



HAL
open science

La sensibilité structurelle des analogies spontanées

Lucas Raynal

► **To cite this version:**

Lucas Raynal. La sensibilité structurelle des analogies spontanées. Psychologie. CY Cergy Paris Université, 2020. Français. NNT : 2020CYUN1094 . tel-03276923

HAL Id: tel-03276923

<https://theses.hal.science/tel-03276923>

Submitted on 2 Jul 2021

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

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



UNIVERSITÉ CY-CERGY PARIS

École doctorale Education-Didactiques-Cognition - ED N°627

Laboratoire PARAGRAPHE (UR-349)

Axe Apprentissage – Développement - Cognition (ADC)

LA SENSIBILITÉ STRUCTURELLE DES ANALOGIES SPONTANÉES

THÈSE

Présentée par Lucas Raynal

En vue de l'obtention du Doctorat de Psychologie

23 novembre 2020

Composition du jury :

| | | |
|---------------------|--|--------------|
| Jean-Pierre THIBAUT | Université de Bourgogne | Rapporteur |
| André TRICOT | Université Paul-Valéry Montpellier III | Rapporteur |
| Karine DUVIGNAU | Université Toulouse II- Le Mirail | Examinatrice |
| Pia RÄMÄ | Université Paris-Descartes | Examinatrice |
| Evelyne CLÉMENT | Université CY Paris-Cergy | Directrice |
| Emmanuel SANDER | Université de Genève | Directeur |

RESUME

L'analogie est un mécanisme fondamental permettant d'interpréter une nouvelle situation à travers des expériences passées. La présente thèse vise à redonner toute sa force à cette affirmation en mettant en avant la capacité à percevoir comme essentiellement similaires des expériences qui ont des apparences différentes. Partant du principe que les analogies sont mises en œuvre à chaque instant par le système cognitif pour traiter l'information nouvelle, un intérêt particulier est attribué à leur manifestation spontanée (i.e. sans incitation explicite par un tiers à effectuer la comparaison), telles qu'elles apparaissent à travers l'assimilation de nouvelles expériences à des conceptions familières stockées en Mémoire à Long Terme (MLT).

Les trois premières études empiriques ont pour objectif de tester l'hypothèse selon laquelle des concepts abstraits familiers sont utilisés pour alimenter un encodage abstrait des situations rencontrées quotidiennement et évoquer des expériences passées en se fondant sur des similitudes structurelles (i.e. un principe abstrait en commun) plutôt que superficielles (i.e. une apparence partagée). Les résultats issus de paradigmes expérimentaux de rappel d'histoires écrites, de rappel de situations filmées et d'évocation libre d'expériences personnelles appuient notre hypothèse, dévoilant que les situations structurellement similaires sont plus fréquemment évoquées que les situations superficiellement similaires. Dans la quatrième étude, nous étudions le développement des concepts abstraits chez le jeune enfant à l'aide de la méthode des Potentiels Évoqués (PE). Nous faisons l'hypothèse que les processus cognitifs et neuronaux impliqués lors du traitement d'approximations sémantiques verbales (ex : « elle *déshabille* l'orange ») par le jeune enfant de 4 ans reflètent le mécanisme par lequel des catégories lexicales aux frontières immatures sont appliquées par analogie à de nouvelles situations. Conformément à notre prédiction, les PE indiquent que les jeunes enfants détectent l'incongruence (effet N400) de verbes inappropriés, mais pas celle des approximations sémantiques.

Les implications de nos résultats sont discutées dans le cadre d'une approche considérant la sensibilité structurelle des analogies spontanées, et les perspectives qui en émergent pour l'étude des mécanismes de compréhension et de développement des catégories sont également abordées.

Mots-clefs : analogie spontanée ; évocation analogique ; encodage abstrait ; similitude de surface ; similitude de structure ; développement des catégories ; catégories lexicales

ABSTRACT

Analogy is a crucial mechanism allowing one to interpret a new situation in the light of past experiences. The present dissertation aims to corroborate this statement by highlighting the ability to perceive apparently different experiences as essentially similar. Based on the idea that analogies are constantly implemented by the cognitive system to process new information, a particular interest will be allotted to their spontaneous expression (i.e. without explicit incitation by someone else to draw the comparison), as they appear through the assimilation of new experiences to familiar concepts stored in long-term memory.

The purpose of the first three empirical studies is to test the hypothesis that familiar concepts are used to drive an abstract encoding of daily-life situations and to retrieve past experiences based on structural similarities (i.e. a shared abstract principle) rather than superficial similarities (i.e. a similar appearance). Results from experimental paradigms of written story-recall, filmed situation-recall and free-recall of personal experiences confirm our hypothesis, revealing that structurally similar situations are more often retrieved than superficially similar ones. In the fourth study, we investigate the development of abstract concepts during early childhood using the Event-Related Potentials (ERPs) method. Our hypothesis is that cognitive and neural processes involved while the 4-year-old child treats verbal semantic approximations (e.g. “she is undressing the orange”) reflect the mechanism through which lexical categories with immature boundaries are applied by analogy to new situations. In line with our prediction, ERP responses suggest that young children detect incorrect verbs incongruence (N400 effect), but not that of semantic approximations.

The implications brought by our results are discussed within a framework that considers the structural anchoring of spontaneous analogies. The emerging perspectives concerning the mechanisms involved in understanding and categories development are also addressed.

Key-words: spontaneous analogy; analogical retrieval; abstract encoding; surface similarity; structural similarity; category development; lexical categories

REMERCIEMENTS

Mes remerciements s'adressent en tout premier lieu à mes deux directeurs de thèse, Evelyne Clément et Emmanuel Sander, qui m'ont si harmonieusement guidé dans mes premiers pas dans la recherche. Merci à tous les deux de m'avoir fourni un cadre si bienveillant et intellectuellement stimulant pour mener à bien ce travail de thèse.

Je tiens également à exprimer ma grande gratitude envers Jean-Pierre Thibaut et André Tricot pour me faire l'honneur d'accepter d'être rapporteurs. Merci pour le temps consacré à l'évaluation de ce manuscrit. Bénéficiaire de leurs expertises respectives est une vraie opportunité, il me tarde de prendre connaissance de leurs regards critiques sur cette thèse.

J'adresse aussi mes remerciements à Karine Duvignau, qui a accepté de faire partie du jury. Ses écrits m'ont grandement influencé au cours de la réalisation de cette thèse, et je me réjouis à l'idée d'échanger avec elle le jour de la soutenance.

Je remercie chaleureusement Pia Rämä d'avoir également accepté de faire partie du jury. J'ai eu la chance de profiter de ses précieux conseils lors de nos diverses rencontres au Babylab, lesquelles ont toujours été très instructives.

Un grand merci à Louise Goyet, pour toutes les transmissions de savoirs et pour son approche didactique de l'EEG, depuis les cours de master jusqu'à la collaboration entreprise ces dernières années au Babylab. J'en profite pour remercier les collègues de l'INCC, et en particulier Thierry Nazzi, de m'avoir accueilli dans ce lieu riche en interactions scientifiques. Merci à l'ensemble des assistants de recherche, des doctorants, des post-doctorants et des chercheurs de ce laboratoire. Merci à Maxine Dos Santos et à Lionnel Granjon, qui ont largement facilité le déroulement de nos études.

J'ai une pensée particulière pour Katarina, Hippolyte, Sebastien et Calliste qui ont contribué à faire de nos séminaires (post)doctoraux un lieu privilégié d'échanges scientifiques et amicaux. Je remercie mes acolytes Katarina et Hippolyte sans qui la thèse aurait été une expérience moins colorée. Merci à Katarina pour ses relectures de fond et de forme, à Hippolyte pour ses conseils avisés, notamment en statistiques. Merci aussi à Sebastien de m'avoir partagé ses expériences de thèse pour me permettre de mener à bien la mienne.

Et enfin, je remercie tout particulièrement celles et ceux qui ont été au plus prêt de moi durant toutes ses années. Merci à ma plus proche de m'avoir aidé à supporter le rythme parfois intense imposé par la thèse et à apprécier d'autant plus les moments de repos passés ensemble. Merci aussi à mes amis pour leur bonne humeur, leur soutien, et leurs belles analogies qui ne cessent d'alimenter mes réflexions. Merci à mon frère pour son aide précieuse et notamment ses relecture de l'anglais. Je remercie mes parents pour leur soutien inconditionnel. Merci à ma mère de m'avoir accompagné dans tous mes apprentissages, merci pour ses relectures éclairées, qui sont toujours aussi appréciables en temps de thèse ! Merci à mon père pour son esprit critique et ses raisonnements affutés, et surtout pour l'espoir qu'il a toujours placé en moi. Pour finir, je suis particulièrement fier de rendre fières mes deux grands-mères. Mes derniers remerciements s'adressent à elles pour tout ce qu'elles représentent à mes yeux.

PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES ASSOCIEES A LA THESE

Chapitre 5

Raynal, L., Clément, E., Sander, E. (2020). Are Superficially Similar Analogs better retrieved than Superficially Similar Analogs?. *Acta Psychologica*, 203, 102989

Chapitre 6

Raynal, L., Clément, E., Sander, E. (InPrep). Retrieving video-taped situations: new evidence for the structural similarity superiority. *Cognitive Science*.

Chapitre 7

Raynal, L., Clément, E., Sander, E. (2018). Structural similarity superiority in a free-recall reminding paradigm. Dans Proceedings of the 40th annual meeting of the cognitive science society, Kalish, C., Ray, M., Rogers, T. Zhu, J. (dir.). *Cognitive Science Society*. Austin, TX.

Chapitre 8

Raynal, L., Sander, E., Clément, E., Rămă, P., Dos Santos, M., Habib, M., Goyet, L. (InPrep). Can an orange be undressed? The ERP correlates of semantic approximations processing in preschool age children. *Brain & Language*.

SOMMAIRE

| | |
|--|-----------|
| Résumé..... | 3 |
| Abstract..... | 4 |
| Remerciements..... | 5 |
| Publications scientifiques associées à la thèse | 7 |
| Sommaire | 8 |
| Introduction..... | 12 |
| Organisation de la thèse | 15 |
| Chapitre 1 : Les deux principales théories relationnelles de l’analogie..... | 18 |
| 1.1. Surface et structure..... | 19 |
| 1.2. La mise en correspondance et les inférences analogiques | 20 |
| 1.1.1. La vision de Gentner et ses collègues | 20 |
| 1.1.2. La vision de Holyoak et ses collègues..... | 27 |
| 1.3. L’évocation analogique | 35 |
| 1.1.1. La vision de Gentner et ses collègues | 35 |
| 1.1.2. La vision de Holyoak et ses collègues..... | 37 |
| 1.4. L’apprentissage | 40 |
| 1.1.1. La vision de Gentner et ses collègues | 40 |
| 1.1.2. La vision de Holyoak et ses collègues..... | 44 |
| Chapitre 2 : Approche empirique classique de l’évocation analogique : vers l’identification d’un déficit d’encodage | 51 |
| 1.1. Le paradigme expérimental classique | 51 |
| 1.1.1. La résolution de problème par analogie | 51 |
| 1.1.2. Le rappel d’histoires écrites | 56 |
| 1.2. Les manipulations expérimentales améliorant l’encodage | 62 |
| 1.1.1. La comparaison entre analogues | 62 |
| 1.1.2. Le rôle du langage..... | 65 |

| | | |
|---|---|------------|
| 1.1.3. | Le statut catégoriel | 68 |
| 1.1.4. | Les supports perceptifs | 69 |
| Chapitre 3 : Processus d'encodage spontané et évocation analogique | | 73 |
| 1.1. | L'encodage superficiel : conséquence d'un paradigme expérimental ?..... | 73 |
| 1.1.1. | Les analogies produites en milieu écologique | 73 |
| 1.1.2. | Le paradigme de production : vers davantage de validité écologique ? | 76 |
| 1.1.3. | Le paradigme de production : un contexte expérimental mal contrôlé ? | 80 |
| 1.2. | Le rôle des connaissances antérieures | 83 |
| 1.1.1. | Connaissances expertes et encodage profond | 83 |
| 1.1.2. | Les effets interprétatifs..... | 85 |
| 1.1.3. | Intervention des sources analogiques dès l'encodage..... | 92 |
| 1.1.4. | Les schémas de l'expérience et l'évocation analogique..... | 95 |
| Chapitre 4 : Développement des catégories par analogie | | 99 |
| 1.1. | Apprentissage des catégories relationnelles et d'objets concrets | 99 |
| 1.1.1. | Les verbes et les noms d'objets concrets..... | 100 |
| 1.1.2. | Le basculement relationnel (relational shift)..... | 103 |
| 1.2. | Comparaison et langage dans l'acquisition des catégories..... | 108 |
| 1.1.1. | Langage et acquisition des noms d'objets..... | 108 |
| 1.1.2. | Le rôle de la comparaison dans l'acquisition des catégories..... | 113 |
| 1.1.3. | Le rôle du langage dans la comparaison | 116 |
| 1.1.4. | Une vision convergente du développement des catégories par analogie..... | 119 |
| 1.3. | Analogies spontanées et acquisition des catégories lexicales | 120 |
| 1.1.1. | Analogies spontanées et catégories familières..... | 120 |
| 1.1.2. | Trajectoire développementale des catégories lexicales..... | 123 |
| 1.1.3. | Les sur-extensions relationnelles..... | 126 |
| 1.1.4. | Alternatives possibles à l'origine conceptuelle des sur-extensions relationnelles | 133 |
| 1.1.5. | Investiguer l'organisation conceptuelle à l'aide de l'onde N400..... | 137 |
| Objectifs et prédictions de la thèse..... | | 142 |
| Chapitre 5 : Les analogues superficiellement différents sont-ils plus facilement | | |
| évoqués que les disanalogues superficiellement similaires ?..... | | |
| 1.1. Introduction | | 147 |
| 1.2. Expérience 1A | | 150 |

| | | |
|--|------------------------------------|------------|
| 1.1.1. | Méthode..... | 150 |
| 1.1.2. | Résultats et discussion | 153 |
| 1.3. | Expérience 1B..... | 154 |
| 1.1.1. | Méthode..... | 155 |
| 1.1.2. | Résultats et discussion | 158 |
| 1.4. | Expérience 2..... | 159 |
| 1.1.1. | Méthode..... | 160 |
| 1.1.2. | Résultats et discussion | 161 |
| 1.5. | Expérience 3..... | 163 |
| 1.1.1. | Méthode..... | 163 |
| 1.1.2. | Résultats et discussion | 164 |
| 1.6. | Expérience 4..... | 165 |
| 1.1.1. | Méthode..... | 165 |
| 1.1.2. | Résultats et discussion | 166 |
| 1.7. | Discussion de l'étude | 167 |
| | | |
| Chapitre 6 : Supériorité structurelle dans l'évocation analogique de situations | | |
| filmées | | 173 |
| 1.1. | Introduction | 173 |
| 1.2. | Expérience 1..... | 175 |
| 1.1.1. | Méthode..... | 176 |
| 1.1.2. | Résultats et discussion | 179 |
| 1.3. | Expérience 2..... | 181 |
| 1.1.1. | Méthode..... | 181 |
| 1.1.2. | Résultats et discussion | 182 |
| 1.4. | Expérience 3..... | 183 |
| 1.1.1. | Méthode..... | 183 |
| 1.1.2. | Résultats et discussion | 184 |
| 1.5. | Discussion de l'étude | 185 |
| | | |
| Chapitre 7 : Supériorité structurelle au sein d'un paradigme d'évocation libre..... | | |
| 1.1. | Introduction | 189 |
| 1.2. | Méthode | 193 |

| | | |
|---|---|------------|
| 1.1.1. | Participants..... | 193 |
| 1.1.2. | Matériel..... | 193 |
| 1.1.3. | Procédure et design expérimental..... | 194 |
| 1.3. | Résultats et discussion | 194 |
| 1.4. | Discussion de l'étude | 198 |
| | | |
| Chapitre 8 : Les approximations sémantiques chez l'enfant d'âge préscolaire : une étude des potentiels évoqués | | 203 |
| 1.1. | Introduction | 203 |
| 1.2. | Expérience 1A | 206 |
| 1.1.1. | Méthode..... | 206 |
| 1.1.2. | Résultats et discussion | 208 |
| 1.3. | Expérience 1B..... | 211 |
| 1.1.1. | Méthode..... | 212 |
| 1.1.2. | Résultats et discussion | 213 |
| 1.4. | Discussion de l'étude | 214 |
| | | |
| Discussion Générale..... | | 219 |
| 1.1. | Résumé des apports de la thèse..... | 219 |
| 1.2. | Implications théoriques | 221 |
| 1.1.1. | Implications pour les modèles dominants de l'analogie | 221 |
| 1.1.2. | À propos de l'hypothèse du monde conciliant (<i>kind world hypothesis</i>)..... | 224 |
| 1.1.3. | Encodage initial et recodage | 225 |
| 1.1.4. | Le rôle de l'analogie dans le développement des catégories | 227 |
| 1.3. | Perspectives et conclusions..... | 229 |
| | | |
| Bibliographie | | 233 |
| | | |
| Annexes..... | | 246 |

INTRODUCTION

Dans une acception commune, le terme « analogie » fait écho aux énoncés à quatre termes du type $A : B :: C : D$, qui se formulent « B est à A ce que D est à C ». Aristote est le premier à s'être intéressé à ces analogies proportionnelles, en étendant la notion d'identité de proportion ($B/A = D/C$) à celle d'identité de relations entre deux paires d'entités. Les termes A, B, C et D peuvent ainsi être remplacés par une variété d'éléments dont on peut donner quelques exemples tels que « main : gant :: pied : ? », « chien : niche :: oiseau : ? », ou encore « France : Paris :: Espagne : ? ». Si les usages de l'analogie étaient restreints à ce type d'expressions, on pourrait penser qu'il s'agit d'un raisonnement utilisé en de rares occasions, impliquant systématiquement quatre termes et menant toujours à une solution univoque. Ce dernier serait donc très précis, mais il s'avérerait inadapté pour faire face à la complexité et à l'ambiguïté des situations que nous rencontrons au quotidien (Hofstadter & Sander, 2013). En fait, même les expressions à quatre termes, qui sont loin d'être représentatives des manifestations les plus courantes de l'analogie, présentent souvent une certaine ambiguïté. Les réponses fournies à des analogies telles que « France : Président :: Royaume-Uni : ? », « téléphone portable : chargeur :: humain : ? », ou encore « football : Zidane :: cinéma : ? », ne mettraient probablement pas tout le monde d'accord et dépendraient certainement à la fois des connaissances et des croyances de chacun ainsi que du contexte dans lequel ces analogies ont été introduites.

L'idée que nous souhaitons maintenant mettre en avant est que les situations $C : D$ sont rencontrées de manière beaucoup plus fréquente qu'il n'y paraît au premier abord (sous une autre forme bien sûr), et qu'un moyen usuel de les appréhender est de les rapprocher d'une ou plusieurs situations $A : B$ rencontrée(s) par le passé. Loin de représenter une forme de raisonnement appliqué occasionnellement, l'analogie constitue un mécanisme essentiel par lequel la perception de similitudes permet de ramener des situations nouvelles – nommées *situations cibles* – à des expériences familières – des *situations sources*. L'analogie constitue un moyen de bénéficier de nos expériences passées pour guider nos comportements à chaque instant. Elle permet d'avoir une intuition très forte, sur la base de nos expériences avec des situations similaires, de la façon dont une lampe jamais vue auparavant peut être allumée, de la raison pour laquelle une personne portant un plateau et un tablier s'approche au moment où l'on s'assoit dans un restaurant, ou encore d'être à même de conduire une voiture d'un modèle différent de celle que l'on conduit habituellement.

La littérature a informé de façon approfondie la capacité à interpréter les analogies. Ainsi, la plupart des études du domaine a investigué les processus qui permettent de dériver l'interprétation adéquate d'une analogie suite à une incitation explicite à comparer deux représentations. Les analogies spontanées par lesquelles une conception source analogue stockée en Mémoire à Long Terme (MLT) est utilisée en l'absence d'incitation explicite à effectuer une comparaison ont fait l'objet de beaucoup moins de travaux. Ces analogies sont pourtant susceptibles de constituer les manifestations les plus fréquentes du raisonnement en question, tel qu'il est mis en œuvre au quotidien face aux nouvelles situations que l'on rencontre à chaque instant. Un décalage apparaît donc dans la littérature entre le postulat communément partagé selon lequel l'analogie constitue l'un des fondements de la pensée humaine et le fait que les analogies spontanées demeurent jusqu'alors assez peu étudiées. Par conséquent, un objectif empirique majeur de la présente thèse sera d'investiguer les mécanismes sous-tendant la mise en œuvre des analogies spontanées.

L'analogie dépend intrinsèquement de la capacité d'abstraction permettant de percevoir des situations comme étant essentiellement les mêmes, malgré un certain niveau de détail divergent. Les analogies entre des situations d'apparences contrastées dévoilent de façon particulièrement flagrante l'abstraction qui caractérise la compréhension des situations. Percevoir la similitude entre un cœur et une pompe, entre un problème de mathématiques à propos de billes et un autre problème impliquant des fruits, ou encore entre un épisode de trahison au sein d'un couple amoureux et une autre situation de trahison dans un milieu professionnel entre des collègues, manifeste la capacité à abstraire une notion commune entre des exemples d'apparences différentes. Ces analogies sont porteuses d'enjeux importants puisqu'elles illustrent la capacité à bénéficier de savoirs acquis dans un contexte spécifique une fois face à de nouvelles situations rencontrées dans un contexte différent. Ainsi, un aspect central de la thèse consistera à documenter les analogies spontanées qui dressent des parallèles entre des situations analogues manifestant des apparences distinctes.

