities are usually quite perplexing and call for a variety of cognitive skills (Kuhn, Black, Keselman, & Kaplan, 2000).

On the one hand, scientific inquiry entails effortful and persistent engagement on the part of students. On the other hand, however, there is a large literature concerning the difficulty of motivating students and maintaining their engagement, especially when the learning task is complex (Hidi & Harackiewicz, 2000). If students are not self-motivated and self-regulated when pursuing an inquiry learning task, hopes of promoting active and critical thinking will remain merely good intentions.

Metacognition, or the ability to think about thinking, has long been considered an essential component underlying the successful implementation of various cognitive processes (Bruer, 1993). Increased metacognitive awareness is not only considered a desirable outcome of inquiry learning (Karpov & Haywood, 1998), but also an important prerequisite for engaging students in inquiry. Although engaging in inquiry is both cognitive and motivational, the role of metacognition in relation to motivation has not received as much attention as its relation to cognition (Engeström, 1989).

In this paper, I propose to view metacognition as a mediator bridging the cognitive and motivational aspects of abduction in school inquiry tasks. First, I examine the cognitive and motivational aspects of abduction in science education in school. Second, I consider the contributions of metacognition to student engagement in abduction. In sum, I conclude that educational interventions that promote the development and implementation of metacognition will improve both the cognitive and motivational aspects of abduction in school.

## 2. The cognitive and motivational aspects of abduction in science education

### 2.1 *Abduction and the identification of abductive objects*

Abduction is defined as the “sequential comprehension and integration of data into a single situation model that represents the current best explanation of the data” (Johnson & Krems, 2001, p. 908). Three features of abduction portrayed in this definition are especially relevant here: situated, dynamic, and subjective, in addition to objective.

Abduction is situated because it is embedded in the individual’s interaction with the external world. For example, to initiate abductive processes, individuals must first perceive that an explanation is needed. Such a need arises from the individual’s interaction with the environment; therefore, an interpretation of the data precedes the abductive process. But interpretation alone does not determine when an explanation is demanded and what it needs to explain. That is, an initial interpretation of the data does not identify the object of the explanation, whereas an explanation is often triggered by an awareness of deficits or inconsistencies in one’s knowledge (Echevarria, 2003; Gendolla, 2001; Graesser & McMahan, 1993). In other words, identifying the abductive object entails comparing one’s existing beliefs and evidences revealed in the current situation, becoming aware of the incongruence between them, and discovering the anomalies.

Second, the dynamic of abduction lies in the fact that it is progressive; it continuously evolves as the evidence is obtained and processed incrementally. The outcome of each step in the abduction is the best explanation at that moment; this leads individuals to a further investigation of the problem and to the discovery of new evidence. Consequently, the abductive object is continuously evolving in this process. The advancement of abduction relies on the arrangement and implementation of a series of strategies used by individuals to reveal and handle new evidence. The available strategies, however, depend on individual competencies and available resources (e.g., instruments, references).

Third, there are subjective as well as objective criteria with regard to the *best* explanation. Constraints and affordances imposed by the task and its context constitute the objective criteria for the best explanation, whereas individuals’ appreciation of the current task and their competencies and motives for performing the task constitute the subjective criteria for the best explanation.

Because abduction is situated and constrained both by features of the individual and of the surrounding environment, the analysis of abductive processes should take both the individual and the particular context into account. Certain characteristics of school learning distinguish abduction in the classroom from abduction in other contexts, e.g. in laboratories of scientists. For example, what students are typically required to explain in school is determined by the curriculum. Although they can sometimes decide what particular aspect of the phenomena to explain, this is seldom the case. That is, the abductive objects are determined by the teacher through task descriptions or problem statements rather than through student self-reflection. Therefore, incongruence may exist not only between individual knowledge and current observations - which can trigger abduction - but also between the teacher’s hopes and the students’ task perceptions, which can hamper abduction.

In the above section, abduction is reconceptualized as a continuously evolving process of identifying problems (i.e., abductive objects) and resolving them. This process is situated in individuals' interaction with the external world and therefore has to be analyzed considering both the individual and the particular context. Before we proceed to the discussion of abduction in science education in school, the introduction of a goal as a construct related to both the individual and the task will be helpful, because such a construct incorporates both the cognitive and motivational aspects of a task.

## *2.2 Goals in abduction*

Individuals usually have more than one goal when they undertake a certain task. These different goals are organized into a hierarchical and coherent goal structure. Different levels in this goal structure correspond to the activity structure (i.e. activity/motive, action/goal, and operation/condition) in Leontyev's (1979) thesis, where different hierarchies represent different levels of abstraction (Bracewell & Witte, 2003). The more concrete the goals, the closer they are associated with the means of attaining them, whereas the more abstract the goals, the closer they are related to individuals' sense of self. Moreover, different levels in the goal structure interact with each other.

Abduction is often motivated by the need to accommodate anomalous observations that reflect deficits in one's knowledge (Magnani, 2001). This is a goal that triggers the abductive process and is closely related to the action of carrying out abduction: It decides the abductive objects. Such an action goal is continuously evolving. As new information is incrementally obtained and processed, anomalies are constantly being redefined as a consequence of interactions between the phenomena - with its changing nature - and human cognition.

The action goal is also influenced by other levels in the goal structure. First, at a more abstract level of the goal structure, individuals also have purposes in carrying out abduction. Purpose refers to what one wants to accomplish by carrying out the abduction. The accomplishments of these purposes are realized through solving more concrete goals such as the resolution of anomalies. Abductive tasks may have different purposes including allowing further predictions or preventing undesirable events (Leake, 1995). The purpose of abduction affects the action goal. For example, in interpersonal situations in school learning, explanations are given in response to requests to solve puzzles. Thus, responding to a teacher's request constitutes the student's purpose in that situation. To accomplish this purpose, the student's immediate goal is to close the gap reflected in the teacher's request. In other words, the purpose of responding to the request determines the abductive object, which is the problematic aspect of a phenomenon to which the teacher calls attention.

Second, not only do purposes influence the goal of identifying the abductive object, but the condition under which an action is carried out also constrains and shapes the action goal. Such a condition affords opportunities for unfolding the action goal into concrete and realistic actions. The condition includes both the internal and external aspects of human cognition. Externally, the task environment determines the scope and extent to which one can access information (Goodwin, 1995; Hutchins & Klausen, 1996). This is especially the case when we are talking about scientific knowledge (Karpov & Haywood, 1998): The development of technology brings scientists into emerging territories of discovery and in part aids the advancement of

scientific knowledge. Internally, one's competency in respect of his/her knowledge of the subject matter and strategies also determines how far one can go with the investigation. In sum, having access to various scientific instruments and being equipped with a range of scientific knowledge and methods not easily available to others are important factors that distinguish scientists from non-scientists. They lead scientists to attend to phenomena of which non-scientists are not even aware (Williams, Papierno, Makel, & Ceci, 2004).

Besides being hierarchical, goal structures are also multi-faceted. An individual can be committed to different goals at the same time, either actively or passively. For example, students may enter into abductive tasks with different purposes; e.g., demonstrating their ability, pleasing the teacher, or merely finishing the assignment. These different purposes may be held separately or in different combinations. Different goals may come into conflict and lower the individual's commitment to any one of them.

The goal structure is not only a characteristic of the individual, but also of the task, which is defined as "the goal given under certain conditions" (Leontyev, 1979, p. 63). The task goal can be decided both intrinsically and extrinsically. Intrinsically, the task goal may emerge with the goal of problem-solving; extrinsically, the task goal may be assigned by a person other than the problem-solver. Consequently, the goal structure of the task and of the individual may not coincide. This point is especially important in school, where most learning tasks are assigned by the teacher. The incongruence may occur at different levels in the goal structure. Such inconsistencies contribute both to the complexity and to the source of the dynamic of inquiry learning.

In sum, the construction of the goal is very important in triggering and promoting engagement in abduction. But at the same time, the presence of different goals may bring about goal conflict hindering engagement.

### *2.3 Abduction in science education*

#### ***2.3.1 The cognitive aspect: Potential difficulties in deciding action goals***

In cognitive psychological terms, many of the abductive tasks performed in school fall into the category of ill-structured problems, as compared with well-structured problems (Bruer, 1993). Recall that *problem* is a special construct in cognitive psychology. A problem comprises an initial state, a goal state, and operators. The problem-solver is hypothesized to construct a problem representation, which is also called a *problem space*. This includes a set of possible paths that connects the initial state and goal state through the arrangement of different operators. Ill-structured problems are those that do not have ready and clearly defined initial representation in terms of initial state, goal state, and possible solution paths. Identifying the abductive object involves constructing both the initial state and goal state, i.e. deciding what the problem is and the state after resolving it. The construction of the initial state and the construction of the goal state are interdependent. On the one hand, once the observation has been interpreted and the initial state set, the goal state is also determined. On the other hand, because the problem of ill-structure is equivocal and uncertain, it is difficult to interpret the phenomena and construct the initial state. One's purpose will constrain the goal state, which in turn helps to form the initial state.