La tendance spontanée à percevoir comme essentiellement similaires des situations ayant des apparences différentes apparaît de manière particulièrement flagrante dans les cas où une situation déclenche l'évocation d'une expérience antérieure (« il m'est déjà arrivé la même chose ! »). Prenons une situation dans laquelle une personne qui est refusée dans une école, suite à un concours d'admission intensivement préparé, dit être soulagée de ne pas avoir à intégrer un établissement si élitiste et fermé d'esprit. Une situation superficiellement différente

qui pourrait être évoquée serait par exemple le souvenir d'une personne qui, tenant absolument à se rendre à un concert de son groupe de musique préféré en tournée dans sa ville, s'aperçoit que les places sont toutes vendues, puis déclare que le niveau sonore est de toute façon insupportable dans ce genre d'événements, et qu'elle préfère les écouter de chez elle. L'évocation d'un tel souvenir reflète la capacité humaine à intégrer des expériences d'apparence contrastées au sein de catégories abstraites faisant ressortir leur similitude. Un label existe d'ailleurs dans la langue anglaise pour décrire la catégorie des situations de *dénigrement de ce qui ne peut être obtenu*, dont les deux situations précédentes sont des exemplaires. Il s'agit de l'expression *sour grapes* (raisins aigres), en référence à la Fable du Renard et des raisins d'Esopé. L'un des buts poursuivis dans le cadre de cette thèse est d'évaluer empiriquement la possibilité que des catégories telles que *trahison*, *bonne surprise* ou encore *qui vole un œuf vole un bœuf*, soient utilisées pour alimenter une compréhension abstraite permettant d'évoquer des analogues aux apparences contrastées.

Compte tenu du rôle des catégories abstraites dans la compréhension des situations, il semble primordial d'informer les processus sous-tendant leur acquisition. Le développement des catégories lexicales par analogie, tout particulièrement tel qu'il s'exprime à travers les approximations sémantiques (ex : « il a cassé le livre », « il déshabille l'orange » ou encore « il mange un café ») constituera l'un des objets de recherche de cette thèse. La question qui est posée est celle de savoir comment, à partir d'un certain nombre d'expériences labellisées de la même manière, le jeune enfant devient capable de généraliser le concept vers des référents présentant des apparences différentes. Par exemple, le très jeune enfant entendra le verbe « casser » dans certaines situations, peut-être suite à la destruction de verres, d'assiettes et de bâtons. Mais comment parviendra-t-il à étendre ce concept vers un jouet en morceaux, comment saisira-t-il un jour que ce concept est également applicable métaphoriquement à une relation amoureuse qui prend fin, mais pas à une feuille de papier ou à un vêtement déchiré ? Un positionnement qui sera adopté dans la thèse consiste à voir le développement des catégories comme étant la conséquence de suite d'analogies. L'idée est que la détection de ressemblances abstraites entre des exemplaires aux apparences variées permet d'appréhender les propriétés fondamentales des concepts. Ainsi, les approximations sémantiques semblent refléter la capacité de l'enfant à appliquer des catégories sur la base de ressemblances abstraites avec certaines situations, alors que les frontières conventionnelles de ces concepts ne sont pas encore tout à fait établies.

ORGANISATION DE LA THESE

Ce manuscrit est destiné à documenter la profondeur des analogies spontanées qui sont produites au quotidien dans le but d'appréhender l'essence des situations rencontrées. La première partie de la thèse est théorique ; elle visera à développer une approche plaçant la capacité à percevoir comme essentiellement similaires des expériences pourtant différentes au centre du processus de compréhension des situations ainsi que du développement conceptuel chez l'enfant. Le volet empirique de la thèse aura pour objectif de fournir des preuves expérimentales mettant en évidence la fréquence avec laquelle des analogies profondes sont produites aussi bien chez l'adulte que chez l'enfant dont le système conceptuel est encore immature.

Le premier chapitre fera apparaître que les deux théories principales de l'analogie considèrent que tout le potentiel de l'analogie s'exprime à travers un processus de mise en correspondance intervenant suite à une incitation explicite à comparer deux représentations maintenues en Mémoire De Travail (MDT). Les deux théories postulent que les ressemblances profondes entre des situations d'apparence différente sont rarement perçues de façon spontanée du fait d'un mécanisme d'évocation en mémoire qui serait principalement guidé par les similitudes superficielles.

Dans l'optique de mieux comprendre les résultats empiriques qui ont mené à cette conclusion, les paradigmes expérimentaux classiques qui ont été employés pour investiguer l'évocation analogique seront examinés dans le second chapitre. Nous verrons que la recherche a convergé vers l'idée selon laquelle les difficultés à évoquer des analogues sur la base de similitudes profondes proviennent d'un processus d'encodage superficiel.

Dans le troisième chapitre, nous remettons en cause les approches dominantes de l'analogie en mettant en avant les recherches ayant proposé que la superficialité de l'encodage et de l'évocation soit une conséquence des paradigmes expérimentaux employés plus que de la nature des processus en eux-mêmes. Nous nous appuierons sur un ensemble d'études expérimentales illustrant le rôle déterminant des connaissances antérieures sur l'encodage pour argumenter que des concepts abstraits issus des expériences passées permettent de percevoir comme étant similaires des situations qui ont des apparences différentes.

Suite à l'exploration du rôle des concepts abstraits dans la compréhension chez l'adulte, nous questionnerons les processus impliqués dans leur acquisition par le jeune enfant (chapitre 4). Afin de prendre en considération l'implication du langage dans le développement conceptuel, une attention particulière sera attribuée au développement des catégories lexicales. La littérature qui suggère que l'analogie et le langage fonctionnent de pair dans le processus d'extraction des régularités abstraites constituant les concepts sera explorée. Il sera proposé que les approximations sémantiques qui transparaissent dans le discours de l'enfant révèlent une capacité précoce à étendre par analogie des concepts qui n'ont pas encore acquis leur forme adulte. Nous verrons que l'étude des Potentiels Évoqués (PE) est susceptible d'apporter des informations précieuses concernant les origines conceptuelles de ces productions enfantines.

Les chapitres suivants constituent la partie empirique de la thèse. Les chapitre 5, 6 et 7 ont pour objectif général d'évaluer la possibilité que des concepts abstraits familiers soient impliqués dans l'encodage de sorte que l'évocation puisse être fondée sur les similitudes structurelles (i.e. un principe abstrait en commun). L'étude présentée dans le chapitre 5 vise plus particulièrement à montrer que les travaux antérieurs mettant en évidence la dominance des similitudes de surface (i.e. une apparence partagée) dans l'évocation analogique ont échoué à évaluer le rôle de ces similitudes de façon indépendante de celui des similitudes de structure. Un ensemble d'expériences ont été menées dans le cadre d'un paradigme expérimental classique de rappel d'histoires écrites afin de tester l'hypothèse alternative de la supériorité de la structure dès lors que les similitudes de surface et de structure sont introduites dans des stimuli expérimentaux différents.

Nous avons cherché à évaluer la possibilité que l'évocation analogique soit majoritairement fondée sur la structure dans le cadre de situations perceptivement riches, telles que celles que nous rencontrons à chaque instant dans notre quotidien. Ainsi, le chapitre 6 présente une étude dans laquelle nous avons construit un paradigme expérimental de rappel de situations filmées. Notre hypothèse était que les similitudes de structure prédomineraient dans l'évocation analogique lorsque les similitudes de surface et de structure seraient introduites dans des stimuli expérimentaux différents.

Une autre étude empirique portant sur le rôle des similitudes de structure dans l'évocation analogique est introduite dans le chapitre 7. Cette étude vise à investiguer l'évocation d'expériences personnelles encodées dans un contexte non expérimental. Nous

avons ainsi mis au point un paradigme d'évocation libre dans lequel les participants reportaient les souvenirs évoqués par une situation cible donnée. Une nouvelle fois, notre hypothèse était celle de la supériorité structurelle.

Compte tenu du rôle des concepts abstraits dans la compréhension des situations, nous avons cherché à informer le processus par lequel ces derniers sont appris par l'enfant. Le huitième chapitre présente ainsi une recherche destinée à informer le rôle de l'analogie dans le développement des concepts abstraits lexicalisés que sont les verbes. Nous nous sommes plus précisément intéressés aux analogies spontanées que sont les approximations sémantiques. Notre étude visait plus précisément à étudier les corrélats neuronaux du traitement de ces énoncés par le jeune enfant de 4 ans. Nos prédictions portaient sur l'amplitude de l'onde N400, reflet de la détection d'une incongruité sémantique. Il était prédit que les jeunes enfants percevraient le caractère incongruent d'énoncés présentant une anomalie, mais du fait de conceptions encore immatures, pas celui des approximations sémantiques.

Les résultats obtenus dans l'ensemble des recherches empiriques de la thèse seront enfin positionnés vis-à-vis des modèles dominants de l'analogie. Les implications de nos études seront discutées dans le cadre d'une approche considérant la sensibilité structurelle des analogies spontanées. Les perspectives qui en émergent pour l'étude des mécanismes de compréhension et de développement des catégories seront également abordées.

CHAPITRE 1 : LES DEUX PRINCIPALES THEORIES RELATIONNELLES DE L'ANALOGIE

Un aspect fondamental de l'analogie, qui lui vaut d'être placée au cœur de la cognition humaine, est qu'elle permet de détecter les similitudes pertinentes entre des notions familières et d'autres moins familières. Lors de l'interprétation d'une analogie telle que « une batterie est comme un réservoir », les similitudes non pertinentes (ex : la forme des deux objets) sont délaissées alors que celles qui justifient l'utilité de la comparaison sont considérées (ex : peut stocker et redistribuer de l'énergie, Gentner, 1983). Un objectif fondamental de la recherche a été d'identifier les mécanismes sous-tendant le processus de mise en correspondance permettant la découverte des similitudes importantes entre deux analogues. Les études ont également tenté d'éclaircir les processus impliqués dans l'inférence analogique régissant le transfert d'une sélection de propriétés associées à une conception familière vers une situation cible caractérisée par une compréhension incomplète. En contraste avec la capacité à interpréter des analogies de façon adéquate, des échecs à remarquer spontanément certaines analogies entre une situation donnée et une conception stockée en MLT ont été mis en évidence. Ceci a initié un ensemble d'études focalisées sur les paramètres conditionnant le succès de la récupération en mémoire d'une expérience passée, qui constitue un prérequis à la mise en oeuvre d'analogies spontanées. Dans l'optique d'améliorer la capacité à généraliser spontanément des savoirs au-delà de contextes spécifiques, un intérêt accru a récemment été attribué au rôle de l'analogie dans l'apprentissage. Ainsi, les processus sous-tendant l'abstraction de concepts à partir d'exemples spécifiques forment actuellement l'objet de nombreuses recherches.

Les deux approches les plus influentes du domaine, celle de Gentner et celle d'Holyoak, seront présentées. Celles-ci proposent des modèles théoriques et computationnels de l'ensemble des sous-processus de l'analogie cités plus haut. Dans ce chapitre, les sous-processus analogiques seront exposés suivant l'ordre dans lequel ils ont été étudiés dans la littérature. Les premières recherches portant sur l'analogie se sont focalisées sur la mise en correspondance analogique, qui forme selon les deux approches le coeur de l'analogie, ainsi que sur le processus d'inférence analogique qui en découle. Les modèles théoriques et computationnels de ces deux sous-processus seront donc abordés en premier. Les deux approches de l'évocation analogique seront ensuite examinées. Une importance secondaire a été attribuée à ce processus relativement

à la mise en correspondance, ce qui s'est traduit par un intérêt plus tardif au sein des recherches. L'apprentissage occasionné par l'analogie est considéré comme une clef à la généralisation des connaissances antérieures. Comme cela a été mentionné plus haut, c'est suite à la mise en évidence des échecs à mettre en oeuvre des analogies spontanées que ce processus a été étudié de façon plus systématique.

Avant de présenter les modélisations des différents sous-processus, il est nécessaire de mettre en avant le point commun fondamental des deux principales approches de l'analogie. Il est généralement reconnu que l'analogie focalise sur les propriétés pertinentes qui constituent la structure des analogues, et qu'elle mène à négliger les propriétés moins importantes, qui forment la surface des situations. Gentner et Holyoak sont parvenus à un consensus plus spécifique selon lequel la structure des situations est constituée de propriétés relationnelles, alors que la surface renvoie aux objets des situations. Par conséquent, les deux théories seront désormais nommées « théories relationnelles de l'analogie ».

1.1. SURFACE ET STRUCTURE

Les théories de Gentner et de Holyoak conçoivent l'analogie comme l'établissement d'un parallèle entre la structure de deux situations, indépendamment de la présence de similitude de surface (Gentner, 1983 ; Gentner et al., 2001 ; Holyoak & Thagard, 1998). La distinction entre la surface et la structure des situations sur laquelle se basent principalement les deux approches est celle qui a été proposée par Gentner (1983). La surface d'une situation renvoie aux objets (ex : le Soleil) et aux attributs d'objet (ex : jaune) qui sont décrits par une situation. Elle recouvre ainsi le contexte, les personnages et les objets. Il s'agit donc des éléments qui sont spécifiques au domaine sémantique de la situation (ex : astronomie, physique, économie, cuisine, etc). La structure d'une situation est composée d'un ensemble de relations abstraites reliant les objets. Cet ensemble compose un système de relations abstraites dépendantes les unes des autres (ex : une planète tourne autour du Soleil parce que le Soleil est plus lourd qu'elle). Plus précisément, la structure est composée de relations entre des objets (relations dites d'ordre 1 ou d'ordre faible, ex : une planète tourne autour du Soleil) et de relations entre des relations (relations dites d'ordre 2 ou d'ordre plus élevé, ex : une planète tourne autour du Soleil parce que le Soleil est plus lourd qu'elle). Ces distinctions ont été décrites dans un langage formel. Les attributs d'objets sont des prédicats à un seul argument (ex : JAUNE (Soleil)). Les relations d'ordre 1 sont des prédicats prenant plusieurs objets pour

arguments (ex : PLUS LOURD QUE (Soleil, planète)). Les relations dites d'ordre 2 sont des prédicats dont les arguments sont des propositions (ex : PARCE QUE {plus lourd que (Soleil, planète), tourne autour (planète, Soleil)}). Cette distinction a par exemple été illustrée avec la célèbre analogie de Rutherford entre le système solaire et la structure de l'atome. Cette analogie suggère qu'un système de relations valable pour le système solaire (les planètes *tournent autour* du Soleil *parce que* le Soleil est *plus lourd qu'*elles) l'est également pour l'atome (les électrons *tournent autour* du noyau *parce que* le noyau est *plus lourd qu'*eux) malgré l'absence de similitude de surface (ex : le noyau atomique n'est pas directement similaire au Soleil).

Ainsi, les deux théories postulent que l'analogie se caractérise par la détection d'un système de relations commun à deux analogues. Un autre point de convergence des deux approches est de reconnaître que le mécanisme de mise en correspondance permet généralement d'identifier la structure commune à deux analogues.

1.2. LA MISE EN CORRESPONDANCE ET LES INFÉRENCES ANALOGIQUES

La mise en correspondance intervient lors de la comparaison explicite de deux représentations maintenues en MDT. Elle consiste à établir les correspondances entre les différents éléments des deux analogues qui sont comparés, afin de donner lieu au transfert de certaines propriétés de la source qui n'ont pas trouvé de correspondance au sein de la cible. Les deux théories relationnelles dominantes partagent l'idée selon laquelle l'étape de mise en correspondance est la plus essentielle et la plus caractéristique du raisonnement analogique.

1.1.1. La vision de Gentner et ses collègues

Principes théoriques

La *théorie de la mise en correspondance structurelle* proposée par Gentner (1983) postule un ensemble de principes auquel la littérature du domaine se réfère souvent. Selon cette théorie, la mise en correspondance procède d'un *alignement structurel* d'une représentation source et d'une représentation cible (Gentner, 1989 ; Gentner & Smith, 2013 ; Gentner & Maravilla, 2018). Ce processus permettrait d'apprécier la structure relationnelle commune aux situations de façon relativement indépendante de la présence de traits de surface similaires. Les objets des analogues seraient ainsi mis en correspondance en fonction de leur rôle dans une relation plutôt qu'en fonction de leur similitude superficielle (Markman & Gentner, 1993). L'alignement structurel des analogues serait guidé par les contraintes de *cohérence structurelle*

et de *systematicité*. La cohérence structurelle impose qu'une propriété d'un analogue ne peut pas être mise en correspondance avec plus d'une propriété de l'autre analogue (*correspondance terme-à-terme*) et que lorsque deux prédicats sont mis en correspondance, leurs arguments doivent également l'être (*connectivité parallèle*), ce qui implique qu'ils partagent le même rôle au sein de la structure relationnelle. Le principe de *systematicité* renvoie quant à lui au fait qu'une relation aura davantage tendance à être conservée dans l'interprétation finale d'une analogie si elle fait partie d'un système plus large de relations, c'est-à-dire lorsqu'elle est reliée à (au moins) une autre relation (par une relation d'ordre plus élevé) (Clement & Gentner, 1991 ; Gentner, Ratterman & Forbus, 1993 ; Gentner & Toupin, 1986).

Bien que la mise en correspondance soit majoritairement guidée par les similitudes structurelles plutôt que superficielles, son déroulement est tout de même facilité lorsque les objets dont les rôles relationnels correspondent sont superficiellement similaires (principe de *transparence* ; Gentner & Kurtz, 2006 ; Gentner & Toupin, 1986).

Il est également défendu que les prédicats doivent être identiques pour être mis en correspondance (principe d'*identité hiérarchisée*, Forbus & Gentner, 2011). Ainsi, dans l'analogie de Rutherford, les prédicats PLUS LOURD QUE (Soleil ; planète) et PLUS LOURD QUE (noyau ; électron) sont mis en correspondance du fait de leur identité. Comme cela sera abordé plus tard, néanmoins, les relations non identiques peuvent faire l'objet d'une correspondance si elles font partie d'un système plus large de relations. Ce principe d'identité hiérarchique est une contrainte sémantique qui permet d'éviter l'établissement de mises en correspondance guidées par des structures purement abstraites (ex : la structure grammaticale de deux phrases telle que sujet-verbe-complément). Ce principe permet de réserver l'établissement de correspondances à des relations conceptuellement similaires et non à des situations qui, bien que partageant une structure isomorphe, présentent des relations conceptuellement différentes (Gentner & Markman, 2006).

Plus récemment, il a été proposé que l'alignement structurel ne mettait pas exclusivement en évidence les similitudes structurelles des analogues, mais également les *différences alignées* qui les distinguent (Gentner & Smith, 2013 ; Gentner & Maravilla, 2018). Ces propriétés décrivent des différences qui ont un rôle identique au sein de la structure des deux analogues comparés. Par exemple, une différence alignée entre une voiture et une moto est que la première possède quatre roues alors que la seconde n'en présente que deux. Au terme

de l'alignement structurel, les différences alignées seraient rendues plus saillantes que les différences non alignées. Ainsi, l'identification d'une différence entre deux situations est plus rapidement mise en œuvre lorsque ces dernières sont très similaires – partageant un système de relations qui laisse apparaître des différences alignées – que lorsqu'elles sont peu similaires (Sagi, Gentner & Lovett, 2012). Ce constat contraste avec le fait bien établi que se prononcer sur l'identité ou la différence (i.e. jugement d'identité/différence) de deux situations est plus rapide dans le cas où les deux situations sont peu similaires que lorsqu'elles sont très similaires.

Dans la théorie de la mise en correspondance structurelle, les inférences analogiques sont une conséquence directe de l'alignement structurel qui a lieu lors de la mise en correspondance (Gentner & Colhoun, 2008 ; Gentner & Smith, 2013 ; Gentner & Maravilla, 2018). Toutes les propriétés de la source qui n'ont pas de correspondance avec la cible ne sont pas projetées. Les inférences sont tirées suivant un processus de complétion de structure par lequel les propriétés qui sont reliées au système de relations partagé par les deux analogues sont constituées en inférences potentielles. Par exemple, si l'on sait que la gravité joue un rôle dans la rotation des planètes autour du Soleil, il est possible d'inférer qu'une force attractive est également impliquée dans la rotation des électrons autour du noyau atomique (en supposant que l'on ignore cette information avant de bénéficier de l'analogie, Forbus, Gentner & Law, 1995). Les inférences ont ainsi davantage tendance à être mises en œuvre lorsqu'elles sont connectées au système de relations partagé que lorsque ce n'est pas le cas (Clement & Gentner, 1991). Par ailleurs, les inférences ne sont produites que sur la base de mises en correspondance terme-à-terme, ce qui évite la projection d'inférences incohérentes (Markman, 1997).

La validité des inférences potentielles est ensuite évaluée. Cette évaluation repose également sur le principe de systémativité. Ainsi, l'inférence paraît plus valide si la proposition inférée est connectée à un large système de relations partagé par les analogues. Gentner et Smith (2013) évoquent d'autres facteurs influençant cette évaluation : la justesse factuelle, l'adaptabilité, la pertinence vis-à-vis du but, ainsi que la quantité de nouvelles connaissances produites. La justesse factuelle renvoie au fait qu'une inférence doit être crédible pour être conservée. Si elle est manifestement fautive, elle sera rejetée. La facilité avec laquelle la propriété inférée peut être adaptée à la cible sera également déterminante pour l'application de l'inférence (ex : la procédure de résolution d'un problème source peut être particulièrement difficile à adapter à un nouveau problème). Par ailleurs, une inférence qui permet d'accomplir un but (ex : une inférence permettant de résoudre un problème cible) sera privilégiée

relativement à une inférence qui n'a pas cette fonction. Le dernier facteur affectant l'évaluation renvoie à la quantité de connaissances nouvelles qui pourraient être produites par l'analogie à propos du domaine cible.

La mise en correspondance dans le modèle computationnel SME

Le modèle computationnel SME (*Structure-Mapping Engine*) a été développé afin de simuler le processus de mise en correspondance selon les principes de la théorie de la mise en correspondance structurelle (Falkenhainer, Gentner & Forbus, 1989 ; Gentner et al., 1993). L'objectif poursuivi dans les recherches de ces vingt dernières années a été de simuler l'intervention de l'analogie à *grande échelle*, c'est-à-dire de façon intégrée à d'autres processus cognitifs dans le cadre d'une variété de tâches dans lesquelles l'analogie a supposément un rôle central (Forbus, Ferguson, Lovett & Gentner 2017).

SME opère sur des représentations structurées formulées dans le langage formel décrit précédemment (prédicat-argument). Une fois les représentations introduites dans le programme, l'algorithme utilisé procède schématiquement en trois étapes de façon « local à global ». La première étape consiste à déterminer toutes les correspondances locales possibles entre les différents éléments des deux représentations. Une correspondance est établie lorsque deux éléments sont identiques ou lorsqu'ils constituent les arguments de prédicats qui ont été mis en correspondance. À ce stade, les correspondances sont établies en parallèle sans tenir compte de la cohérence structurelle puisqu'un élément d'une représentation peut être mis en correspondance avec plusieurs éléments de l'autre représentation.

Dans le but de simuler l'analogie à travers différentes activités et compte tenu du fait que, dans un domaine donné, certains prédicats peuvent être très fréquents et insignifiants (ex : le prédicat ET peut apparaître de nombreuses fois au sein d'une histoire), ces derniers peuvent être marqués « omniprésents ». Le prédicat concerné ne fera pas l'objet d'une correspondance possible, même en cas d'identité avec un prédicat de l'analogie, à moins qu'il constitue l'argument d'un prédicat qui a été mis en correspondance.

De même, les contraintes spécifiques à certaines activités sont considérées par l'intermédiaire de l'introduction de filtres à prédicats. Un filtre à prédicat peut indiquer qu'une correspondance doit être incluse (ex : dans une analogie explicative, certaines correspondances peuvent être données de façon explicite par l'enseignant) ou au contraire qu'elle ne peut pas

être incluse (ex : un sujet peut avoir découvert qu'une correspondance n'était pas fructueuse pour résoudre un problème) dans la mise en correspondance. D'autres filtres peuvent être utilisés pour empêcher strictement les correspondances de prédicats non identiques (ex : lorsqu'un sujet a très peu de connaissances sur un domaine) ou biaiser l'établissement des correspondances vers un type de propriété (ex : la forme des objets dans une tâche d'analogies géométriques).

Lors de la deuxième étape, différents sous-systèmes de correspondances structurellement cohérentes sont composés. Les correspondances structurellement cohérentes sont assemblées en un même sous-système alors que les correspondances structurellement incohérentes sont intégrées au sein de sous-systèmes différents. Un score d'évaluation structurelle est ensuite attribué à chaque sous-système de correspondances en fonction de la profondeur de la structure partagée. Une fraction du score de chaque prédicat est reversée à ses arguments. Les éléments qui font partie d'un système de relations héritent donc d'un score plus élevé que les éléments isolés.

Lors de la troisième étape, les sous-systèmes sont combinés en des systèmes de correspondances globaux. Pour ce faire, le sous-système ayant reçu le plus haut score d'évaluation structurelle est sélectionné, et les sous-systèmes structurellement cohérents avec ce dernier lui sont ajoutés de façon sérielle, de ceux ayant reçu le plus haut score d'évaluation structurelle à ceux ayant reçu le plus faible score d'évaluation structurelle. Les versions précédentes de cet algorithme établissaient toutes les combinaisons de sous-systèmes structurellement cohérents possibles. Ce principe a été modifié du fait du coût cognitif irréaliste imposé par certaines tâches dans lesquelles de nombreux sous-systèmes incohérents sont produits. Par ailleurs, dans certaines tâches, des informations ne sont pas disponibles initialement et ne sont délivrées que progressivement. Pour rendre compte de cette intégration progressive, les informations nouvelles sont intégrées aux sous-systèmes qui ont été construits. Une restructuration totale des sous-systèmes est possible dans les cas où une nouvelle information vient révéler le caractère inadéquat de ceux qui étaient établis jusque-là. Les opérations de SME tendent donc à établir des correspondances structurellement cohérentes et systématiques, privilégiant l'appariement de relations identiques.

La modélisation est compatible avec le principe selon lequel les différences alignées sont rendues plus saillantes par le processus d'alignement structurel que les différences non

alignées. Elle est cohérente avec le fait que l'identification d'une différence spécifique entre deux situations soit plus rapide lorsque ces dernières sont très similaires. Elle l'est également avec le constat selon lequel deux situations sont plus rapidement perçues comme étant différentes lorsque celles-ci présentent peu de similitudes. Le premier phénomène est expliqué à travers la plus ou moins grande fluidité avec laquelle l'alignement structurel peut s'établir. Les différences alignées sont détectées au terme de l'alignement structurel. Or, les situations très similaires sont plus rapidement alignées que les situations peu similaires. En effet, les situations peu similaires entretiennent un grand nombre de correspondances structurellement incohérentes. Cela impose de tester de nombreuses combinaisons de petits sous-ensembles lors de la troisième étape, ce qui ralentit l'alignement structurel. En revanche, la majorité des correspondances entre des situations très similaires sont généralement structurellement cohérentes. Ces correspondances tendent donc à être rassemblées au sein d'un seul sous-ensemble dominant lors de la troisième étape, ce qui permet un alignement plus fluide. En cohérence avec ce raisonnement, SME tend à attribuer un score d'évaluation structurelle (reflétant le degré d'alignement structurel) plus important aux paires de situations pour lesquelles une différence est rapidement identifiée. Le jugement d'identité/différence repose sur le même processus pour les situations très similaires : elle impose de parvenir à une mise en correspondance complète qui mettra en avant les différences alignées. Dans le cas des situations peu similaires, la non-identité peut être détectée dès la première étape suite à l'établissement d'un nombre réduit de correspondances locales (aussi bien au niveau des objets que des relations), bien avant l'établissement d'un alignement complet. Ainsi, SME tend à attribuer un score de correspondances locales d'objets et un score d'évaluation structurelle peu élevés aux situations qui sont rapidement perçues comme étant différentes.

La projection d'inférences potentielles est l'étape finale de la mise en correspondance telle qu'elle est implémentée par le programme SME (Forbus et al., 2017 ; Forbus, Gentner, Everett & Wu, 1997 ; Gentner & Forbus, 2011). Elle opère donc sur des mises en correspondances qui ont été établies de façon structurellement cohérente. Les propositions de la source qui (i) ne constituent l'argument d'aucune autre proposition, (ii) n'ont aucune correspondance au sein de la cible et (iii) présentent des arguments qui sont déjà mis en correspondance, deviennent des inférences potentielles. Deux moyens sont mis en œuvre pour les évaluer. Le premier est un score de soutien qui repose entièrement sur un score d'évaluation structurelle tel que celui qui est calculé pour évaluer la profondeur des sous-systèmes (voir

étape 2 de la mise en correspondance), mais appliqué exclusivement aux correspondances qui soutiennent l'inférence (i.e. qui sont directement connectées à la proposition inférée). Rappelons que chaque correspondance hérite d'une partie du score des correspondances qui les prennent pour argument et que le score opérationnalise donc le principe de systématisme. Le second critère d'évaluation est un score d'extrapolation qui vise à mesurer le gain de connaissance apporté par l'inférence potentielle. Il s'agit du rapport entre le score d'évaluation structurelle des éléments inférés et le score d'évaluation structurelle de tous les éléments reliés à l'inférence (i.e. les correspondances qui soutiennent l'inférence et les éléments qui sont inférés). Dans l'optique d'appliquer l'analogie à un vaste éventail d'activités, Forbus et al. (2017) précisent que dans certains domaines (ex : brainstorming, élaboration de théories), un fort degré d'extrapolation est valorisé, alors que dans d'autres, un plus faible degré d'extrapolation est préférable (ex : dans des situations déjà très familières).

SME a été utilisé pour simuler le rôle de l'analogie dans la comparaison, mais également dans des tâches d'autres domaines, telles que la détection d'incohérences visuelles, les analogies géométriques ou encore le transfert analogique entre problèmes à énoncés verbaux. Dans les travaux initiaux, les représentations étaient directement entrées « à la main » dans le programme au format prédicat-argument, ce qui pose le problème de l'importance du choix effectué par l'expérimentateur dans la formulation des éléments en question (ex : définition de l'ordre caractérisant un prédicat, sélection des prédicats introduits). Plus récemment, des logiciels ont été utilisés pour produire automatiquement, et donc sans intervention de l'expérimentateur, des représentations à partir de stimuli au même format que celui des situations présentées aux participants (i.e. texte en langage naturel ou croquis, Forbus, Usher, Lovett, Lockwood & Wetzel, 2011).

Selon la théorie de Gentner, l'analogie puise donc son efficacité dans un mécanisme de mise en correspondance permettant d'aligner la structure de deux représentations qui sont activement comparées. Cet alignement structurel serait régi par des principes favorisant l'établissement de correspondances systématiques et structurellement cohérentes. La validité psychologique de ces principes est aujourd'hui reconnue par un grand nombre de chercheurs du domaine. Holyoak et ses collègues, qui ont initialement contesté une approche de l'analogie fondée exclusivement sur une distinction syntaxique des propriétés (Holyoak, 1985), intègrent globalement les différents principes proposés par Gentner au sein de leur conception actuelle.

1.1.2. La vision de Holyoak et ses collègues

La théorie des multiples contraintes

Principes théoriques :

À travers leur théorie des contraintes multiples, Holyoak et Thagard ont proposé que le déroulement de la mise en correspondance obéisse à trois types de contraintes : la contrainte structurelle, la contrainte sémantique et la contrainte pragmatique (Holyoak, 2012 ; Holyoak & Thagard, 1989 ; 1995). L'analogie serait le plus facilement mise en œuvre lorsque les trois contraintes convergent vers l'établissement des mêmes correspondances.

La contrainte structurelle renvoie à l'idée d'alignement structurel émise par Gentner, selon laquelle la mise en correspondance tend à établir des connexions au niveau de la structure des analogues. Les correspondances sont établies de façon à préserver la cohérence structurelle (correspondance terme-à-terme et connectivité parallèle) et la systémativité.

La contrainte sémantique indique qu'une similitude sémantique entre deux éléments favorise leur mise en correspondance. Les similitudes sémantiques décrivent un recouvrement dans la signification de deux concepts, tel que c'est le cas lorsqu'ils partagent une relation de synonymie, d'hyponymie (appartenance à une même catégorie) ou de méronymie (relations partie-tout) (Thagard, Holyoak, Nelson & Gochfeld, 1990). Ces dernières ne sont pas strictement équivalentes aux similitudes de surface (objets et attributs d'objets communs) en ce qu'elles peuvent concerner des relations (ex : la similitude entre savoir et comprendre).

Selon Holyoak, les analogies sont avant tout utilisées afin d'atteindre des buts tels qu'expliquer des idées, résoudre des problèmes, convaincre, formuler des hypothèses, etc (Holyoak & Thagard, 1995). L'établissement de correspondances qui possèdent une pertinence vis-à-vis de l'achèvement du but serait donc privilégié; c'est la contrainte pragmatique. Par exemple, lorsque la situation de Cuba est utilisée pour appréhender par analogie celle du Nicaragua dans les années 1990, la mise en correspondance serait différente en fonction de l'objectif poursuivi par celui qui fait l'analogie. S'il s'agit de prédire l'avenir politique du Nicaragua, la mise en correspondance serait probablement centrée sur les similitudes concernant les déterminants politiques des deux systèmes (ex : ressemblance entre Fidel Castro et Daniel Ortega). À l'inverse, s'il est question de se positionner sur la possibilité de cultiver des champs de cannes à sucre au Nicaragua, la mise en correspondance serait plutôt orientée

sur les similitudes en terme de propriétés climatiques des deux pays (ex : température, précipitations). À la différence de Gentner, Holyoak postule donc que la mise en correspondance privilégie les informations ayant une pertinence pragmatique, et exerce donc un premier filtre favorisant la production d'inférences adaptées au but poursuivi (Spellman & Holyoak, 1996).

La production d'inférences est vue comme la finalité principale de l'analogie. Dans cette théorie, la satisfaction de la contrainte structurelle n'est pas le seul critère limitant la génération d'une inférence potentielle sur la cible. Le statut de la relation connectant une propriété au sein de la source aurait une influence sur sa propension à être inférée vers la cible. Plus précisément, les relations causales auraient une influence particulière sur la mise en œuvre d'une inférence. La contrainte pragmatique s'exerçant sur la mise en correspondance aurait pour conséquence que les inférences soient généralement correctes. Cependant, les analogies feraient souvent intervenir des analogues dont les structures ne coïncident que partiellement, ce qui rend nécessaire d'évaluer si les différences entre les analogues ont un impact sur la solution que l'on envisage de mettre en œuvre pour atteindre le but poursuivi (Holyoak & Thagard, 1995). L'évaluation se ferait par l'action conjointe de la contrainte structurelle et de caractéristiques propres au type de but poursuivi. Son résultat pourrait prendre différentes formes : l'acceptation de l'analogie, le rejet de l'analogie, ou l'acceptation de l'analogie à condition que la solution suggérée par la source soit adaptée aux ressources spécifiques caractérisant la cible ainsi qu'en fonction des connaissances dont on dispose à son sujet.

La mise en correspondance dans le modèle computationnel ACME :

Holyoak et Thagard (1989) ont mis au point le modèle computationnel ACME (pour *Analogical Constraint Mapping Engine*) afin de simuler le processus de mise en correspondance en tenant compte de l'influence des trois contraintes identifiées. Des représentations de type symbolique, formulées dans le langage prédicat-argument, sont introduites dans le programme. Un algorithme connexionniste établit ensuite un réseau de correspondances potentielles entre les analogues, représentées par des nœuds associés à un certain niveau d'activation. Les différentes contraintes s'exercent sur les correspondances par l'intermédiaire de liens symétriques excitateurs ou inhibiteurs reliant chaque nœud. Toutes les correspondances possibles sont d'abord créées entre les éléments de même type (i.e. prédicat à deux arguments, prédicat à un argument et objet). Dans le cas d'une analogie entre des

problèmes, l'établissement des correspondances est également restreint aux éléments représentant une même partie du problème (état initial, but, ressources, contraintes, etc). Des connexions sont ensuite établies entre les nœuds de correspondance afin d'appliquer la contrainte structurelle. Des connexions excitatrices sont ainsi établies entre les nœuds de correspondance des arguments et les nœuds de correspondance concernant leurs prédicats. D'autre part, des connexions inhibitrices sont créées entre les nœuds de correspondance associant un même élément d'un analogue à différents éléments de l'autre analogue. Les contraintes sémantique et pragmatique sont toutes deux appliquées à travers l'introduction d'un nœud entretenant une connexion excitatrice avec certaines correspondances. L'activation des nœuds de correspondance concernant des éléments considérés comme étant sémantiquement similaires est augmentée par le biais d'une connexion avec le nœud sémantique. De la même façon, l'activation des nœuds de correspondance impliquant des éléments indiqués comme ayant une importance pragmatique est augmentée par un lien établi avec le nœud pragmatique. Au cours de chaque cycle d'activité du réseau, l'activation des nœuds de correspondance est actualisée de façon parallèle en fonction des liens excitateurs et inhibiteurs entretenus avec les autres nœuds. Au terme d'un certain nombre de cycles, les nœuds de correspondance atteignent une valeur d'activation stable. La correspondance retenue pour chaque élément est définie par le nœud qui possède le plus haut niveau d'activation.

La théorie des multiples contraintes est donc assez proche de la théorie de Gentner en ce qu'elle reconnaît également l'intervention d'un mécanisme biaisant la mise en correspondance vers la découverte d'un système de relations commun aux analogues. Elle admet néanmoins que d'autres pressions s'exercent sur l'établissement des correspondances, telles que la similitude sémantique entre les éléments ou l'importance pragmatique de considérer une correspondance.

La mise en correspondance dans le modèle théorique et computationnel LISA

Le modèle théorique et computationnel développé par Holyoak et ses collègues qui fait le plus référence de nos jours, est LISA, pour *Learning and Inference with Schemas and Analogies* (Hummel et Holyoak, 1997 ; 2003)¹. LISA décrit un modèle computationnel du

¹ DORA, qui a été développé plus récemment, utilise essentiellement le même programme, augmenté d'un algorithme permettant d'apprendre les représentations sur lesquelles LISA opère (Dumas, Hummel &

raisonnement relationnel basé sur des rôles. Selon les auteurs, les structures relationnelles sur lesquelles se basent les analogies sont représentées par l'intermédiaire de l'association des objets à leur rôle abstrait. Par exemple, « John aime Mary » serait représenté à travers l'association du rôle « amoureux » à John et du rôle « bien aimée » à Mary, ce qui permettrait de percevoir des similitudes avec « Bill aime Susan ». La spécification des rôles permettrait de mettre John en correspondance avec Bill et non avec Susan. L'analogie aurait vocation à produire des inférences à propos d'un objet en se fondant sur sa similitude avec un autre objet, non pas au niveau de propriétés perceptives, mais au niveau d'un rôle abstrait. Il est défendu qu'une analogie entre des cas spécifiques procède fondamentalement du même mécanisme que l'application de catégories plus larges qui associent également des entités à des rôles (ex : tel objet est associé au rôle de *barrière*).

L'analogie est simulée en tenant compte des trois contraintes identifiées par la théorie des multiples contraintes. Le modèle considère également les limites imposées par la MDT dans la mise en correspondance analogique (Hummel & Holyoak, 1997 ; 2003). En effet, la représentation des structures relationnelles et leur mise en correspondance reposeraient sur des ressources attentionnelles limitées (Waltz, Lau, Grewal et Holyoak). L'établissement de correspondances superficielles serait quant à lui moins coûteux.

LISA a été élaboré de façon à tenir compte des contraintes psychologiques identifiées dans les travaux expérimentaux sur l'analogie au sein d'une architecture plausible au niveau neuronal (voir Knowlton et al., 2012). Il s'agit d'un modèle de type symbolique-connexionniste dans lequel des structures relationnelles explicites (i.e. spécifiant le statut relationnel des propriétés) sont représentées à travers des patterns d'activations sémantiques distribuées.

Chaque analogue est représenté en MLT à travers une structure hiérarchique composée de quatre niveaux d'unités : les unités sémantiques, les unités d'objets et de rôles, les unités d'association rôle-objet et les unités de proposition. Au premier niveau, les unités sémantiques constituent les traits sémantiques associés à chaque objet et à chaque rôle. Par exemple, dans la proposition « John aime Mary », les unités sémantiques associées à John sont *adulte, humain, mâle*, celles associées au rôle amoureux sont *acteur, émotion positive, émotion forte*, etc. Pour

Sandhoefer, 2008 ; Dumas & Martin, 2017). Ce modèle sera présenté dans la section traitant de la modélisation de l'apprentissage par analogie.

être maintenus distincts, les rôles et les objets puisent leurs unités sémantiques dans des ensembles différents. Au second niveau, les objets et les rôles sont représentés indépendamment (ex : *John, amoureux, Mary, bien-aimée*) au sein d'unités d'objet et de rôle qui sont reliées à leurs unités sémantiques par des liens excitateurs bidirectionnels. Les unités d'association rôle-objet constituent le niveau supérieur. Ce sont elles qui accomplissent la fonction de relier chaque objet à son rôle (ex : *John* à *amoureux*). Elles sont connectées aux unités d'objets et de rôle qu'elles relient par des liens excitateurs bidirectionnels. Au sommet de la hiérarchie, une unité relie les sous-propositions pour représenter une proposition complète (ex : « *John aime Mary* »). Les unités de proposition sont également reliées à leurs unités d'association rôle-objet par un lien excitateur bidirectionnel. Par ailleurs, des unités de correspondance établies pendant la mise en correspondance relient toutes les unités de même type (i.e. proposition, association objet-rôle, objet ou rôle) des deux analogues.

Lorsqu'une proposition d'un analogue cible s'active en MDT, les associations rôles-objets ne sont plus représentées uniquement de façon statique par les unités qui les codent, mais également de façon dynamique grâce à un mécanisme d'activation par oscillation synchrone. L'activation synchrone d'un objet et d'un rôle marque leur association, alors que leur activation asynchrone les maintient isolés. Suite à une excitation constante provenant de la proposition, les unités d'association rôle-objets, qui partagent des liens inhibiteurs entre-elles, sont en compétition pour entrer en activation. Après que l'une d'entre-elles s'est activée pendant une certaine période, elle s'inhibe elle-même de façon temporaire de sorte qu'une autre peut s'activer à son tour. Les niveaux d'activation des différentes unités d'association rôle-objet oscillent ainsi de façon asynchrone. L'activation asynchrone des unités d'association rôle-objet se traduit par des activations asynchrones des paires de rôle et objet qu'elles relient, ainsi que des patterns d'unités sémantiques propres à ces derniers éléments.

Le mécanisme d'activation synchrone impose une limite naturelle au nombre d'associations rôle-objet qui peuvent être représentées simultanément. En effet, pour être maintenues simultanément en MDT, les unités d'associations rôle-objet doivent être activées de façon asynchrone. Le processus d'association par activation synchrone se déroulerait au sein des fréquences gamma (40Hz) dans lesquelles un neurone génère un pic toutes les 25 ms. La précision temporelle d'un pic étant d'environ 5 ms, le nombre de fréquence d'oscillation distinctes qui peuvent être maintenues serait de 5, ce qui permettrait de maintenir 4 à 6 associations rôle-objet (2-3 propositions) simultanément en MDT. Le mécanisme d'association

rôle-objet par activation synchrone fournit donc un principe qui tient compte des limites qu'impose la MDT au raisonnement analogique.