A correct appreciation of the action goal of abduction entails a correct representation of the problem space. Consequently, the difficulties pertaining to the construction of the problem space in the inquiry task bring about the potential difficulties in deciding the action goals of abduction. In inquiry learning, students are presented with phenomena and are asked to explain them. Such a situation is quite opaque to the students because: (a) they need to identify and determine the problematic aspect in the phenomena upon which their explanation will focus; and (b) the cause of the problem is not presented and has to be inferred. Inquiry learning demands analytical thinking skills such as the ability to evaluate the data and the ability to distinguish between appearance and reality. Not all students can handle these processes without difficulty. In contrast, students have been documented to display various kinds of fallacious reasoning that has led them to misunderstand the task and represent the problem incorrectly (Zeidler, 1997), i.e. students may misrepresent the abductive object, which consequently leads to the misconstruction of the action goal.

Moreover, the process of abduction requires reconstruction of the problem space with the accumulation of new evidences. This process relies on the student's competencies in obtaining and processing new information, for which various cognitive strategies are required. In addition, students must also have the necessary skills for dealing with certain experimental instruments.

### ***2.3.2 The motivational aspect: Various motives of students and their impacts on engagement***

Besides embracing the learning goal assigned by the teacher, students may have varieties of motives at the time of undertaking the task. Not all of those motives are productive - some of them may even be in conflict with the teacher's purpose in having students fulfill the task. The conflicts between goals may lower student commitment to the learning goal, resulting in student disengagement from the task.

First, students are likely to have a self-serving motivation (Klaczynski, 1997) when carrying out abduction. When the outcome of the desirable abduction results in a conclusion that contradicts a strongly held belief or personal theory, students appear to have various negative responses such as discrediting the evidence and hesitating to accept the abductive conclusion (Chinn & Brewer, 1993).

In addition, because many of the tasks involving abduction are perplexing and demand a great deal of effort, students may not necessarily consider the task attractive and worth devoting their energies to. Consequently, students may develop various reactions that indicate their lack of cognitive engagement with the task. First, because many of the inquiry tasks take the form of working in a group, a student may sit back and allow his/her classmate(s) to complete the task. Second, a student may *passively* accept the task and follow what the teacher or other more competent peers say. Students, especially in higher grades, may possibly consider the inquiry task a trick played by the teacher and may have developed methods to cope with this. For example, students may merely parrot the recently taught theories and the recently assigned readings in the hope of stumbling on a *correct* answer, since the content of the inquiry task typically corresponds to the class syllabus. Such a parroting strategy is not desirable because it does not always reflect a genuine understanding of the course material and prevents students from developing critical thinking habits. Moreover,

although students passively accept the scientific principles or theories as assertions of absolute truths, without carefully and critically considering this information, students are unable to apply it in flexible and practical ways. However, although undesirable, this parroting strategy can be transformed and may lead to genuine learning. This topic will be considered later in this paper.

### **3. Metacognition, abduction, and science education**

#### *3.1 Metacognition: From cognition to motivation*

Traditionally, metacognition is defined as cognition about cognition. It refers to one's knowing concerning both cognitive processes and products (Flavell, 1976). Accordingly, Deana Kuhn (1999a, 1999b, 2000) proposes two types of metacognition: metacognitive knowing, and metastrategic knowing. This distinction corresponds to the widely used dichotomy in cognitive psychology between declarative knowledge and procedural knowledge. That is, metacognitive knowing knows *that*, whereas metastrategic knowing knows *how*.

Besides the process vs. product dichotomy, the objects of metacognition as a form of meta-knowing are further expanded in recent study. First, rather than defining metacognition as cognition concerning one's own cognition, Kuhn (1999a) suggests that metacognition can be both personal and impersonal. Personal knowing is knowledge about one's own knowing and impersonal knowing is knowledge about others' knowing.

Second, metacognitive knowing could be further distinguished according to whether its object were specific and situational, or general and more abstract (Kuhn, 1999a, 1999b, 2000). Specific and situational metacognitive knowing deals with one's awareness pertaining to a specific piece of knowledge. That is, what do I know about this topic and what is the source of this knowledge? The general and more abstract metacognition refers to one's epistemological understanding, which deals with one's general understanding of knowledge and knowing. That is, how does anyone know and what does one know about one's own knowing?