Le traitement des propositions contenant une relation d'ordre élevé (ex : « Sam sait que John aime Mary ») est proche de celui accordé aux propositions reliant deux objets. La particularité est que la proposition d'ordre plus élevé et la proposition simple qui lui sert d'argument ne sont pas activées simultanément, mais l'une après l'autre (ex : « Sam sait que X », puis « John aime Mary »).

Dans LISA, la mise en correspondance est initiée à travers un processus d'appariement de patterns d'activations sémantiques. L'activation d'une proposition de la cible donne lieu à des patterns d'activations d'unités sémantiques. Les unités composant la source analogique qui se trouve en mémoire active (un sous-ensemble actif de la MLT) vont entrer en compétition pour répondre aux activations sémantiques produites par la cible. Les objets et les rôles de la source qui ont le plus d'unités sémantiques en commun avec les objets et les rôles de la cible vont donner lieu à l'établissement d'une correspondance suite à leur activation simultanée (i.e. en synchronie). Au cours de la mise en correspondance, des connexions sont apprises entre les unités de la source et de la cible qui sont activées simultanément lorsqu'elles sont de même type. Le poids attribué à ces connexions de correspondance augmente avec l'activation conjointe des unités correspondantes. Il baisse également en fonction de l'activation conjointe d'une des unités avec d'autres unités dans le but d'appliquer le principe de correspondance terme-à-terme. L'apprentissage de ces connexions va influencer l'établissement des correspondances ultérieures, favorisant ainsi la cohérence structurelle de la mise en correspondance.

Par défaut, LISA traite les propositions d'un analogue cible selon l'ordre dans lequel elles apparaissent (ex : dans un texte) et de façon sérielle (i.e. une par une). De plus, l'ordre de traitement et le regroupement de propositions en MDT peuvent être modifiés. Le marquage de l'importance pragmatique d'une proposition permet d'augmenter la probabilité que celle-ci s'active. De la même façon, les propositions qui partagent un argument ou qui sont reliées par une relation d'ordre plus élevé ont plus de chance de s'activer simultanément en MDT. L'ordre de traitement et la considération conjointe de propositions ont un effet déterminant sur les correspondances qui sont établies. En effet, si une connexion a été apprise entre deux unités, la correspondance sera maintenue lorsque l'unité de la cible s'activera de nouveau dans le cadre

d'une autre proposition. Prenons l'exemple dans lequel la proposition cible « Sam sait que John aime Mary » peut être mise en correspondance avec « Joe sait que Bill apprécie Susan » ou avec « Robert apprécie Beth ». Au moment où la proposition « Sam sait que X » est considérée, une connexion est apprise avec la proposition « Joe sait que Y », reliant donc X à Y. Lorsque « John aime Mary » sera considéré, la mise en correspondance avec « Bill apprécie Susan » sera privilégiée relativement à celle avec « Robert apprécie Beth » du fait de la connexion qui a été précédemment apprise entre les deux premières propositions. Les correspondances établies lors de la mise en correspondance ne sont donc pas uniquement influencées par les connexions sémantiques préexistantes, mais également par les connexions qui sont apprises au cours du processus. L'apprentissage des connexions favorise donc l'établissement d'une mise en correspondance structurellement cohérente.

Hummel et Holyoak (2003) ont étendu LISA afin de simuler la production d'inférences. Les inférences sont produites à partir du moment où une proportion importante de la structure de la cible est mise en correspondance avec celle de la source (70% de ses éléments). Lors de cette étape, ce sont les propositions de la source qui s'activent de façon sérielle en MDT. Lorsque des unités de la source s'activent et ne possèdent aucune correspondance au sein de la cible, des unités sont créées pour pallier leur absence. Les nouvelles unités de la cible sont alors reliées par des liens excitateurs entre les unités qui s'activent en synchronie avec celles-ci (i.e. entre les unités d'association rôle-objet, de rôle et d'objet ainsi qu'entre les propositions et leurs unités d'association rôle-objet).

De plus, les unités de la source qui sont marquées d'une importance pragmatique ou celles qui sont reliées par une relation d'ordre plus élevé ont plus de chance de s'activer. Du fait de leur activation plus fréquente et plus précoce, ces unités sont celles qui ont le plus de probabilité de déclencher des inférences vers la cible.

La théorie qui sous-tend LISA se situe donc dans le prolongement de la théorie des multiples contraintes puisqu'elle reconnaît que la mise en correspondance permet la découverte de la structure relationnelle préservée par deux analogues, tout en étant influencée par les similitudes sémantiques et l'importance pragmatique des similitudes. Une différence importante vis-à-vis de la théorie des multiples contraintes et la théorie de Gentner réside néanmoins dans la considération des limites imposées par la MDT dans l'établissement de la

mise en correspondance, ainsi que dans la prise en compte des mécanismes neuronaux susceptibles de contraindre le raisonnement analogique.

Intégration des modèles causaux et de l'inférence analogique

Plus récemment, il a été proposé que les inférences analogiques soient guidées par le *modèle causal* qui est construit à propos de la source (Holyoak et Lee, 2017 ; Holyoak, Lee & Lu, 2010). À la différence d'une représentation purement syntaxique, un modèle causal spécifie à la fois une structure causale (i.e. la direction des relations de cause à effet), la puissance causale de chaque relation et la façon dont un ensemble de causes en interaction influencent un effet. La puissance causale d'une relation spécifie la polarité du lien qui indique si une cause est générative (i.e. une cause qui produit un effet) ou préventive (i.e. une cause qui prévient un effet). La puissance causale absolue évalue le degré plus ou moins important avec lequel une cause détermine l'effet. Les modèles causaux peuvent être utilisés pour produire deux types d'inférences causales : des prédictions causales (i.e. prédire un effet à partir de causes identifiées) ou des attributions causales (i.e. prédire une cause à partir d'un effet identifié). La génération d'une inférence analogique se déroulerait en quatre étapes. La première est la construction d'un modèle causal de la source. Puis, le modèle causal de la source est mis en correspondance avec le modèle causal incomplet de la cible. La structure causale et la puissance causale associée à chaque relation sont ensuite transférées vers la cible afin d'en construire (i.e. compléter) le modèle causal. Enfin, le modèle causal de la cible peut être utilisé pour produire des inférences causales. Ce modèle permet d'expliquer que les connaissances causales puissent moduler la confiance caractérisant une inférence analogique indépendamment des similitudes structurelles et sémantiques de la source et de la cible. Par exemple, une source peut manifester un effet en présence de deux causes génératives malgré la présence d'une cause préventive. Le degré de confiance concernant la présence du même effet au sein d'une cible préservant les deux causes génératives sera modulé par la présence ou l'absence de la même cause préventive que dans la source. Plus précisément, l'absence de la même cause préventive augmente la probabilité que l'effet soit également présent au sein de la cible, alors même que celle-ci réduit la similitude structurelle et sémantique entre les deux analogues (Lee & Holyoak, 2008). Holyoak et al. (2010) ont étendu un modèle Bayésien de l'apprentissage causal au domaine des inférences analogiques afin de prédire ce type de phénomènes. Ces travaux se situent dans la continuité des différentes théories élaborées par Holyoak et ses collègues en ce qu'ils mettent en évidence que les processus analogiques ne sont pas exclusivement guidés par le principe de

systematicité, mais que certaines informations ayant une pertinence pragmatique particulière (ex : les relations causales) sont considérées de façon privilégiée.

Globalement, il apparaît que les deux principales théories relationnelles considèrent que la mise en correspondance analogique permet de découvrir la structure commune à deux représentations qui sont comparées en MDT. Bien qu'elles diffèrent au niveau du rôle attribué aux similitudes sémantiques et aux similitudes ayant une importance pragmatique dans la mise en correspondance, elles reconnaissent toutes deux que les correspondances structurelles peuvent être établies en l'absence de similitude de surface entre les analogues. Ces postulats justifient la vision selon laquelle la comparaison explicite de représentations en MDT constituerait la manifestation la plus caractéristique des capacités analogiques humaines. Néanmoins, le succès de l'évocation analogique est une condition nécessaire pour mettre en oeuvre des analogies de façon spontanée avec des situations stockées en mémoire. C'est la raison pour laquelle les deux approches ont cherché à informer le fonctionnement de ce processus.

1.3. L'ÉVOCATION ANALOGIQUE

L'évocation analogique est considérée comme étant le processus permettant la récupération en mémoire d'une représentation source préalablement à sa mise en correspondance avec une représentation cible. Les deux théories présentées s'accordent à décrire ce mécanisme comme étant moins élaboré que la mise en correspondance. En effet, les caractéristiques de l'évocation analogique seraient responsables des échecs observés à détecter des analogies de façon spontanée.

1.1.1. La vision de Gentner et ses collègues

Principes théoriques

La théorie de la mise en correspondance structurelle indique que la mise en correspondance est majoritairement guidée par les similitudes structurelles, et que les objets peuvent être ainsi appariés en fonction de leur rôle abstrait au sein de la structure en l'absence de similitude de surface (Gentner, 1989 ; Gentner & Smith, 2013 ; Gentner & Maravilla, 2018). À l'inverse, il est défendu que l'évocation d'un analogue en mémoire échoue fréquemment en

l'absence de similitude de surface. En fait, l'évocation serait principalement guidée par les similitudes de surface, avec la conséquence que des situations superficiellement similaires mais structurellement différentes, nommées correspondance de simple apparence, seraient fréquemment évoquées. Les situations qui combinent similitude de surface et de structure, manifestant ainsi une similitude dite littérale, sont considérées comme étant celles qui sont le plus souvent évoquées.

L'origine du caractère défaillant de l'évocation analogique est située au niveau des processus d'encodage. En effet, la supériorité de la surface serait due à un encodage contexte-spécifique se focalisant sur les traits de surface des situations (Gentner, Loewenstein & Thompson, 2003). Plus précisément, une explication qui a été proposée récemment est que les relations seraient encodées de façon variable en fonction du contexte (ex : la relation *laisser tomber* serait représentée différemment dans « laisser tomber une cuillère » et dans « laisser tomber une photographie »), alors que les objets seraient encodés de façon plus stable (Jamrozik & Gentner, 2020). La présence d'une même relation serait donc plus difficilement détectable qu'un invariant d'objet à travers différents contextes.

L'évocation analogique dans le modèle computationnel MAC/FAC

Le modèle computationnel MAC/FAC (Many Are Called, Few Are Chosen) a été introduit par Forbus et al. (1995) afin de simuler le processus d'évocation analogique. Il prend en compte six contraintes issues de la théorie des auteurs (voir aussi Gentner et al., 2009). Pour permettre la mise en correspondance qui lui succède, le programme opère sur des représentations structurées (i) et intègre des processus de la mise en correspondance structurelle (ii). En cohérence avec les postulats concernant l'évocation analogique, le programme restitue la primauté des correspondances littérales (iii), la supériorité de la surface (iv), la faible fréquence des évocations d'analogues superficiellement différents (v) et enfin la possibilité de sélectionner une source au sein d'un vaste ensemble de souvenirs stockés en mémoire à long terme (vi).

Le modèle procède schématiquement en deux étapes successives, la première (MAC) appliquant un filtre superficiel qui consiste à sélectionner un sous-ensemble de sources parmi un large ensemble de souvenirs, et la seconde (FAC) renvoyant à un processus plus élaboré qui prend en compte la structure des sources sélectionnées. MAC associe un contenu vectoriel à la cible traitée et à chaque source en mémoire afin de répertorier tous les concepts mentionnés

dans la description de ces situations. Un poids total, identique pour chaque situation, est distribué aux différents concepts répertoriés en fonction de leur nombre d'occurrence(s) (le prédicat PARCE QUE peut par exemple être répertorié quatre fois dans une situation). Un score est alors attribué à chaque source à partir du produit scalaire entre son contenu vectoriel et celui de la cible. Les trois sources qui contiennent le score le plus élevé sont sélectionnées pour la seconde étape. FAC engage essentiellement le même algorithme que celui qui est utilisé par SME, établissant ainsi un alignement structurel avec les sources ayant passé la première étape et leur attribuant un score de similitude. Cette étape intègre un module supplémentaire afin d'identifier la source (au maximum trois), parmi celles qui ont été précédemment sélectionnées, qui possède la similitude de structure la plus importante avec la cible.

1.1.2. La vision de Holyoak et ses collègues

La théorie des multiples contraintes

Principes théoriques :

Tout comme la mise en correspondance, l'évocation analogique est considérée par la théorie des multiples contraintes comme étant guidée par les contraintes sémantique, structurelle et pragmatique (Thagard et al., 1990). Cependant, à la différence de la mise en correspondance, la contrainte sémantique aurait une influence prépondérante lors de l'évocation d'un analogue. En effet, l'évocation analogique serait principalement guidée par la similitude sémantique entre les analogues. Le rôle prépondérant des similitudes de surface serait donc dû au fait qu'elles constituent des connexions sémantiques entre les analogues. Les similitudes structurelles exerceraient également une influence, bien que secondaire, sur l'évocation analogique. Plus précisément, il est proposé que les similitudes structurelles améliorent la probabilité d'accéder à une source en mémoire lorsque que celle-ci partage déjà des similitudes sémantiques avec la cible. L'influence des similitudes pragmatiques est également suggérée du fait de la nécessité de privilégier l'évocation de sources qui présentent des similitudes au niveau des propriétés de la cible qui sont pertinentes pour atteindre un but. Par ailleurs, le caractère « compétitif » de l'accès analogique est également mis en avant. En effet, la sélection d'un analogue en mémoire mènerait à inhiber l'évocation d'autres analogues moins pertinents.

L'évocation analogique dans le modèle computationnel ARCS :

Le modèle computationnel ARCS (Analog Retrieval by Constraint Satisfaction) a été élaboré pour simuler un mécanisme d'évocation analogique respectant les principes de la théorie des contraintes multiples. Il procède globalement en deux étapes consistant dans un premier temps à sélectionner des sources en tant que candidats potentiels à l'évocation sur la base de similitudes sémantiques uniquement, puis à appliquer l'ensemble des contraintes afin de sélectionner la source la plus pertinente pour l'évocation. Le programme utilise le logiciel de référencement lexicale WordNet pour évaluer les similitudes sémantiques entre chaque prédicat de la cible et des différentes sources. Le logiciel associe aux concepts représentant les prédicats une liste de voisins sémantiques. Une source est pré-sélectionnée si elle possède au moins un prédicat sémantiquement similaire à un prédicat de la cible. Un nœud est alors établi pour représenter la correspondance globale entre cette source et la cible. La contrainte structurelle est appliquée par différents moyens. Des connexions excitatrices sont établies en cascade entre les nœuds reliant les analogues et les nœuds faisant correspondre leurs propositions, entre les nœuds de propositions et les nœuds reliant leurs prédicats, et entre les nœuds de prédicats et les nœuds connectant leurs arguments. Par ailleurs, des connexions inhibitrices sont introduites entre les nœuds qui sont incompatibles avec le principe de correspondance terme-à-terme. La contrainte pragmatique est instituée à travers la création d'un nœud pragmatique établissant une connexion excitatrice avec les nœuds indiquant une correspondance présumée importante ou une correspondance entre des éléments considérés comme étant importants vis-à-vis du but (i.e. tous les prédicats décrivant le but ou les conditions pour atteindre ce but). Un nœud sémantique est également créé et relié par une connexion excitatrice aux nœuds décrivant une correspondance entre des éléments sémantiquement similaires. Le caractère compétitif de l'évocation analogique est matérialisé par des connexions inhibitrices entre les nœuds représentant une correspondance globale entre la cible et des sources différentes. Le réseau est mis en activité de façon à ce que les nœuds actualisent leur niveau d'activation en parallèle, en fonction des connexions entretenues avec les autres nœuds. La source qui est considérée comme étant récupérée par le programme est celle dont le nœud de correspondance globale avec la cible présente l'activation la plus élevée.

L'évocation analogique dans le modèle théorique et computationnel LISA

LISA modélise l'accès en mémoire et la mise en correspondance de façon très proche, à deux exceptions près. La première est que les activations sémantiques qui sont produites par les propositions de l'analogie cible en MDT sont propagées non plus uniquement en mémoire active, où ne réside qu'un seul (ou quelques-uns tout au plus) analogue, mais en MLT, où une très grande quantité d'analogues sources sont stockés. La seconde est qu'aucune connexion n'est apprise lorsque des unités d'une source et de la cible s'activent en synchronie. L'accès ne bénéficie donc pas de l'apprentissage de nouvelles connexions et repose exclusivement sur des connexions sémantiques préétablies. Par ailleurs, le caractère compétitif de l'accès est implémenté par l'introduction de connexions inhibitrices entre les différents analogues stockés en mémoire, ce qui restreint le nombre d'analogues qui sont évoqués. La probabilité qu'un analogue soit récupéré en mémoire est mesurée par un rapport entre le niveau d'activation de sa proposition la plus active et le niveau d'activation de la proposition la plus active parmi les autres analogues.

Le modèle reproduit la plus grande aisance à évoquer un analogue en présence de similitudes de surface (du fait d'activations sémantiques plus nombreuses, Gick & Holyoak, 1983), l'avantage pour une source de présenter des objets similaires dans des rôles similaires (activation optimale d'une même proposition de la source, Ross, 1987 ; Wharton et al., 1994) et la récupération en mémoire plus fréquente d'une source lorsqu'aucune autre ne partage de similitude avec la cible (due à l'inhibition entre sources lors de l'étape d'évocation, Wharton et al., 1994 ; 1996).

Les modèles élaborés dans le cadre des deux principales théories relationnelles de l'analogie s'accordent donc sur le fait que l'évocation analogique constitue un mécanisme moins élaboré que la mise en correspondance. En effet, les similitudes de structure seraient rarement détectées de façon spontanée entre une cible et un analogue stocké en MLT. La récupération en mémoire dépendrait fortement de la présence de similitudes de surface entre les analogues. Pour Gentner, l'évocation analogique serait principalement guidée par les similitudes de surface, ce qui provoquerait la récupération de souvenirs non pertinents présentant des apparences similaires avec la cible. L'une des raisons pour lesquelles les connaissances seraient difficilement généralisées de façon spontanée concernerait le format des représentations extraites. En effet, celles-ci seraient encodées de façon contexte-spécifique et

préserveraient de nombreux traits de surface constituant des points de divergence entre des analogues superficiellement différents. L'une des clefs à l'abstraction des représentations résiderait dans le processus d'apprentissage par analogie.

1.4. L'APPRENTISSAGE

Les deux théories relationnelles dominantes attribuent à l'analogie une fonction importante dans l'apprentissage. Celles-ci postulent que la comparaison explicite d'analogues donne lieu à une représentation abstraite organisée autour de la structure relationnelle partagée. Cette représentation faciliterait le transfert vers de nouveaux analogues superficiellement différents.

1.1.1. La vision de Gentner et ses collègues

L'abstraction de schéma

Comme cela a été présenté plus haut, l'alignement structurel permettrait de mettre en évidence les similitudes structurelles des deux analogues comparés. Une conséquence de la mise en correspondance serait l'abstraction d'un schéma, ou généralisation, centré sur les propriétés relationnelles communes aux deux analogues (Gentner et al., 2003 ; 2009 ; Gentner & Smith, 2013). Gentner met en avant que l'abstraction d'un schéma, suite à la mise en correspondance de deux analogues, améliore les performances de transfert. L'abstraction d'un schéma relationnel commun provoquerait un encodage plus uniforme des deux analogues comparés (Gentner & Smith, 2013 ; Gentner & Hoyos, 2017 ; Jamrozik & Gentner, 2020). Un schéma aurait davantage tendance à être évoqué qu'un analogue superficiellement différent puisqu'il présente moins de traits surface discordants avec la cible et attribue plus de poids aux relations le constituant (Gentner et al., 2003).

L'amélioration des performances de transfert consécutive à l'abstraction d'un schéma relationnel a été simulée avec MAC/FAC (Gentner et al., 2009 ; Gentner & Forbus, 2011). Un schéma est produit par SME à partir des similitudes de deux analogues superficiellement différents. Il est ainsi composé des prédicats et des attributs partagés et de descriptions génériques d'objets. Ce schéma relationnel manifeste donc moins de traits de surface et attribue plus de poids à ses relations qu'un analogue spécifique. MAC/FAC récupère plus facilement un analogue superficiellement différent lorsque le schéma est utilisé en tant que cible plutôt qu'une situation spécifique car celui-ci présente moins de similitude de surface avec d'autres

sources. Le schéma relationnel est également plus souvent sélectionné qu'un analogue superficiellement différent spécifique lorsqu'il est introduit en tant que source, ce qui est dû au plus grand poids accordé à ses relations. En effet, lors de l'étape MAC, le poids total distribué aux concepts répertoriés dans le contenu vectoriel associé à chaque situation est équivalent. Il en découle qu'un schéma, qui présente peu de traits de surface, accordera plus de poids à ses relations qu'une situation spécifique qui manifeste plus de traits de surface (même si le schéma et la situation spécifique ont exactement le même nombre de relations). Le score (i.e. produit scalaire) attribué à la source en fonction de la correspondance de son contenu vectoriel avec celui de la cible sera donc plus élevé s'il s'agit d'un schéma. Un schéma aura ainsi davantage tendance à être sélectionné qu'un analogue spécifique superficiellement différent.

L'apprentissage de catégories relationnelles

L'alignement structurel serait à l'origine de l'extraction des catégories relationnelles (Gentner & Kurtz, 2006), qui sont opposées aux catégories d'entités. À la différence des catégories d'entités (ex : vache, tulipe, radis) qui regroupent des exemplaires sur la base d'un certain nombre de traits intrinsèques partagés, les catégories relationnelles seraient majoritairement définies autour d'une structure relationnelle commune à leurs différents membres. Deux types de catégories relationnelles sont distingués. Les catégories de schéma relationnel (ex : *cambrionage*, *trahison*, etc) sont organisées autour d'un système de relations commun aux différents exemplaires. Les catégories de rôle relationnel renvoient quant à elles à un certain rôle au sein d'un schéma relationnel (ex : *voleur*, *propriété* ou *victime* dans le schéma *cambrionage*). Les processus impliqués spécifiquement dans l'apprentissage des catégories par l'enfant seront développés dans le chapitre 4.

Un autre aspect qui est pris en compte dans la théorie de Gentner est le rôle du langage dans l'apprentissage de catégories relationnelles (Gentner, 2010). Le langage est conçu comme un outil facilitant la mise en œuvre des processus analogiques par différents moyens. La dénomination commune de deux exemplaires analogues agirait comme une invitation à comparer ces derniers. Un second avantage associé à l'utilisation d'un label lors de la comparaison serait qu'elle incite à stocker le schéma extrait. Le label rendrait aussi ce schéma plus aisément accessible par la suite. Un troisième avantage de l'application d'un label à différents analogues serait la promotion d'un encodage uniforme d'un système commun de relations. Cette fonction est particulièrement importante dans la mesure où la théorie considère

que l'une des origines de la difficulté à évoquer des analogues superficiellement différents est que leurs relations sont encodées de façon contexte-spécifique. Enfin, l'implication du système langagier inviterait à encoder des structures conceptuelles correspondantes (ex : faire correspondre une séquence de chiffres croissants avec un nombre d'objets croissant).

L'apprentissage des catégories dans le modèle computationnel SAGE

Le processus de généralisation à partir de multiples exemplaires, tel que celui qui a lieu dans le cadre de l'apprentissage de catégories, est simulé en mobilisant l'ensemble de l'architecture Companion, c'est-à-dire MAC/FAC, SME et SAGE (*Sequential Analogical Generalization Engine* ; Forbus & Hinrichs, 2017 ; McLure, Friedman & Forbus, 2010 ; 2015). Au cours d'une phase d'entraînement, SAGE assimile une série d'exemplaires labellisés à un concept représenté par une *réserve de généralisations*. Une réserve de généralisation est composée de différentes *généralisations d'exemplaires* (plusieurs exemplaires mis en correspondance) et d'*exemplaires non-assimilés*. Au sein d'une généralisation, chaque propriété est associée à une probabilité en fonction du nombre d'exemplaires qui la partagent. Le premier exemplaire rencontré est introduit en tant qu'exemplaire non-assimilé. Les exemplaires suivants sont, soit intégrés à un exemplaire non-assimilé ou à une généralisation, soit stockés sous la forme d'un exemplaire non-assimilé. Cette assimilation se déroule en deux temps : d'abord la sélection d'une généralisation ou d'un exemplaire non-assimilé au sein de la réserve de généralisations, puis la fusion du nouvel exemple avec l'item sélectionné, s'il y en a un. Face à un nouvel exemplaire, MAC/FAC est utilisé pour récupérer un item au sein de la réserve de généralisation. Le processus de fusion est mis en œuvre si le score de similitude de l'évocation la plus similaire au nouvel exemple dépasse un certain seuil. Sinon, le nouvel exemplaire est intégré en tant qu'exemplaire non-assimilé. La fusion est mise en œuvre avec SME pour actualiser la généralisation. Les propriétés du nouvel exemplaire modifient le concept à travers l'ajout de propriétés et l'actualisation des probabilités associées à chaque propriété, ce qui influencera les catégorisations ultérieures.

Lors de la phase de classification, SAGE détermine si chaque nouvel exemplaire fait partie de l'une des réserves de généralisation développées au cours de la phase précédente. MAC/FAC récupère l'item le plus similaire au sein de chaque concept, et le nouvel exemple rejoint le concept d'où provient l'évocation qui lui est la plus similaire. SAGE a été utilisé pour simuler le processus par lequel la présentation d'exemplaires n'appartenant pas à la catégorie

et présentant des différences alignées avec celle-ci (Sagi et al., 2012) facilite l'apprentissage. Un mécanisme de détection automatique de non-membres alignés (i.e. très similaires mais possédant des différences alignées avec un nouvel exemple) a été intégré au programme (McLure et al., 2015). Durant la phase d'entraînement, le système utilise MAC/FAC pour récupérer des exemples associés à un label différent de celui du nouvel exemple. Le non-membre aligné le plus similaire est utilisé pour produire des hypothèses concernant les frontières de la catégorie. Plus précisément, les propriétés du non-membre aligné que le nouvel exemplaire labellisé ne partage pas, sont utilisées pour produire des hypothèses sur les propriétés d'inclusion de la catégorie (i.e. qu'un exemple doit absolument conserver pour être inclus). À l'inverse, les propriétés du nouvel exemple qui ne sont pas partagées par le non-membre, servent à former des hypothèses sur les propriétés d'exclusion (dont la présence est réductrice pour l'inclusion).

La re-représentation

Le dernier type d'apprentissage qui est suggéré par Gentner est la re-représentation (Gentner, 2010 ; Gentner & Maravilla, 2018). Rappelons que la théorie postule le principe d'identité hiérarchisée, selon lequel deux relations doivent être identiques pour être mises en correspondance. Il est néanmoins noté que dans certains cas, des relations conceptuellement similaires mais non identiques gagneraient à être placées en correspondance afin d'aboutir à un appariement plus complet des deux représentations. Par exemple, dans le cas de l'analogie entre *il achète le livre* et *il prend le livre*, il semble pertinent d'apparier les relations *achète* et *prend* (Gentner & Kurtz, 2006). Deux vecteurs principaux ont été identifiés pour susciter le processus de re-représentation requis par ce type de mise en correspondance (Forbus et al., 1995). La décomposition sémantique consiste à analyser les composantes de la signification des deux relations et à retenir celle qui leur est commune. L'ascension minimale renvoie quant à elle au remplacement des deux relations par un concept super-ordonné partagé. Yan et al., (2003) ont caractérisé des situations dans lesquelles un processus de re-représentation était requis par SME lors de la mise en correspondance ainsi que des méthodes pouvant être appliquées afin de la mettre en œuvre. Il est notamment suggéré que deux prédicats non identiques peuvent être re-représentés par décomposition dans deux cas de figure. Lorsque ces derniers constituent l'argument d'un prédicat identique (ex : PARCE QUE (court) et PARCE QUE (marche)), ou lorsque à l'inverse, ils ne constituent l'argument d'aucun prédicat mais possèdent des arguments mis en correspondance de façon structurellement cohérente (ex : PARCE QUE (plus

lourd que (Soleil ; planètes) (attire (Soleil ; planète)) et CAR (plus lourd que (noyau ; électrons) (attire (noyau ; électrons))).

1.1.2. La vision de Holyoak et ses collègues

L'abstraction de schéma dans le modèle théorique et computationnel LISA

Holyoak et ses collègues défendent également que la comparaison de la structure de deux analogues peut donner lieu à un schéma, c'est-à-dire à une représentation explicite des correspondances (Holyoak, 1985 ; Holyoak & Thagard, 1995 ; Hummel & Holyoak, 2003). Dans ses premiers travaux sur la résolution de problème par analogie, Holyoak propose que la comparaison de deux problèmes analogues superficiellement différents puisse donner lieu à l'induction d'un schéma, assimilable à une catégorie de problèmes, axé sur les relations causales abstraites impliquées dans la mise en œuvre de la solution (Gick & Holyoak, 1980 ; 1983). L'induction d'un schéma est décrite comme un processus consistant à abandonner les différences entre les analogues tout en préservant leurs similitudes. Dans les travaux récents de l'auteur, l'abstraction d'un schéma a été plus généralement décrite comme un moyen de construire une catégorie relationnelle à partir de la comparaison d'exemples spécifiques (Holyoak, 2012). Dans le cadre du modèle théorique et computationnel développé par Hummel et Holyoak, un schéma est appris suite à la découverte des intersections sémantiques entre les objets et les rôles des analogues (Hummel & Holyoak, 2003).

LISA implémente l'induction de schéma selon un algorithme très similaire à celui qui est utilisé pour établir la mise en correspondance et produire les inférences. Un schéma est d'abord introduit comme un analogue dépourvu d'unités. Au cours de la mise en correspondance, chaque unité de la cible qui est activée donne lieu à la création d'une unité correspondante au sein du schéma. Les unités de la source et de la cible qui sont mises en correspondance activent leurs unités sémantiques. Les unités d'objets et de rôles postulées au sein du schéma apprennent des connexions avec les unités sémantiques qui sont actives. Or, les unités sémantiques qui sont partagées par les deux analogues ont un niveau d'activation deux fois supérieur à celui des unités qui sont propres à un seul analogue. Ainsi, à travers un processus de découverte d'intersection, les unités créées au sein du schéma apprennent des connexions plus fortes avec les unités sémantiques partagées par les deux analogues. Un mécanisme d'abstraction progressif est pris en compte puisque le schéma initialement issu de deux analogues peut être mis en correspondance avec de nouveaux analogues spécifiques. Cela

donne lieu à un schéma plus abstrait dans le cas où un nouvel analogue ne partage pas toutes les propriétés des deux premiers.

L'apprentissage de catégories dans le modèle théorique et computationnel DORA

Doumas et al. (2008) ont développé une théorie de l'apprentissage des catégories relationnelles implémentée dans le modèle computationnel DORA (*Discovery Of Relations by Analogy*). Une des limites de LISA est que les représentations sur lesquelles le programme opère sont entrées « à la main » dans le langage prédicat-argument. La fonction de DORA est d'apprendre ces représentations structurées à partir de comparaisons d'éléments non structurés, qui sont des objets (Doumas & Hummel, 2013). Ce programme repose sur les mêmes postulats que LISA en terme d'architecture des représentations, ainsi que concernant l'aspect central du processus d'association rôle-objet. Une fois que DORA a appris les représentations, les processus (i.e. évocation analogique, mise en correspondance, inférence et induction de schéma) tels qu'ils sont modélisés par LISA prennent le relais (voir par exemple Doumas, Puebla, Martin & Hummel, 2019). Un point important de la théorie proposée est que la question de l'apprentissage des relations (i.e. prédicats à deux arguments) est réduite à celle de l'apprentissage des rôles (i.e. prédicats à un seul argument) et de leur assemblage en une même structure. Il est aussi reconnu que l'apprentissage de prédicats est un processus progressif qui peut s'étendre au-delà d'une seule comparaison dans le cadre du raffinement d'un concept.

L'apprentissage de rôles à partir de comparaison d'objets implique que, contrairement à ce qui est le cas dans LISA, les objets et les rôles dans DORA puisent leur définition au sein d'un même ensemble d'unités sémantiques. Cela permet de construire la signification d'un rôle en sélectionnant certaines unités sémantiques définissant des objets. Cependant, le fait que les unités sémantiques soient partagées par les objets et les rôles est incompatible avec le mécanisme d'activation en synchronie des objets et des rôles qui permet leur association. Si les objets et les rôles partagent un même ensemble d'unités sémantiques et s'activent en synchronie, alors rien ne permet de les distinguer. Par conséquent, durant l'apprentissage, DORA utilise un mécanisme d'association rôle-objet par activation asynchrone en proximité temporelle immédiate. Pour associer un rôle à un objet, l'unité de rôle s'active juste avant que l'unité d'objet ne s'active en asynchronie. Par exemple, lorsque la proposition « John aime Mary » s'active, le rôle *amoureux* s'active, l'objet *John* s'active immédiatement après (en asynchronie), puis le rôle *bien-aimée* s'active et l'objet *Mary* s'active immédiatement après (en

asynchronie). Ce mode d'activation asynchrone est implémenté de la même façon que dans LISA concernant les unités d'association rôle-objet, à travers l'introduction d'une connexion inhibitrice entre les unités d'objet et de rôle et une inhibition de chaque unité par elle-même après une certaine période d'activation. Ce mécanisme d'association par activation asynchrone en proximité temporelle immédiate présente une limite puisqu'il réduit le nombre d'associations rôle-objets qui peuvent être maintenues en MDT. C'est pourquoi DORA ne l'utilise que lors de l'apprentissage et emprunte le mécanisme d'activation synchrone tel qu'il est implémenté dans LISA lors de l'évocation et la mise en correspondance (Doumas & Martin, 2018).

Au sein de DORA, l'apprentissage d'un prédicat à un argument (ex : le rôle *plus grand*) prend appui sur la découverte d'une intersection sémantique, suite à la comparaison de deux objets impliqués dans une relation (ex : une source où une tasse est plus grande qu'un autre objet et une cible où une balle est plus grande qu'un autre objet). Au terme de la mise en correspondance des deux premiers objets, les unités sémantiques qu'ils partagent (ex : *taille, supérieur*) sont deux fois plus actives que les unités sémantiques propres à l'un des deux objets (ex : *forme ronde* pour la balle) puisqu'elles reçoivent une excitation en provenance des deux objets à la fois. Suite à ce type d'activation, une unité de rôle est créée au sein de la cible et sera connectée aux unités sémantiques partagées par les objets. L'unité de rôle apprend des connexions avec les unités sémantiques dont la force est proportionnelle au niveau d'activation de ces dernières. Elle apprend donc des connexions plus fortes avec les unités sémantiques partagées et constituera une représentation explicite d'un prédicat à un argument (ex : *plus grand*). L'activation de l'unité de rôle et de l'unité d'objet signale la nécessité de construire une unité d'association rôle-objet (ex : *plus grande-balle*) qui apprend une connexion avec le (nouveau) rôle et l'objet de la cible.

Le raffinement d'un prédicat est également simulé par le modèle. En effet, le prédicat issu d'une seule comparaison d'objet peut donner lieu à un concept qui préserve des propriétés non pertinentes. Pour reprendre l'exemple précédent, si l'on imagine que la tasse et la balle comparées sont toutes deux de couleur rouge, cette propriété fera partie de l'intersection sémantique des objets et donc du prédicat qui sera extrait. Il est défendu qu'une seconde instantiation du prédicat dans le cadre d'une autre comparaison peut également donner lieu à un prédicat préservant certaines propriétés non pertinentes. Par exemple, la comparaison d'un éléphant avec une girafe peut engendrer un prédicat *plus grand* conservant la propriété

sémantique *animal*. Le raffinement d'un prédicat passerait également par le processus d'intersection sémantique, cette fois-ci introduite entre l'instanciation du prédicat dans le cadre de la première comparaison (ex : la situation avec la balle suite à la comparaison avec la situation avec la tasse) et celle qui a lieu lors de la seconde comparaison (ex : la situation avec la girafe suite à la comparaison avec l'éléphant). Le processus est implémenté de la même façon que lors de l'induction d'un schéma dans LISA (mis à part que les rôles et les objets s'activent en asynchronie dans DORA). De nouvelles unités sont créées au sein d'un schéma à mesure que des unités de la cible sont activées. Les unités d'objet et de rôle du schéma apprennent de fortes connexions avec les unités sémantiques constituant l'intersection sémantique des unités d'objet et de rôle correspondantes à travers les deux analogues. Enfin, les unités de différents niveaux hiérarchiques du schéma apprennent les connexions qui les unissent.

DORA apprend les prédicats à plusieurs arguments (ex : la balle est *plus grande que* la clef) en reliant des prédicats à un seul argument (ex : *balle-plus grande* et *clef-plus petite*) grâce au mécanisme d'activation des unités d'association rôle-objet en asynchronie. Plus précisément, les correspondances entre deux unités rôle-objet de la source et deux unités rôle-objet de la cible donnent lieu à un pattern d'activation typique. Ce pattern est caractérisé par l'activation d'une unité d'association de la cible avec l'unité d'association correspondante au sein de la source en asynchronie avec la seconde unité d'association de la cible et l'unité d'association correspondante au sein de la source. S'il ne résulte pas de la mise en correspondance de deux propositions déjà existantes, ce pattern déclenche la création d'une proposition au sein de la cible. Cette proposition est alors reliée à ses unités d'associations lorsqu'elles s'activent, ce qui aboutit à une structure articulant deux arguments.

L'apprentissage de catégories dans le modèle théorique et computationnel BART

Dans la continuité de l'objectif poursuivi par les modélisateurs de DORA, Lu, Chen et Holyoak (2012) se sont intéressés au processus selon lequel des données initialement non-structurées pouvaient être développées en représentations structurées définissant des rôles. Les auteurs ont mis au point le modèle computationnel BART (*Bayesian Analogy with Relational Transformation*), qui est capable d'apprendre des relations d'ordre faible à partir de paires d'objets renvoyant à des vecteurs de propriétés, et à re-représenter ces relations pour résoudre des analogies impliquant des relations d'ordre plus élevé. Une différence essentielle entre DORA et BART est que la représentation d'une relation dans le dernier modèle ne repose pas

sur l'isolement de propriétés strictement invariantes, mais plutôt sur une extraction probabiliste de poids associés aux propriétés codant pour la relation.

Les vecteurs de propriétés représentant les objets associent une valeur numérique négative ou positive à un certain nombre de dimensions. Ces vecteurs ont été dérivés de différentes sources, la solution la plus simple provenant de jugements de participants concernant différentes dimensions. Dans le cadre de l'apprentissage de relations comparatives entre des animaux (ex : *plus grand*, *plus petit*, *plus féroce*, *plus docile*), qui est le domaine auquel a été initialement appliqué BART, des valeurs étaient ainsi associées à quatre dimensions (i.e. taille, férocité, vitesse et intelligence). Des vecteurs ont également été dérivés à partir de mesures de cooccurrences de mots au sein de corpus de textes, donnant lieu à un nombre de dimensions beaucoup plus important.

L'apprentissage d'une relation d'ordre faible se produit dans le cadre d'une phase d'entraînement au cours de laquelle des paires d'objets instanciant la relation (par exemple pour *plus grand*, *baleine* : *alligator* ; *requin* : *gazelle* ; *lion* : *canarie*, etc) se succèdent en présence d'un même label (ex : « plus grand »). Chaque paire d'objets est représentée par un vecteur de propriétés associant une valeur à chaque dimension pour le premier et le second objet. Un vecteur de poids est constitué pour représenter les propriétés du premier et du second rôle de la relation sur chaque dimension. Il renvoie à la valeur moyenne, la variance et la covariance des valeurs associées aux propriétés des paires d'objets sur les différentes dimensions. Un modèle Bayésien est appliqué afin de déterminer la distribution des poids a posteriori, c'est-à-dire la probabilité de la relation (i.e. vecteur de poids) compte tenu des paires d'objets (i.e. vecteurs de propriétés). Cette distribution a posteriori est calculée à partir de la vraisemblance des données (probabilité de la relation compte tenu de chaque paire d'objet) et d'a priori. La théorie développée accorde une grande importance à des a priori empiriques, qui sont des concepts plus simples orientant l'apprentissage des relations. Ces a priori empiriques sont constitués sur la base de prédicats à un argument, eux-mêmes appris à partir de la présentation de séries d'objets. Par exemple, *grand* est appris suite à la présentation successive de différents grands animaux (ex : *baleine*, *dinosaure*, *éléphant*, etc). La règle Bayésienne est appliquée pour apprendre la distribution des poids a posteriori à partir du vecteur de poids codant les propriétés de la relation et des vecteurs de propriétés des objets présentés (i.e. les animaux). Un prédicat à un argument est ensuite sélectionné pour chaque objet des paires d'entraînement parmi l'ensemble des prédicats appris. Le prédicat à un argument qui a été le plus fréquemment sélectionné par le

premier objet de chaque paire attribue ses poids moyens aux différentes dimensions du premier rôle de la relation. L'a priori empirique du second rôle de la relation est calculé à partir de l'inverse des poids moyens du premier rôle. Dans la phase test, de nouvelles paires d'objets sont introduites. Le modèle calcule la probabilité a posteriori que chaque paire instancie la relation, compte tenu des paires d'objets sur lesquelles l'entraînement s'est produit.

Les relations d'ordre faible apprises vont servir de support pour résoudre des analogies basées sur des relations d'ordre plus élevé (ex : *opposés* dans l'analogie *plus grand : plus petit :: plus féroce : plus docile*). Néanmoins, la représentation initiale de ces relations ne permet pas de faire apparaître la similitude des paires source et cible puisque les poids associés à une même dimension au sein de la paire source et de la paire cible ne sont pas corrélés. Par exemple, *plus grand : plus petit* attribue un poids important à la dimension taille, ce qui n'est pas le cas de *plus féroce : plus docile* qui attribue un poids important à la dimension férocité. Une re-représentation est alors opérée pour rendre possible un processus de *mise en correspondance guidée par l'importance*. Dans un premier temps, un rang est attribué à chaque dimension de la paire source par ordre décroissant en fonction de son importance (i.e. valeur absolue du poids du premier et du second objet). Pour une paire *plus grand : plus petit*, la dimension *taille* sera au premier rang. Les dimensions de la paire cible sont alors réordonnées de façon à maximiser la correspondance de poids entre chaque dimension de même rang entre la source et la cible. La dimension *férocité* serait donc au premier rang pour la paire *plus féroce : plus docile*. Une mesure de distance de distribution de poids est enfin utilisée pour évaluer la correspondance de poids entre chaque dimension de même rang des deux paires. Aucune représentation explicite d'une relation d'ordre élevé n'est donc construite par BART, qui évalue une analogie en s'appuyant sur l'apprentissage de relations d'ordre faible et sur un mécanisme de mise en correspondance guidée par l'importance.