Finally, from a cultural-historical perspective, Engeström (1989) calls for attention to be paid to both the contextualized and motivational aspects of metacognition:

a truly high level of metacognitive awareness in learning requires (a) conscious analysis and mastery of not just discrete learning situations but of the continuous activity context in which the situations are embedded (whether they be situated within school-going, work, science, art, or some other activity), (b) not just balancing the components of the learning situation but 'seeing through' the inherent contradictoriness of the learning task, i.e. their double nature as unities of exchange value and use value. (p. 130)

#### *3.2 Metacognition and abduction in science education*

As discussed above, abduction in the school context is associated with various goals, and goal conflicts may occur, hindering student engagement both cognitively and motivationally.

With respect to the cognitive aspect, goal conflicts result in the incorrect construction of abductive goals; this includes both the failure to represent the initial problem space correctly and the failure to obtain and process new information appropriately. Both failures draw students away from engaging in abduction that leads them to the best explanation.

But these failures also indicate opportunities with which instruction can interfere because they point out where the students' knowledge structure and/or problem-solving skills fall short. The key to successful instruction, I would claim, rests upon interventions that improve student metacognition. The importance of metacognition in problem representation and evidence evaluation has been discussed extensively elsewhere (e.g., Bruer, 1993). In relation to abduction, I would like to reaffirm that metacognition aids the correct appreciation of abductive goals and therefore helps to trigger and promote the abductive process.

In regard to the motivational aspect, goal conflicts result in various passive and negative coping strategies in students. Cognitive demands imposed by the abductive task require the efforts of students, whose goal may be to conserve their own cognitive resources. Alternatively, they may simply consider the task uninteresting or not worthwhile completing. Some examples are given below of the coping strategies of students who are disengaged from school learning tasks, highlighting the role of metacognition.

First, students may rely on simple heuristics to solve problems. With increasing metacognitive awareness, students may come to realize that some of their heuristics are unfounded, unproductive or even fallacious. Such awareness, in turn, will direct students towards more desirable, though possibly more demanding, abductive reasoning processes.

Second, students may passively parrot what others (e.g., teacher, more competent peer, or textbook instruction) tell them to be the case. This may not necessarily reflect their unwillingness to commit themselves, but rather their hesitation to voice their own thinking in front of authorities. Because there is only one "officially" correct answer, repeating what is taught is generally safer, even though what they are actually thinking may be quite different. Gradually, students become disengaged from the abductive process in inquiry learning because they have formed an impression that inquiry learning is just one of the many tricks played by the teacher and the teacher only wants the final correct answer. Two reasons related to metacognition might lead to such an impression:

1. It reflects a biased epistemological understanding of the student: Scientific knowledge is about facts derived from reality and is irrefutable; if I think differently then I am wrong and incompetent.
2. It shows that students focus too narrowly on the exchange value of knowledge rather than becoming aware of the contradiction associated with the learning task (Engeström, 1989). That is, students do not realize that although the passive learning strategy may bring them good grades, it deprives them of opportunities to expand the use value of knowledge.

However, with proper instruction, a passive strategy such as parroting can be transformed into more genuine learning. When students are *articulating* (Kuhn & Lao, 1998) the scientific theory or principle - even though they are doing so passively - they

are making the first step toward engagement: they are taking a position. Without such an articulation, students may not even bother to think about those theories or principles. The question left for instruction would then become how to structure the learning context in a way that aids students in defending and justifying their positions. The solution to such a problem, in turn, relies on interventions that facilitate students' metacognition of the cognitive aspect of abduction.

#### 4. Conclusion

This article begins with an examination of both the cognitive and motivational aspects of abduction and highlights the role of goal. Goal is organized in a hierarchical and coherent structure. It is very important in triggering and promoting student engagement in abduction. Commitment to several goals at the same time may bring about goal conflicts, which may hinder student engagement in abductive activity; but they also provide opportunities in which interventions can interfere. Metacognition, as the awareness of both cognitive and motivational states, is proposed to attenuate the negative effects of goal conflicts and lead to genuine learning. Therefore, success in fostering active and critical thinking through inquiry learning rests on interventions that facilitate metacognition. An increase in metacognitive competency is not only a desirable consequence of inquiry learning, but metacognition is also an essential component that safeguards student engagement in inquiry.