Les deux approches dominantes de l'analogie ont modélisé le processus d'apprentissage des représentations structurées sur lesquelles le raisonnement relationnel opère. Elles envisagent également qu'une conséquence du raisonnement relationnel tel qu'il s'exprime à travers la mise en correspondance de représentations structurées est l'apprentissage d'une catégorie qui est plus abstraite que chacun des deux analogues spécifiques. L'extraction d'une représentation schématique constituerait une clef à l'évocation analogique, puisqu'un schéma présente moins de traits de surface divergents avec un analogue cible qu'un analogue source superficiellement différent spécifique.

Plus généralement, il apparaît que les travaux de Gentner et de Holyoak se sont en premier lieu centrés sur le processus de mise en correspondance qui constituerait l'étape centrale de l'analogie. Ce processus, coûteux cognitivement, pourrait être mis en oeuvre lors de la comparaison explicite de deux représentations maintenues en MDT et se traduirait par l'établissement de correspondances systématiques entre les deux analogues. En revanche, ce processus de découverte des correspondances structurelles ne pourrait constituer un mécanisme plausible régissant la récupération en MLT, où réside une infinité de souvenirs potentiellement pertinents. L'évocation analogique reposerait sur un mécanisme plus basique dépendant de similitudes superficielles et constituerait ainsi le « talon d'Achille de l'analogie » (Gentner & Colhoun, 2008, p.11). Il est de fait reconnu dans les deux approches que le mécanisme de récupération en mémoire constitue un obstacle à la mise en oeuvre d'analogies spontanées entre des situations issues de contextes différents. L'extraction d'une représentation schématique suite à la mise en correspondance structurelle de deux analogues permettrait de pallier le caractère superficiel des représentations extraites spontanément. En effet, l'apprentissage par analogie engendrerait des représentations schématiques qui seraient plus facilement évoquées qu'un analogue superficiellement différent face à un analogue cible.

Dans le chapitre suivant, les paradigmes expérimentaux classiques qui ont été utilisés pour tester les deux approches dominantes de l'évocation analogique seront examinés. Une attention particulière sera attribuée à l'origine du déficit d'évocation analogique qui a été située au niveau des processus d'encodage.

CHAPITRE 2 : APPROCHE EMPIRIQUE CLASSIQUE DE L'ÉVOCATION ANALOGIQUE : VERS L'IDENTIFICATION D'UN DÉFICIT D'ENCODAGE

Les deux approches dominantes de l'analogie postulent que la mise en correspondance est le mécanisme central de l'analogie alors que l'évocation analogique est un mécanisme plus frustré centré sur les similitudes de surface. Pour mieux comprendre l'origine de cette conclusion, il sera nécessaire d'examiner en détail les caractéristiques des paradigmes expérimentaux qui ont été utilisés pour étudier l'évocation analogique. Les recherches employant ces paradigmes expérimentaux ont suggéré qu'une cause majeure de la difficulté à évoquer des analogues superficiellement différents résiderait dans la nature de l'encodage opéré. Cette hypothèse est confortée par un ensemble de travaux récents qui montrent que les manipulations expérimentales favorisant un encodage profond améliorent la capacité à fonder l'évocation sur la structure. Ces recherches apportent un éclairage important à l'étude de l'évocation analogique en ce qu'elles démontrent expérimentalement le lien ténu entre la qualité de l'encodage et la récupération en mémoire. Dans le présent chapitre, les études expérimentales ayant mené à la vision selon laquelle l'évocation analogique est guidée par la surface ainsi que celles qui ont permis de situer l'origine de ce déficit au niveau de l'encodage seront passées en revue.

1.1. LE PARADIGME EXPERIMENTAL CLASSIQUE

1.1.1. La résolution de problème par analogie

Gick et Holyoak (1980) ont mis au point un paradigme expérimental destiné à documenter le transfert dans le cadre de la résolution de problème par analogie. Il permet d'étudier l'ensemble des sous-processus impliqués dans le transfert, et tout particulièrement l'évocation analogique (Holyoak, 2012). Ce paradigme est à l'origine d'un certain nombre de conceptions dominantes dans la littérature actuelle, et il est encore utilisé dans les recherches expérimentales récentes (ex : Kubricht, Lu & Holyoak, 2017). Il a été largement utilisé pour étudier l'influence des similitudes de surface et de structure dans l'évocation analogique et la mise en correspondance. Le cadre expérimental qu'il définit consiste tout d'abord à familiariser

les participants pendant quelques minutes avec un problème source et sa solution. Cette phase permet d'assurer la présence d'un analogue en MLT, ainsi que de contrôler ses caractéristiques. Après un délai variable allant de quelques minutes à plusieurs jours, et souvent dans un contexte différent, un problème cible analogue au problème source doit être résolu. Dans le but d'étudier l'évocation analogique (i.e. spontanée), les participants sont amenés dans un premier temps à résoudre le nouveau problème en l'absence d'indices supplémentaire. Dans un second temps, une invitation explicite stipulant que le problème source peut être utilisé pour résoudre le problème cible est généralement formulée. Cette incitation permet aux participants de mettre en oeuvre une analogie sans dépendre de la récupération spontanée d'une source en MLT. En effet, une fois la pertinence de la source signalée par l'expérimentateur, les deux représentations analogues sont maintenues en MDT et le processus de mise en correspondance peut donc opérer.

Ce paradigme expérimental a permis d'étudier le transfert analogique entre des problèmes analogues superficiellement différents. Dans une série d'études (Catrambone & Holyoak, 1989 ; Gick & Holyoak, 1980, 1983), le problème cible utilisé par Holyoak et ses collègues est le problème de radiation emprunté à Duncker (1945) (voir Tableau 1). Différentes versions d'analogues sources superficiellement différents ont été construites, dont le problème du général d'armée (Catrambone & Holyoak, 1989 ; Gentner et al., 2003 ; Gick & Holyoak, 1980, 1983 ; Kubricht et al., 2017). Ces problèmes partagent une même structure relationnelle, ou plus précisément, un ensemble de relations causales ayant une pertinence vis-à-vis de la découverte de la solution. En effet, les deux problèmes sont sous-tendus par un même schéma implicite composé (i) du but d'utiliser une force pour atteindre une cible centrale, (ii) de ressources spécifiant une force suffisante pour le faire, et (iii) d'une contrainte décrivant l'impossibilité d'utiliser la force à pleine intensité selon une seule trajectoire. Il est possible d'appliquer le plan de solution associé au problème du général d'armée au problème de radiation. En effet, le transfert de la solution de « convergence » permet d'imaginer que le médecin peut utiliser de multiples rayons réglés à faible intensité pour les faire converger vers la tumeur. D'autres propriétés, qui ne sont pas directement pertinentes pour l'achèvement du but, diffèrent entre les deux problèmes. Les analogues sont superficiellement différents puisque les objets qu'ils impliquent ne sont pas directement similaires (i.e. un général : un médecin, une armée : un laser, une forteresse : une tumeur, etc). Face au problème de radiation, seulement une faible proportion de participants parvient à transférer spontanément la solution de

convergence. En revanche, une fois incités à utiliser le problème source, la grande majorité des participants sont en mesure de transférer la solution. Ces résultats ont mené à la conclusion que les analogues superficiellement différents sont rarement évoqués alors qu'ils sont aisément mis en correspondance.

Tableau 1 : Le problème de radiation et le problème du général d'armée (Gick & Holyoak, 1980 ; 1983)

Problème du général d'armée (source)

Un petit pays était sous la coupe d'une forteresse dirigée par un dictateur. La forteresse était au centre du pays, entourée de fermes et de villages. Plusieurs routes du pays conduisaient à la forteresse. Un général rebelle voulut attaquer la forteresse. Le général savait que si son armée était mobilisée, elle réussirait à attaquer la forteresse. Il rassembla son armée sur l'une des routes, prêt à lancer une offensive de grande envergure. Mais le général apprit que le dictateur avait posé des mines sur chacune des routes. Les mines étaient posées de telle façon que seul un petit nombre d'hommes pouvait passer sain et sauf. Ainsi, une troupe trop importante ferait sauter les mines. Non seulement cela ferait sauter la route, mais cela détruirait aussi de nombreux villages voisins. Il paraissait ainsi impossible d'attaquer la forteresse.

Cependant, le général conçut un plan simple. Il divisa son armée en petites unités et répartit chacun des groupes sur une des routes. Quand ils furent tous prêts, il donna le signal et chacun des groupes s'engagea sur une route différente. Chaque groupe chemina vers la forteresse et l'armée entière arriva à la forteresse au même moment. De cette façon, le général assiégea la forteresse et renversa le dictateur.

Problème de radiation (cible)

Supposez que vous soyez docteur et que vous receviez un patient qui a une tumeur maligne à l'estomac. Il n'est pas possible de l'opérer, mais si on ne détruit pas la tumeur, le patient mourra. On peut utiliser un certain type de rayons pour détruire la tumeur. Si les rayons atteignent la tumeur tous en une seule fois à une intensité suffisamment importante, on peut détruire la tumeur. Malheureusement, à cette intensité les tissus sains qui seront atteints par les rayons seront détruits aussi. À une plus faible intensité, les rayons n'abîmeront pas les tissus sains, mais n'auront aucun effet sur la tumeur. Quelle procédure peut-on utiliser avec ces rayons pour détruire la tumeur sans détruire les tissus sains ?

Dans une expérimentation, Gick et Holyoak (1983) se sont intéressés à la résolution par analogie du problème cible des deux cordes de Maier (1930). Dans ce problème, le participant doit imaginer qu'il est dans une pièce dans laquelle deux cordes pendent du plafond. La taille des cordes est telle que si l'on attrape une première corde d'une main, on ne peut pas atteindre la seconde corde de l'autre main. Le but du participant est de trouver un moyen d'attacher les cordes, ayant à sa disposition dans la pièce un ensemble d'objets, dont des tenailles. La solution consiste à attacher les tenailles à l'une des cordes, à inscrire un mouvement de balancier permettant de saisir la seconde corde puis de récupérer la première, en mouvement, et ainsi de

relier les deux cordes. Le problème source analogue construit par Gick et Holyoak décrit une fête d'anniversaire dans laquelle une paire de ciseaux a été attachée à un ruban pour le faire balancer et l'attacher à un autre ruban. Les résultats montrent un écart beaucoup moins important entre le transfert spontané de la solution et le transfert après incitation explicite que dans le contexte de la résolution du problème de radiation. L'interprétation proposée par les auteurs est que les deux problèmes de balancier présentent plus de similitudes sémantiques pouvant servir de base à l'évocation analogique. Par exemple, deux cordes et deux rubans sont plus similaires qu'un laser et une armée.

De nombreuses études ont par la suite investigué l'effet facilitateur des similitudes de surface sur l'évocation d'un analogue. Keane (1987) a manipulé la similitude superficielle de l'analogie source présentée antérieurement à la résolution du problème de radiation. Dans une condition, les participants recevaient l'analogie source du général d'armée. Dans l'autre, ils étaient familiarisés avec un analogue source superficiellement similaire au problème de radiation, qui met en scène un chirurgien faisant converger un ensemble de rayons vers la tumeur au cerveau d'un patient afin de la détruire sans porter atteinte aux tissus cérébraux sains environnants. Il s'est avéré que la grande majorité des participants ayant reçu un problème superficiellement similaire ont spontanément noté la ressemblance du problème du chirurgien avec le problème de radiation. En revanche, les participants ayant reçu le problème du général d'armée étaient très peu nombreux à remarquer la pertinence du problème pour résoudre le problème de radiation, répliquant les résultats de Gick et Holyoak (1980 ; 1983). Dans le cadre d'une seconde expérimentation, Keane a cherché à déterminer si l'aisance à évoquer des analogues superficiellement similaires trouvait son origine dans un mécanisme d'évocation analogique basé sur la reconnaissance d'un élément identique ou d'un élément sémantiquement similaire. Deux versions modifiées du problème du général d'armée ont alors été présentées aux participants, dans lesquelles un général faisaient converger des rayons (première version : élément identique) ou des lasers (seconde version : élément sémantiquement proche) afin de détruire un missile ennemi en évitant l'imprécision occasionnée par l'utilisation du dispositif à pleine puissance du fait de frottements avec l'air. La version classique du général d'armée était également présentée à un troisième groupe de participants. Tandis que les deux groupes de participants ayant reçu les deux versions modifiées du problème source du général d'armée témoignaient de meilleures performances que le troisième groupe, ils ne présentaient entre eux aucune différence en terme de taux d'évocation analogique. Il a donc été conclu que l'évocation

analogique se fonde sur des similitudes sémantiques entre situations, que les éléments en question soient identiques ou non.

Holyoak et Koh (1987) ont cherché à déterminer l'influence respective des similitudes de surface et de structure dans l'évocation et la mise en correspondance analogique. Un nouvel analogue au problème de radiation a été construit, dans lequel des lasers étaient placés de façon à converger vers les filaments disloqués d'une ampoule afin de les re-fusionner sans détruire l'enveloppe de verre qui est fragile. Trois autres versions ont été créées, réduisant le recouvrement de propriétés structurelles, superficielles ou les deux. Les versions présentant peu de similitudes de surface décrivent l'utilisation d'ultrasons et non de lasers. Dans les versions présentant un faible degré de similitude de structure, la contrainte empêchant l'utilisation d'un seul laser est que le dispositif n'est pas assez puissant pour atteindre l'objectif, et non que l'ampoule est trop fragile pour permettre d'utiliser un seul laser à pleine intensité (similaire à la contrainte du problème de radiation qui est de ne pas détruire les tissus entourant la tumeur).

Après la présentation de l'une des versions du problème de l'ampoule, les participants devaient résoudre le problème de radiation sans, puis avec incitation explicite à utiliser le problème source qui leur avait été présenté. Les résultats ont mis en évidence que les similitudes à la fois au niveau de la surface et de la structure des problèmes avaient une influence significative sur la proportion de participants remarquant l'analogie et transférant spontanément la solution de convergence. En cohérence avec les résultats des études antérieures, la mise en correspondance, reflétée par les taux de transfert après incitation explicite, était exclusivement impactée par la manipulation des similitudes de structure et non par les similitudes de surface.

Ross (1987 ; 1989) a émis l'hypothèse que différents types de similitude de surface pouvaient avoir un effet distinct sur l'évocation et la mise en correspondance. Dans les expériences menées par l'auteur, les participants étaient d'abord familiarisés avec des principes de probabilité (ex : permutation) présentés dans différents problèmes sources. Ils devaient ensuite résoudre des problèmes cibles analogues qui préservaient ou non deux types de similitudes de surface avec le problème source. Le premier type de similitude de surface concernait les similitudes au niveau du domaine sémantique des problèmes (i.e. prédicats et objets). Par exemple, deux problèmes décrivant des employés de l'entreprise IBM partagent le même domaine sémantique. En revanche, ils manifestent un domaine sémantique différent avec un problème décrivant des enseignants dans un lycée. Le second type de similitude de surface

concernait le fait que les objets jouant le même rôle dans les problèmes (ex : les éléments assignés) soient identiques, différents, ou que des objets identiques jouent des rôles différents (i.e. correspondances croisées). Par exemple, un problème où des voitures sont assignées à des mécaniciens présente une correspondance croisée avec un problème où des mécaniciens sont assignés à des voitures. Pour tester l'accès à un problème source, le participant devait résoudre chaque problème cible sans indication, alors que la formule était présentée avec le problème cible lorsque la mise en correspondance était testée. Les résultats ont montré que l'accès à un problème source était principalement affecté par les similitudes superficielles en terme de domaines sémantiques similaires. La mise en correspondance était quant à elle majoritairement impactée par les similitudes superficielles concernant les objets jouant des rôles similaires. Il peut être noté que les similitudes au niveau du rôle joué par les objets ont également été envisagées comme des similitudes structurelles (Hummel & Holyoak, 1997).

Dans l'ensemble, les études ayant employé le paradigme classique d'étude du transfert en résolution de problème ont donc mis en évidence la difficulté des participants novices à évoquer en mémoire un problème source analogue en l'absence de similitude de surface. Ce phénomène contraste avec la relative aisance à mettre en correspondance deux problèmes superficiellement différents une fois le problème source en MDT. De plus, la présence de propriétés sémantiquement proches entre les analogues faciliterait l'évocation analogique.

1.1.2. Le rappel d'histoires écrites

Comme le soulignent Gentner et al. (1993), le paradigme de résolution de problème par analogie présente une limite importante pour évaluer l'évocation analogique. En effet, les évocations produites par les participants peuvent être influencées par le manque de connaissances dont ils disposent à propos du domaine du problème. Les tâches de rappel d'histoires ont été conçues comme une déclinaison du design expérimental classique pour l'étude du transfert afin d'obtenir une mesure plus pure des capacités d'évocation analogique (Gentner & Landers, 1985 ; Gentner et al., 1993). Son design général consiste à présenter un nombre variable de courtes histoires sources puis, après un délai allant de quelques minutes à plusieurs jours, à proposer un ensemble d'histoires cibles partageant différents types de similitudes avec les premières. Les participants doivent alors indiquer si chaque histoire cible leur évoque une histoire lue précédemment et rapporter le plus de détails à son sujet si c'est le cas.

Gentner et Landers (1985) ont élaboré un ensemble d'histoires qui a été utilisé dans différentes études pour tester le rôle des différents types de similitude sur l'évocation analogique (et la mise en correspondance dans l'étude de Gentner et al., 1993). Pour chaque histoire cible, quatre histoires sources correspondant à un type différent de similitude ont été construites. Ainsi, les histoires sources sont soit des disanalogues superficiellement similaires (partageant des relations d'ordre faible et d'objets, nommés correspondance de simple apparence), soit des analogues superficiellement différents (partageant des relations d'ordre faible et d'ordre élevé), soit des analogues superficiellement similaires (partageant des objets, des relations d'ordre faible et d'ordre élevé), soit enfin des disanalogues superficiellement différents (partageant uniquement des relations d'ordre faible) (voir Tableau 2). Des histoires distractives ne partageant aucune similitude avec les autres histoires sont également introduites dans les ensembles d'histoires sources et cibles. Chaque histoire cible correspond (au maximum) à une seule histoire source. Comme cela a été mentionné plus haut, les participants devaient indiquer si chaque histoire cible leur rappelait l'une des histoires sources lues précédemment. La mise en correspondance est également étudiée dans cette étude, à travers une tâche de jugement de validité de la correspondance. Cette dernière consiste à demander aux participants d'évaluer sur une échelle numérique la validité de la correspondance de paires d'histoires entretenant différents types de similitudes. Une correspondance valide est définie comme ce qui fait que deux situations paraissent être fondamentalement les mêmes par opposition à une ressemblance superficielle (Gentner & Landers, 1985), ou ce qui permet d'utiliser une situation pour prédire les événements d'une autre situation (Gentner et al., 1993). Les résultats de l'étude ont montré une différence entre les réponses obtenues dans la tâche de rappel et celle d'évaluation de la validité. Les disanalogues superficiellement similaires sont plus fréquemment évoqués que les analogues superficiellement différents, alors que ces analogues superficiellement différents sont jugés comme ayant une correspondance plus valide que les disanalogues superficiellement similaires. Ce résultat va dans le sens de l'idée selon laquelle l'évocation se fonde principalement sur les similitudes de surface et la mise en correspondance sur les similitudes de structure. En fait, les résultats sont ambigus concernant un effet éventuel des similitudes structurelles dans l'accès en mémoire. Dans certaines expériences de l'étude, les analogues superficiellement différents sont mieux évoqués que les disanalogues superficiellement similaires, mais ce n'est pas toujours le cas. De même, les

analogues superficiellement similaires ne sont pas évoqués plus fréquemment que les disanalogues superficiellement similaires.

Selon Wharton et al. (1994 ; 1996), l'absence d'effet de la structure observée dans l'étude précédente trouve son origine dans le design expérimental employé, et plus précisément dans le fait qu'une seule situation source présente une similitude (l'un des quatre types de similitude présentés plus haut) avec chaque cible qui est présentée. Les auteurs postulent que le mécanisme d'évocation en mémoire est fondamentalement compétitif. Ainsi, une situation source qui partage une similitude avec la cible (ex : une similitude de surface) aurait davantage tendance à être évoquée si aucune autre situation source ne partage de similitude plus pertinente (ex : superficielle et structurelle) avec la cible. Dans les deux études de rappel d'histoires de Wharton et collègues, la condition classique où un même participant reçoit une seule source correspondant à chaque cible est comparée avec une « condition de compétition » où chaque participant reçoit plusieurs sources correspondant (sur différents types de similitude) à chaque cible. Dans l'étude de Wharton et al. (1994), deux sources correspondent à chaque cible (les sources et les cibles renvoient à une seule phrase et non à des textes comme dans Gentner et al., 1993). L'une des sources préserve à la fois la structure et la surface de la cible, l'autre source lui correspond uniquement au niveau de la surface. Les similitudes de structure manipulées concernent ici le fait que les objets similaires occupent ou non des rôles similaires. Par exemple, « le pasteur calme le businessman » est structurellement similaire à « le rabbin rassure le directeur » mais pas à « le dirigeant apaise le rabbin ». Lors de la lecture des phrases, les participants étaient invités à évaluer la plausibilité, la facilité à être imaginée et la significativité de chaque histoire sur des échelles de Likert. Les résultats ont mis en évidence un effet des similitudes de structure dans l'évocation analogique à la fois dans la condition de compétition et dans la condition classique où une seule source correspondait à chaque cible. Une différence plus marquée était observée entre les évocations de phrases structurellement similaires ou différentes dans la condition de compétition.

Wharton et al. (1996) ont cherché à déterminer si les similitudes de structure avaient un effet sur l'évocation analogique en l'absence de similitude de surface. Des histoires cibles et des histoires sources superficiellement différentes avec ou sans similitude de structure ont été

Tableau 2 : exemple de chaque type de correspondance dans l'étude de Gentner et al., (1993)

Histoire source

Karla, un vieux faucon, vivait en haut d'un grand chêne. Un après-midi, il vit un chasseur à terre avec un arc et des flèches grossières qui n'avaient pas de plumes. Le chasseur visa et tira sur le faucon mais rata. Karla savait que le chasseur voulait ses plumes alors il plana jusqu'au sol et proposa au chasseur de lui en donner quelques-unes. Le chasseur était si reconnaissant qu'il s'engagea à ne plus jamais attaquer de faucon. Il s'en alla et tira sur des chevreuils à la place.

Cible disanalogue superficiellement similaire (nommée correspondance de simple apparence)

Il était une fois un aigle nommé Zerdia qui donna quelques-unes de ses plumes à un amateur de chasse pour qu'il promette de ne plus attaquer d'aigle. Un jour, Zerdia était haut perché sur une falaise rocailleuse quand il vit l'amateur de chasse arriver avec une arbalète. Zerdia vola à la rencontre de l'homme, mais ce dernier l'attaqua et l'abattit d'une seule fléchette. En chute libre, Zerdia réalisa que la fléchette possédait ses propres plumes.

Cible analogue superficiellement différente (nommée correspondance analogique)

Il était une fois un petit pays appelé Zerdia qui avait appris à produire l'ordinateur le plus puissant du monde. Un jour, Zerdia fut attaqué par un pays voisin belliqueux, Gagrach. Mais les missiles étaient mal dirigés et l'attaque échoua. Le gouvernement de Zerdia réalisa que Gagrach voulait des ordinateurs Zerdiens et proposa ainsi au pays voisin de lui en vendre quelques uns. Le gouvernement de Gagrach était très satisfait. Il s'engagea à ne plus jamais attaquer Zerdia.

Cible analogue superficiellement similaire (nommée correspondance littérale)

Il était une fois un aigle nommé Zerdia dont le nid était lové sur une falaise rocailleuse. Un jour elle vit un amateur de chasse portant une arbalète avec des flèches sans plumes. L'amateur de chasse attaqua mais la flèche manqua sa cible. Zerdia réalisa que l'amateur de chasse voulait ses plumes alors elle vola vers ce dernier et lui en donna quelques-unes. L'amateur de chasse était satisfait. Il s'engagea à ne plus jamais attaquer un aigle.

Cible disanalogue superficiellement différente (nommée correspondance de relations d'ordre faible)

Il était une fois un petit pays appelé Zerdia qui avait appris à produire l'ordinateur le plus puissant du monde. Zerdia vendit l'un de ses ordinateurs puissants à son voisin, Gagrach, afin que Gagrach s'engage à ne plus attaquer Zerdia. Mais un jour, Zerdia fut envahi par une attaque surprise de Gagrach. Au moment de capituler, ce qu'il restait du gouvernement de Zerdia réalisa que les missiles de l'envahisseur avaient été guidés par des ordinateurs Zerdiens.

présentées dans le cadre d'une condition de compétition. Les évocations rapportées par les participants témoignent d'un effet significatif de la présence de similitudes de structure entre les histoires. Ces résultats montrent que les similitudes de structure ont un effet sur l'évocation analogique, et ceci même en l'absence de similitude de surface. Les deux études de Wharton et collègues illustrent donc qu'à niveau égal de similitude superficielle (i.e. faible ou élevé), un souvenir aura davantage tendance à être évoqué s'il préserve des similitudes structurelles.

Des études de rappel d'histoires ont été menées afin de déterminer si certains types de traits formant une similitude structurelle avaient plus d'influence que d'autres dans l'évocation analogique. Il a été proposé que les similitudes concernant des traits prédictifs entre épisodes – ceux qui sont à l'origine de la mise en œuvre d'un plan d'action – soient particulièrement utiles pour guider l'évocation (Seifert et al., 1994). Johnson et Seifert (1992) ont testé si les similitudes de traits prédictifs étaient plus efficaces que des similitudes de traits non prédictifs tels que ceux qui décrivent le résultat d'une action. Par exemple, une histoire source illustre un scénario de *vendre la peau de l'ours avant de l'avoir tué*. La cible contenant des similitudes de traits prédictifs décrivait le début d'un scénario dans lequel une personne était très confiante de toucher l'héritage d'une tante âgée et planifiait de dépenser beaucoup d'argent. La cible contenant des similitudes de traits décrivant le résultat d'une action présentait la suite du scénario où la personne dépensait beaucoup d'argent et finissait par apprendre que la tante l'avait déshéritée et qu'elle était désormais surendettée. Les résultats mettent en évidence que les deux types de traits ne diffèrent pas significativement dans le nombre d'évocations de la source analogue. Cependant, les traits prédictifs menaient à des évocations plus adéquates puisque les histoires cibles dans lesquelles ils étaient présents menaient significativement à moins d'évocations d'histoires sources distractives que les cibles possédant des traits décrivant le résultat d'une action. En guise de contrôle expérimental, les différentes paires d'histoires ont été présentées à des participants qui devaient juger de leur similitude globale ou de la validité des correspondances. L'absence de différence dans les jugements des participants dans les deux tâches semblent confirmer que les différences observées dans les expériences de rappel d'histoire n'étaient ni dues à une différence entre les histoires présentant des similitudes de traits prédictifs ou décrivant le résultat d'une action en terme de similitude globale ou de similitude structurelle (tâche de jugement de validité). Parmi l'ensemble des traits impliqués dans une similitude structurelle, les traits prédictifs semblent donc avoir une importance particulière dans le guidage des évocations analogiques.

L'influence respective des similitudes superficielles et structurelles a été plus finement analysée dans le cadre d'expériences où leur nombre a été manipulé systématiquement. Dans une étude de Catrambone (2002), les histoires présentées partageaient deux, quatre ou six traits de surface et deux, quatre ou six relations d'ordre faible. Une des sources décrivait un roi qui dépensait tellement d'argent à rénover des ponts pour faciliter le déplacement de ses troupes qu'il n'en avait plus assez pour financer les guerres qu'il envisageait. Suite à une remarque de son conseiller, il arrêta de rénover des ponts dans le but de partir en guerre, mais il se blessa en empruntant un pont qui avait été laissé inachevé. L'accident l'aida à réaliser qu'il devait mieux synchroniser ses activités de rénovation et ses activités militaires. La cible correspondante relatait l'histoire d'un astronaute dont l'obsession à rénover sa maison pour la convertir en observatoire l'empêchait de faire son travail. Après avoir réalisé cela, il arrêta de rénover sa maison pour se mettre au travail mais se blessa en marchant sur un outil abandonné sur le sol. Un exemple de terme introduit ou non au sein du texte cible pour constituer une similitude de surface avec la source est le mot *guerre* (i.e. il était mentionné ou non que l'astronome avait été embauché pour prédire l'issue de certaines guerres). Un exemple de relation d'ordre faible présentée ou non dans le texte cible pour constituer une similitude avec la source concernait le fait que quelqu'un avait aidé l'astronome à réaliser qu'il passait trop de temps à réorganiser sa maison (par opposition à un scénario où l'astronome l'aurait réalisé par lui-même), tout comme le conseiller du roi avait aidé ce dernier à réaliser son obsession. Une dernière manipulation concernait la présence ou l'absence d'une relation d'ordre élevé en commun entre les deux histoires. Par exemple, la cible décrivait ou non comme dans l'histoire cible un lien causal entre l'accident et le fait que le personnage réalise qu'il doit mieux coordonner les activités de rénovation avec ses autres activités. Les résultats ont mis en évidence que l'augmentation du nombre de traits de surface et celle du nombre de relations d'ordre faible en commun avait un impact comparable sur les taux d'évocation analogique. De plus, les similitudes de relations d'ordre faible avaient moins d'influence sur les taux d'évocation analogique lorsque la relation d'ordre élevé n'était plus présente. En revanche, les similitudes de surface influençaient l'accès indépendamment de la présence de la similitude de relation d'ordre élevé. Ces résultats suggèrent que la combinaison de similitudes d'ordre faible et d'ordre élevé est impliquée dans le rôle des similitudes de structure dans l'évocation analogique.

Dans l'ensemble, les travaux expérimentaux ayant utilisé une tâche de rappel d'histoires suggèrent que les similitudes de surface ont un effet prépondérant dans l'évocation analogique.

Le résultat qui met le plus en évidence le rôle dominant des similitudes de surface sur les similitudes de structure est celui qui montre que les disanalogues superficiellement similaires sont plus fréquemment évoqués que les analogues superficiellement similaires (Gentner et al., 1993). Les études montrent néanmoins que, à niveau de similitude superficielle égal, les similitudes de structure ont un effet significatif sur l'accès en mémoire (Wharton et al., 1994 ; 1996).

L'interprétation privilégiée par les chercheurs pour expliquer les échecs fréquents d'évocation analogique en l'absence de similitude de surface concerne la nature de l'encodage. En effet, ce dernier serait majoritairement axé sur les traits de surface des situations, ce qui ne permettrait pas de fonder l'évocation sur des similitudes purement structurelles (Gentner et al., 2003). Cette hypothèse a donné lieu à un ensemble d'études visant à investiguer des manipulations expérimentales qui induiraient un encodage plus abstrait afin de favoriser l'évocation analogique en l'absence de similitude de surface. Ces études sont particulièrement intéressantes en ce qu'elles établissent un lien direct entre la qualité de l'encodage et les similitudes sur lesquelles l'évocation analogique peut se fonder.

1.2. LES MANIPULATIONS EXPERIMENTALES AMELIORANT L'ENCODAGE

1.1.1. La comparaison entre analogues

Il a été suggéré que la difficulté à évoquer des analogues superficiellement différents trouve son origine au sein du mécanisme d'encodage qui ne serait pas suffisamment orienté vers les propriétés structurelles des analogues. Les études ont donc cherché à identifier des moyens pour induire un encodage plus profond des situations afin de faciliter les évocations d'analogues structurellement similaires. De nombreuses recherches ont tenté d'évaluer si la comparaison entre analogues pouvait avoir un tel effet. Holyoak et ses collègues ont fait l'hypothèse que la comparaison d'analogues permettait l'extraction d'un schéma explicite capturant les similitudes essentielles (i.e. structurelles) des analogues (Catrambone & Holyoak, 1989 ; Gick & Holyoak, 1983). Ce schéma serait par la suite plus facilement accessible en mémoire sur la base d'indices structurels puisqu'il maximise les similitudes avec une cible analogue superficiellement différente (i.e. du fait qu'il ne présente pas de traits de surface différents). Les auteurs ont testé cette hypothèse en fournissant deux analogues sources à un groupe de participants contre un seul analogue source et un problème source non relié (i.e.

disanalogue) à un groupe contrôle. Par exemple, un problème analogue source présenté avec le problème du général d'armée décrit un chef pompier qui parvient à éteindre un incendie en donnant l'ordre d'encercler le foyer et de jeter des seaux d'eau simultanément (voir Tableau 3). Les participants à qui il était demandé de trouver les similitudes entre les deux problèmes analogues sources parvenaient mieux à transférer spontanément (de même qu'après incitation explicite) la solution de convergence vers le problème de radiation que ceux qui avaient étudié deux problèmes sources non reliés. Aussi, la consigne explicite de comparer les deux analogues sources s'est avérée nécessaire pour faciliter le transfert. Les participants qui lisaient les deux analogues sources l'un après l'autre sans incitation à les comparer ne témoignaient pas de meilleures performances que le groupe contrôle. Un autre résultat important est que, parmi les participants qui étaient incités à comparer deux problèmes analogues, ceux qui décrivaient des similitudes pertinentes (i.e. structurelles) avaient tendance à mieux réussir la tâche de transfert spontané. Ainsi, la qualité du schéma extrait semble déterminer les capacités d'évocation analogique telles qu'elles se traduisent dans le transfert spontané. Dans une étude sur le transfert spontané de stratégies de négociation, Gentner et al. (2003) ont également mis en évidence l'importance de guider les participants dans l'activité de comparaison des analogues sources, l'effet de cette comparaison dans la compréhension du schéma, et l'influence de la qualité du schéma extrait sur le transfert spontané. Cette étude a aussi démontré qu'une comparaison d'analogues réalisée dans la modalité « papier-crayon » permet de généraliser le concept appris dans le cadre d'une simulation en face-à-face impliquant des aspects contextuels très différents.

D'autres études ont montré que l'effet bénéfique de la comparaison pouvait également être exploité lorsque celle-ci a lieu au moment de l'évocation (Gentner et al., 2009 ; Kurtz & Loewenstein, 2007). Kurtz et Loewenstein (2007) ont mis en évidence que la comparaison de deux problèmes cibles (dont le problème de radiation qui devait être résolu) avait un effet comparable à la comparaison de deux problèmes sources (dont le problème du général) sur le transfert spontané de la solution de convergence. Ces résultats suggèrent que l'extraction d'un schéma abstrait à partir de deux analogues cibles est efficace pour promouvoir l'évocation analogique. Gentner et al. (2009) se sont intéressés à l'effet bénéfique de la comparaison d'analogues cibles sur l'évocation analogique de façon indépendante des autres processus

Tableau 3 : exemples d'analogues sources à comparer dans l'étude de
Catrambone et Holyoak (1989)

Problème du général d'armée

Un petit pays était sous la coupe d'une forteresse dirigée par un dictateur. La forteresse était au centre du pays, entourée de fermes et de villages. Plusieurs routes du pays conduisaient à la forteresse. Un général rebelle voulut attaquer la forteresse. Le général savait que si son armée était mobilisée, elle réussirait à attaquer la forteresse. Il rassembla son armée sur l'une des routes, prêt à lancer une offensive de grande envergure. Mais le général apprit que le dictateur avait posé des mines sur chacune des routes. Les mines étaient posées de telle façon que seul un petit nombre d'hommes pouvait passer sain et sauf. Ainsi, une troupe trop importante ferait sauter les mines. Non seulement cela ferait sauter la route, mais cela détruirait aussi de nombreux villages voisins. Il paraissait ainsi impossible d'attaquer la forteresse.

Cependant, le général conçut un plan simple. Il divisa son armée en petites unités et répartit chacun des groupes sur une des routes. Quand ils furent tous prêts, il donna le signal et chacun des groupes s'engagea sur une route différente. Chaque groupe chemina vers la forteresse et l'armée entière arriva à la forteresse au même moment. De cette façon, le général assiégea la forteresse et renversa le dictateur.

Problème du chef pompier

Une nuit, un abri en bois pris feu dans la propriété de M. Johnson. Dès qu'il aperçut les flammes, il fit sonner l'alarme, et quelques minutes plus tard, plusieurs dizaines de voisins arrivèrent avec des seaux. L'abri était déjà en feu, et tout le monde craignait que l'incendie se propage vers la maison si rien n'était fait pour l'arrêter. Heureusement, l'abri était situé près d'un lac et une grande quantité d'eau était donc disponible. Le feu pouvait être éteint si un grand volume d'eau s'abattait sur ce dernier d'un seul coup. Mais il était difficile de s'en sortir avec des seaux de faible contenance. Le volume d'eau contenu dans chaque seau paraissait s'évaporer entièrement avant même de toucher le bois. La maison semblait ainsi condamnée.

À ce moment-là, le chef pompier arriva. Il prit immédiatement les choses en main et donna des instructions à chacun. Il demanda à tout le monde de remplir son seau d'eau et d'attendre en cercle autour de l'abri en feu. Dès que la dernière personne fut prête, le chef poussa un cri et tout le monde jeta un seau d'eau en direction du feu. La force de l'ensemble de l'eau jetée atténua immédiatement le feu qui devint alors sous contrôle. M. Johnson était soulagé que sa maison soit épargnée, et le village vota pour que le chef pompier touche une prime.

impliqués dans le transfert spontané. L'une des particularités de l'étude est qu'elle est centrée sur l'évocation d'expériences personnelles. Les participants étaient des consultants professionnels en management. Ils devaient prendre connaissance de deux exemples analogues impliquant la même stratégie de négociation et étaient invités ou non à les comparer. Pour tester l'évocation analogique, il est ensuite demandé aux participants de rapporter un exemple de leur propre expérience qui respecterait le même principe. Le transfert spontané était évalué dans le contexte de la simulation en face-à-face d'une situation de négociation. Il était noté si le participant exploitait la stratégie de négociation introduite dans les exemples précédents. Les résultats montrent que les participants parviennent beaucoup mieux à évoquer un analogue

superficiellement différent dans la condition de comparaison de cibles que dans la condition sans comparaison. En cohérence avec les résultats d'études antérieures, les performances de transfert spontané sont également meilleures chez les participants qui ont effectué l'activité de comparaison. Dans la même étude, les résultats concernant l'effet facilitateur de la comparaison de cibles sur l'évocation analogique ont été répliqués dans le contexte d'une tâche de rappel d'histoires où les souvenirs des participants sont mieux contrôlés. Dans l'ensemble, les études qui se sont focalisées sur la comparaison entre analogues suggèrent que la construction d'une catégorie abstraite schématisant la structure des analogues est déterminante pour améliorer les performances d'évocation analogique. D'autres études ont investigué l'effet des caractéristiques des termes employés dans la description des stimuli expérimentaux sur l'encodage et l'évocation analogique.

1.1.2. Le rôle du langage

Dans la littérature portant sur l'analogie, une attention particulière a été attribuée au rôle du langage dans l'extraction de notions généralisables à travers différents contextes. Il est apparu que les termes utilisés dans la description des stimuli façonnent le transfert analogique. Clement, Mawby et Gilles (1994) se sont ainsi intéressés à l'influence du type de formulation des relations exprimées au sein d'analogues superficiellement différents sur leur facilité à être récupérés en mémoire. L'hypothèse était que l'évocation analogique pouvait être améliorée si les similitudes relationnelles étaient rendues plus saillantes, en remplaçant des formulations spécifiques des relations par des relations génériques pouvant s'appliquer aux domaines des deux analogues. Dans la première condition d'une expérience, les histoires analogues présentaient des relations d'ordre faible spécifiques (ex : des créatures qui, après un combat, *arrachent avec les dents* les parties intactes du corps de leur adversaire et *se les greffent* à la place des parties blessées de leur propre corps / des candidats à des élections qui, après avoir remporté un débat, préparent leurs discours ultérieurs en *rayant* leurs arguments et en *inscrivant* à la place les idées plus efficaces des candidats éliminés). Dans une seconde condition, les histoires analogues décrivaient des relations d'ordre faible plus générales (ex : des créatures qui, après un combat, *substituent* les parties intactes du corps de leur adversaire aux parties blessées de leur propre corps / des candidats à des élections qui, après avoir remporté un débat, préparent leurs discours ultérieurs en *remplaçant* leurs arguments par les idées plus efficaces des candidats éliminés). Les résultats montrent que les taux d'évocations analogiques

étaient plus élevés lorsque les analogues décrivaient des relations génériques plutôt que spécifiques. Dans une deuxième expérience, il a été démontré que l'introduction d'un seul terme général rendant explicite une relation d'ordre élevée au sein des deux analogues améliorait les performances d'accès en mémoire. C'était notamment le cas lorsque le verbe « équilibre » était introduit au sein de la description d'une histoire (stipulant qu'un aliment contient un élément augmentant dangereusement le taux de glucose dans le corps d'un animal, mais que cet aliment comporte également un autre élément le réduisant) et que le verbe « compense » était ajouté à un texte analogue (dans lequel les mesures prises par un maire bénéficient au développement de sa ville alors que celles qui sont mises en place par le conseil municipal lui sont délétères). L'interprétation des auteurs est que l'amélioration des performances d'évocation analogique trouve son origine dans le fait que les termes relationnels génériques allègent le degré de représentation nécessaire pour apprécier les relations abstraites communes aux analogues.

Jamrozik et Gentner (2020) ont suggéré que les relations sont généralement encodées de façon contexte-spécifique mais que l'utilisation d'un même label relationnel dans des situations analogues de différents domaines favorisait l'encodage d'un même système relationnel. Les auteurs ont utilisé un paradigme de rappel d'histoire pour tester l'effet de la présence d'un label relationnel sur l'évocation analogique. Les sources préservaient soit une similitude de surface, soit une similitude de structure, soit aucune similitude avec les cibles. La présence ou l'absence d'un label relationnel (ex : « ceci est un exemple de boucle de rétroaction positive ») était manipulée lors de la présentation des histoires sources et des histoires cibles. L'hypothèse était que l'introduction de labels relationnels accompagnant uniquement les sources, uniquement les cibles, ou les deux types d'histoires, augmenterait les taux de rappel des analogues superficiellement différents. Cette hypothèse a été validée par les résultats. Les participants ne bénéficiant pas de labels relationnels rappelaient une grande majorité de disanalogues superficiellement similaires. La présence d'un label relationnel accompagnant les sources ou les cibles augmentait les taux d'évocations d'analogues superficiellement différents. Les taux d'évocation analogique étaient les plus élevés lorsque les labels étaient présentés à la fois avec les sources et les cibles. Une seconde expérience a mis en évidence que la présentation d'un label décrivant le domaine sémantique des histoires (ex : « ceci est un exemple d'anatomie ») n'avait pas d'effet significatif sur le type d'évocations analogiques produit. Ces résultats ont été interprétés par les auteurs comme le reflet du rôle joué par les labels relationnels. Ceux-ci favorisaient les évocations structurelles en promouvant l'encodage d'un

même système relationnel à travers des situations de différents domaines, alors que les labels de domaine n'ont pas d'effet sur l'évocation superficielle puisque les objets seraient encodés de façon stable quels que soient les contextes.