#### Reference

- Bracewell, R. J., & Witte, S. P. (2003). Tasks, ensembles, and activity: Linkages between text production and situation of use in the workplace. *Written Communication, 20*(4), 511-559.
- Bruer, J. T. (1993). *Schools for thought: A science of learning in the classroom*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Chinn, C. A., & Brewer, W. F. (1993). The role of anomalous data in knowledge acquisition: A theoretical framework and implications for science instruction. *Review of Educational Research, 63*, 1-49.
- Echevarria, M. (2003). Anomalies as a catalyst for middle school students' knowledge construction and scientific reasoning during science inquiry. *Journal of Educational Psychology, 95*, 357-374.
- Engeström, Y. (1987). *Learning by expanding: An activity-theoretical approach to developmental research*. Helsinki: Orienta-Konsultit.
- Flavell, J. H. (1976). Metacognitive aspects of problem solving. In L. B. Resnick (ed.) *The nature of intelligence* (pp. 231-236). Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum.
- Gendolla, G. H. E., & Koller, M. (2001). Surprise and motivation of causal search: How are they affected by outcome valence and importance? *Motivation & Emotion, 25*, 327-349.
- Goodwin, C. (1995). Seeing in depth. *Social Studies of Science, 25*, 237-274.
- Graesser, A. C., & McMahan, C. L. (1993). Anomalous information triggers questions when adults solve quantitative problems and comprehend stories. *Journal of Educational Psychology, 85*, 136-151.

- Hidi, S., & Harackiewicz, J. M. (2000). Motivating the academically unmotivated: A critical issue for the 21<sup>st</sup> century. *Review of Educational Research*, 70, 151-179.
- Hutchins, E., & Klausen, T. (1996). Distributed cognition in an airline cockpit. In Y. Engeström, & D. Middleton (Eds.), *Cognition and communication at work* (pp.15-34). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Johnson, T. R., & Krems, J. F. (2001). Use of current explanations in multicausal abductive reasoning. *Cognitive Science*, 25, 903-939.
- Josephson, J. R., & Josephson, S. G. (1996). *Abductive inference: Computation, philosophy, technology*. Cambridge; New York: Cambridge University Press.
- Karpov, Y., & Haywood H. (1998). Two ways to elaborate Vygotsky's concept of mediation. *American Psychologist*, 53, 27-36.
- Klaczynski, P. A. (1997). Bias in adolescents' everyday reasoning and its relationship with intellectual ability, personal theories, and self-serving motivation. *Developmental Psychology*, 33, 273-283.
- Kuhn, D. (2000). Metacognitive development. *Current Directions in Psychological Science*, 9, 178-181.
- Kuhn, D. (1999a). Metacognitive development. In L. Balter & C. S. Tamis-LeMonda (Eds.), *Child psychology: A handbook of contemporary issues* (pp. 259-286). Philadelphia, PA: Psychology Press.
- Kuhn, D. (1999b). A developmental model of critical thinking. *Educational Researcher*, 28, 16-26.
- Kuhn, D., Black, J., Keselman, A., & Kaplan, D. (2001). The development of cognitive skills to support inquiry learning. *Cognition & Instruction*, 18, 495-523.
- Kuhn, D., & Lao, J. (1998). Contemplation and conceptual change: Integrating perspectives from social and cognitive psychology. *Developmental Review*, 18, 125-154.
- Lajoie, S. P., Lavigne, N.C., Guerrera, C., & Munsie, S. D. (2001). Constructing knowledge in the context of BioWorld. *Instructional Science*, 29, 155-186.
- Leake, D. B. (1995). Abduction, experience, and goals: A model of everyday abductive explanation. *Journal of Experimental and Theoretical Artificial Intelligence*, 7, 407-428.
- Leontyev, A. N. (1979). The problem of activity in psychology. In James V. Wertsch (Ed.). *The concept of activity in Soviet psychology* (pp. 37-71). New York, NY: M. E. Sharpe.
- Magnani, L. (2001). *Abduction, reason, and science: Processes of discovery and explanation*. New York; London: Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- Williams, W. M., Papierno, P. B., Makel, M. C., & Ceci, S. J. (2004). Thinking like a scientist about real-world problems: The Cornell Institute for Research on Children science education program. *Applied Developmental Psychology*, 25, 107-126.
- Zeidler, D. L. (1997). The central role of fallacious thinking in science education. *Science Education*, 81, 483-496.