Deux explications possibles à l'influence bénéfique de la présence de labels sur le transfert analogique spontané ont été évaluées empiriquement (Son, Doumas & Goldstone, 2010). La première possibilité envisagée est que les labels disposent de propriétés génériques indépendantes de leur signification facilitant l'extraction de structure et invitant à comparer les analogues. La seconde est que les propriétés sémantiques associées aux labels (leur signification) servent d'indices pour inférer la structure des exemplaires. Dans l'étude menée par Son et al. (2010), un exemple source de situation faisant intervenir la théorie du signal était présenté avant l'introduction d'un exemple analogue cible superficiellement différent. L'exemple source décrit un médecin qui tente de trier des personnes saines ou en mauvaise santé en fonction de l'état plus ou moins bon de leurs cellules sanguines. Bien que cet indicateur ne soit pas parfaitement fiable, le médecin fixe un seuil de qualité des cellules pour décider si une personne est saine ou en mauvaise santé. La justesse des décisions du médecin sont présentées a posteriori. L'analogue cible concerne une petite ville exportant des melons qui cherche à trier ceux qui sont amers et ceux qui sont sucrés. L'indicateur imparfait qui est utilisé est le poids des melons, car les bons melons sont plus juteux et tendent donc à être plus lourds, alors que les mauvais melons sont généralement plus légers. Le transfert de la structure relationnelle sous-tendant la théorie de la détection du signal était évalué à travers un questionnaire de compréhension de ce dernier problème. Pour l'un des deux groupes de participants constitués, des labels relationnels (ex : *cible*, *distracteur*, *touche*, *manquement*, *rejet correct*, *fausse alarme*) accompagnaient l'exemple source. Afin de tester l'effet des labels en terme d'invitation à comparer les analogues, l'alignement des exemples était manipulé. L'alignement était rendu relativement facile lorsque les éléments correspondants avaient la même valence positive ou négative (ex : les cibles à détecter étaient les personnes saines dans le premier problème et les melons sucrés dans le second). L'alignement était rendu plus difficile lorsque les éléments correspondants avaient une valence différente (ex : les cibles à détecter étaient les personnes saines dans le premier problème et les melons amers dans le second). Dans le but d'évaluer l'effet de la sémantique des labels sur l'interprétation de la structure, ces derniers étaient appliqués à des éléments qui avaient la même valence (ex : les personnes saines étaient décrites comme les *cibles* qui devaient être détectées – terme positif relativement à celui

de *distracteurs*) ou une valence différente (ex : les personnes malades étaient décrites comme les *cibles* qui devaient être détectées). L'avantage suscité par l'introduction des labels sur les performances de transfert a été constaté lorsque les exemples pouvaient être le plus facilement alignés, suggérant un effet dû à l'invitation à comparer les analogues. Aucun avantage de l'introduction des labels correspondant sémantiquement à leur référent n'a été constaté. En revanche, l'introduction de label ne correspondant pas sémantiquement à leur référent avait un impact négatif sur le transfert, ce qui illustre le rôle de la sémantique des labels sur l'interprétation de la structure. La littérature suggère donc que la présence de labels relationnels favorise l'évocation analogique. Ces derniers permettraient de représenter les analogues à un certain niveau d'abstraction, contraignant un encodage cohérent avec le schéma évoqué, et constitueraient des invitations implicites à comparer les analogues. Une autre manipulation expérimentale visant à promouvoir un encodage abstrait consiste à mettre en avant le fait que les sources s'inscrivent dans une catégorie commune.

1.1.3. Le statut catégoriel

Kurtz et Honke (2019) ont proposé que l'accès à des connaissances antérieures à partir d'indices de l'environnement pouvait emprunter deux voies. L'approche la plus courante est de considérer que le traitement de l'information emprunte la *voie mnésique*, qui permet le stockage, la récupération et l'évocation d'expériences. Cette voie est distinguée de la *voie catégorielle*, par laquelle le sujet cherche activement une catégorie en mémoire afin de déterminer le type de situations auquel appartient une nouvelle expérience et de lui attribuer une signification. Les auteurs avancent une explication des échecs fréquents d'évocation analogique qui a trait au fait que les sources analogiques n'auraient pas acquis le *statut de catégorie*, et ne pourraient donc bénéficier de la voie catégorielle pour être évoquées. L'hypothèse qui en découle est que l'attribution du statut de catégorie des sources analogiques serait un moyen efficace pour améliorer le transfert spontané. Dans les expériences menées par les auteurs, une condition favorisant l'attribution du statut de catégorie est contrastée avec une condition de comparaison analogique plus classique. Dans la condition de comparaison, les similitudes et les différences de deux problèmes analogues superficiellement différents devaient être décrites par les participants. Dans la condition encourageant l'attribution du statut de catégorie, une tâche de catégorisation était proposée aux participants. Ils devaient constituer deux regroupements à partir de six problèmes en fonction de leur principe de solution.

L'introduction de trois problèmes analogues superficiellement différents vise à renforcer le statut de catégorie du principe et l'introduction de trois contre-exemples (i.e. problèmes disanalogues superficiellement différents) est destinée à rendre saillantes les frontières de la catégorie. Un problème cible superficiellement différent mais préservant le principe de résolution introduit lors de l'entraînement devait ensuite être résolu. Les résultats mettent en évidence que les participants ayant effectué la tâche de catégorisation témoignent de meilleures performances de transfert spontané, et indiquent plus fréquemment avoir remarqué la similitude avec les problèmes sources, que ceux qui avaient accompli une activité de comparaison. Ils suggèrent que l'attribution du statut de catégorie à un certain principe est une méthode particulièrement efficace – plus encore que la comparaison – pour promouvoir l'évocation analogique et le transfert spontané. Cependant, une expérimentation menée pour contrôler la possibilité que l'avantage observé dans la condition de catégorisation ne soit pas dû à l'attribution d'un statut de catégorie mais à une comparaison avec un plus grand nombre d'exemplaires et avec des contre-exemples, mène à des conclusions plus nuancées. En effet, les participants qui effectuent la tâche de catégorisation décrite plus haut ne témoignent pas de performances de transfert spontané supérieures à celles de participants auxquels sont présentés les mêmes problèmes sources (i.e. exemples et contre-exemples) sans tâche de catégorisation. L'interprétation des auteurs concernant l'origine de cette absence de différence est que la présentation de ces exemplaires, tout comme l'activité de comparaison de deux analogues dans une moindre mesure, est en soi une incitation à attribuer un statut de catégorie au principe. En somme, cette étude offre de nouvelles preuves expérimentales de l'importance d'extraire une catégorie pour favoriser l'évocation analogique. Cette extraction semble favorisée par la présentation de multiples exemples analogues et de contre-exemples pour délimiter les frontières de cette catégorie. Une autre approche visant à favoriser la mise en oeuvre d'analogies spontanées a été de proposer un matériel perceptif construit dans le but de supporter l'encodage d'informations abstraites.

1.1.4. Les supports perceptifs

Un ensemble de recherches suggèrent que les représentations perceptives supportent la manipulation de concepts abstraits. Les travaux dans le champ d'étude de la cognition incarnée défendent l'idée selon laquelle la représentation des concepts abstraits repose sur des données perceptives issues de l'expérience concrète (ex : Barsalou, 1999 ; Lakoff & Johnson, 1999). Il a

notamment été mis en évidence que certaines propriétés (ex : crinière) étaient représentées à travers des informations perceptives propres à leur contexte d'apparition (ex : la crinière d'un lion versus la crinière d'un cheval, Solomon & Barsalou, 2001). D'autres auteurs ont identifié que des métaphores conceptuelles permettaient d'appréhender des concepts abstraits par l'intermédiaire de concepts issus de l'expérience sensorielle (Boroditsky, 2000 ; Lakoff & Johnson, 1999). Il est considéré que les représentations perceptives supportent le raisonnement impliquant la manipulation de concepts abstraits dans des activités variées telles que la lecture ou les mathématiques. Dans cet esprit, Day et Goldstone (2012) argumentent que les contenus présentant des informations perceptives peuvent favoriser l'élaboration de représentations intégrant également des éléments plus abstraits.

Goldstone et ses collègues postulent que la présentation de matériel concret permet de désambiguïser l'interprétation de symboles abstraits en leur associant un contexte d'application (Fyfe, McNeil, Son & Goldstone, 2014). Ce matériel permet également de relier ces symboles à des expériences perceptives qui supportent la représentation de concepts abstraits auxquels elles sont reliées. Un autre avantage est qu'il reste possible de raisonner à partir des représentations perceptives dans les cas où les notions abstraites ne seraient plus accessibles en mémoire. Néanmoins, certains aspects du matériel concret sont susceptibles d'entraver le transfert. En effet, les éléments concrets décrits sont étroitement reliés à un contexte spécifique. De plus, ce format est caractérisé par un haut niveau de détails visuels, donc de traits de surface non pertinents. Il est proposé qu'un matériel présentant des représentations physiques et spatiales appauvries en détails visuels (*représentations idéalisées*) peut combiner les apports des modalités de présentation concrète et abstraite. Goldstone et Son (2005) ont étudié le transfert d'un concept scientifique inconnu des participants (i.e. *spécialisation par compétition*) suite à la présentation de deux versions d'une simulation perceptive source impliquant des fourmis se spécialisant pour des ressources alimentaires. En fonction de la condition expérimentale, ces deux versions étaient toutes deux concrètes (i.e. des fourmis et des pommes), toutes deux idéalisées (des points et des tâches grises), l'une concrète puis l'autre idéalisée (condition d'*effacement de la concrétude*) ou enfin l'une idéalisée puis l'autre concrète (introduction de la concrétude). La situation cible faisait intervenir le même concept dans un domaine très différent (i.e. spécialisation de catégories pour répondre à des stimuli visuels). L'hypothèse était que la condition d'effacement de la concrétude serait la plus propice à susciter le transfert car elle permettait d'abord d'ancrer le concept dans un matériel concret favorisant

les connexions avec des référents de la vie quotidienne, puis d'encourager une représentation moins rattachée à un domaine spécifique. La compréhension de la première et de la seconde situation (transfert) était évaluée par des questions de compréhension portant sur le principe de spécialisation par compétition. Les participants témoignaient de meilleures performances de compréhension de la première et de la seconde situation lorsqu'ils bénéficiaient à la fois d'une version concrète et d'une version idéalisée de la simulation perceptive source. Conformément à l'hypothèse des chercheurs, la condition d'effacement de la concrétude était celle qui donnait lieu aux performances les plus élevées.

Une question qui a émergé dans la littérature concerne l'apport potentiel des diagrammes dans l'amélioration des performances de transfert analogique. Elle soulève la possibilité que les propriétés perceptives des diagrammes permettent un encodage plus profond favorisant le transfert spontané. Pedone, Hummel et Holyoak (2001) ont étudié l'utilisation de diagrammes statiques ou d'animations représentant le principe de convergence dans la résolution analogique du problème de radiation. La force importante initiale était représentée par de grandes flèches alignées et les plus petites forces convergeant vers le point central par de plus petites flèches. Il s'est avéré que la présentation d'un diagramme statique ne permettait pas aux participants d'utiliser spontanément la solution de convergence de façon plus fréquente qu'un groupe contrôle ne recevant aucun analogue source. Lorsqu'une explication verbale soutenait l'interprétation du diagramme, une hausse de transfert apparaissait. Il est également apparu qu'une animation décrivant les flèches en mouvement vers le point central donnait lieu à des performances de transfert significativement plus importantes que les diagrammes statiques, et ce, même en l'absence d'explication verbale. Plus récemment, Kubricht, Lu et Holyoak (2017) ont comparé l'effet de la présentation d'un diagramme statique avec une description verbale, d'une animation accompagnée d'une description verbale, ou d'une description verbale seule, sur la compréhension du principe de convergence et le transfert vers le problème de radiation. Quatre diagrammes/animations épurés (i.e. idéalisés dans les termes de Day & Goldstone, 2012) décrivaient une cible centrale (à détruire) entourée d'une barrière (à ne pas détruire) ainsi que des canons leur infligeant des dégâts variables en fonction de leur nombre (seul ou multiple) et de la puissance des tirs (forte ou faible). La description verbale auditive décrivait les concepts pertinents (ex : « de multiples canons formant un cercle et qui tirent des boulets de petite taille simultanément n'infligent pas de dégâts à la barrière et des dégâts modérés à la cible centrale »). Des questions destinées à évaluer la compréhension du

principe de convergence étaient adressées aux participants à propos des situations sources. Un test d'intelligence fluide était aussi complété par les participants afin de mesurer l'impact de différences interindividuelles potentielles sur la compréhension et le transfert. Les résultats ont mis en évidence que la présentation d'une animation augmentait significativement les taux de transfert spontané en comparaison à la présentation seule d'une description verbale. En revanche, la présentation de diagrammes statiques ne favorisait pas le transfert spontané. De plus, il semble que le bénéfice apporté par les animations réside dans une meilleure compréhension du principe incarné par la situation source. Enfin, les analyses ont révélé que les participants ayant obtenu un faible score au test d'intelligence fluide étaient ceux qui bénéficiaient le plus des animations relativement aux autres supports. Globalement, il est suggéré que les animations introduites permettent de focaliser l'attention sur les relations dynamiques pertinentes pour l'extraction d'un schéma abstrait, ce qui est renforcé par le nombre réduit de détails visuels qu'elles présentent.

Les études ayant pour objectif d'améliorer les performances d'évocation analogique offrent un éclairage important sur les mécanismes sous-tendant ce processus. En effet, elles confirment expérimentalement le lien ténu qui relie les caractéristiques de l'encodage opéré au type d'évocation analogique qui est mis en oeuvre. Il apparaît que les manipulations expérimentales efficaces sont celles qui visent à promouvoir l'abstraction d'une représentation schématisée, c'est-à-dire d'une catégorie abstraite orientée vers la structure et laissant de côté les traits de surface non pertinents des analogues. Les évocations structurelles semblent donc dépendre de l'extraction d'une telle catégorie lors de l'encodage.

Si les études citées dans cette section renseignent le processus selon lequel l'encodage peut être modifié suite à une manipulation expérimentale, elles donnent peu d'informations concernant les processus d'encodage tels qu'ils interviennent de façon spontanée lorsqu'une situation est rencontrée. Dans le chapitre suivant, les recherches qui ont porté sur les processus d'encodage spontané et le lien qu'ils entretiennent avec l'évocation analogique seront passées en revue.

CHAPITRE 3 : PROCESSUS D'ENCODAGE SPONTANE ET EVOCATION ANALOGIQUE

1.1. L'ENCODAGE SUPERFICIEL : CONSEQUENCE D'UN PARADIGME EXPERIMENTAL ?

1.1.1. Les analogies produites en milieu écologique

Face aux échecs d'évocation analogique reportés dans les études menées en laboratoire, un certain nombre de chercheurs ont porté leur regard sur les analogies qui sont produites en dehors du contexte expérimental. Dunbar (2001) propose ainsi une distinction entre l'approche expérimentale classique *in vitro* consistant à étudier la cognition par le biais d'expériences dans un contexte contrôlé par les expérimentateurs, et l'approche *in vivo*, qui consiste à observer les comportements tels qu'ils se déroulent dans des contextes naturels, sans intervention de l'expérimentateur. Dans cet esprit, Dunbar (1996) a filmé puis analysé les échanges de chercheurs en biologie moléculaire menés dans le cadre de séminaires de laboratoire hebdomadaires. Les analogies produites lors de ces échanges ont été classifiées en fonction de leur degré de similitude de surface ainsi que par rapport au but dans lequel elles ont été produites. La source et la cible étaient codées comme faisant référence au même organisme biologique (ex : comparaison du fonctionnement du virus du VIH dans un contexte InVivo et du même virus dans un contexte InVitro), à un organisme biologique différent (ex : comparaison du virus de l'Herpès et du virus Ebola) ou comme provenant de domaines sémantiques différents (ex : comparaison entre un résultat dû au hasard (réaction en chaîne par polymérase) et un singe écrivant du Shakespeare). Les résultats ont montré que la quasi-totalité des sources analogiques produites décrivaient le même organisme biologique ou un organisme biologique différent de celui de la cible et provenaient ainsi très rarement d'un domaine sémantique différent de celui de la cible. Dunbar précise que la grande majorité de ces analogies, bien que faisant intervenir le domaine de la biologie, repose sur la mise en correspondance de relations d'ordre élevé et non de traits de surface entre la source et la cible (Dunbar, 2001). Les analyses ont révélé que les analogies étaient principalement produites lorsque le but était de formuler une hypothèse, créer une expérimentation, donner une explication (ex : d'un résultat inattendu) ou modifier un paramètre d'une expérimentation. De

plus, le type de but poursuivi avait une influence sur le type d'analogies produites. Alors que les analogies produites pour créer une expérimentation, donner une explication ou modifier un paramètre d'une expérimentation faisaient intervenir une proportion équivalente de sources provenant du même organisme biologique ou d'un organisme biologique différent de la cible, les analogies produites pour aider à formuler une hypothèse faisaient généralement référence à des sources décrivant un organisme biologique différent de celui de la cible. Dans la continuité de cette approche, Dunbar et Blanchette (2001) ont étudié les analogies produites par des politiciens et des journalistes dans un ensemble de journaux et lors de meetings politiques. Une nouvelle fois, les analogies recueillies étaient généralement basées sur des similitudes structurelles. Dans ce contexte, la grande majorité des analogies produites faisaient en fait intervenir un domaine différent de celui de la politique, illustrant de façon d'autant plus claire la capacité à évoquer des analogues sur la base de similitudes structurelles.

Depuis les premières études de Dunbar, l'approche *in vivo* a été répliquée pour étudier les analogies spontanément produites par les sujets au sein d'un large éventail de domaines. Christensen et Schunn (2007) se sont focalisés sur les analogies produites par des ingénieurs spécialisés dans le design de technologies médicales au cours de séminaires de développement de produits. Dans ce contexte, les analogies faisant intervenir des domaines éloignés de celui des technologies médicales étaient aussi fréquentes que les analogies faisant référence au domaine médical. Des analyses complémentaires ont montré que les analogies inter-domaines partageaient généralement très peu de traits de surface avec la cible. En cohérence avec les analyses et les résultats de Dunbar (1996), l'étude met en évidence l'impact du but poursuivi sur le type d'analogies effectuées. Alors que les analogies inter-domaines sont majoritairement produites lorsque le but est d'expliquer un nouveau concept à des collègues, les analogies intra-domaines sont plus fréquentes lors de l'identification d'un problème (i.e. identifier un défaut que pourrait présenter un nouveau design à la lumière d'une difficulté identifiée au sein d'une source analogue). Les deux types d'analogies se manifestent en proportion équivalente dans la résolution de problèmes. Les auteurs présentent un exemple de résolution de problème basée sur une analogie inter-domaine où les ingénieurs envisageant d'utiliser un matériau proche de celui des stores vénitiens métalliques pour concevoir un outil médical pliable qui pourrait être aisément transporté. Des résultats comparables sont reportés dans une étude menée auprès d'économistes lors de réunions centrées sur des discussions d'articles (Kretz & Krawczyk, 2014). Une proportion équilibrée d'analogies faisait intervenir un domaine éloigné et un

domaine proche de l'économie (i.e. économie, finance, statistiques, probabilités, théorie des jeux). La majorité des analogies ne reposaient sur aucun trait de surface partagé par les analogues. Une nouvelle fois, les analogies produites étaient modulées par le but poursuivi. Les analogies inter-domaines étaient les plus fréquemment impliquées pour convier une image visuelle (i.e. provoquer une image mentale dans l'esprit de l'interlocuteur), alors que l'exemplification, qui consiste à présenter la cible comme un exemple de concept source, faisait davantage appel à des analogies intra-domaines.

Richland, Holyoak et Stigler (2004) rapportent également que la majorité des analogies produites par des enseignants à destination d'élèves de quatrième en cours de mathématiques impliquent peu de similitudes de surface et qu'un quart d'entre elles font référence à un domaine source éloigné du domaine de la cible (ex : « c'est comme une balance, si tu divises par 60 d'un côté de l'équation, il faut diviser par 60 de l'autre »). De plus, les objectifs pédagogiques de l'enseignant semblent moduler les analogies proposées. Des analogues provenant d'autres domaines que celui des mathématiques ainsi que des schémas abstraits sont privilégiés pour expliquer des savoirs purement conceptuels (i.e. expliquer des phénomènes mathématiques référencés par un nom ou des règles générales, ex : le concept de fraction) ou des savoirs conceptuels associés à des procédures (ex : expliquer le concept de périmètre et comment le mesurer dans le cadre d'un certain problème). Des exemples perceptivement similaires à la situation travaillée sont préférés pour expliquer des procédures lorsque l'apprentissage du concept n'est pas directement en jeu (ex : inviter à reproduire une procédure de factorisation). Parallèlement, les analogies suscitées par une difficulté repérée chez l'élève tendent à solliciter plus de similitudes de surface, ce qui se justifie par le fait que ce type d'analogies est supposément intégré plus facilement. Les analogies avec des sources issues de domaines éloignés ou avec des schémas abstraits sont plus fréquentes lorsque l'élève ne manifeste pas de difficulté.

L'étude de Bearman, Ball et Ormerod, 2007 avait pour objectif de déterminer par le biais de la méthode *in vivo* si les novices démontraient également une capacité à utiliser des analogies basées sur des similitudes relationnelles. Les analogies ont été recueillies auprès de groupes de novices et d'experts en management lors de séances d'étude de cas impliquant des problématiques commerciales. Aussi bien les novices que les experts produisaient un plus grand nombre d'analogies basées sur des similitudes relationnelles (dans l'étude, cette catégorie

regroupe les analogies basées sur des relations d'ordre faible ou d'ordre élevé, avec ou sans similitude de surface) que d'analogies exclusivement fondées sur des similitudes en terme d'objets et d'attributs d'objets. Les analogies servaient principalement la fonction de résoudre des problèmes en imaginant de nouvelles solutions et d'illustrer des idées préexistantes. Ces buts ne semblaient pas interagir avec le type d'analogies produites, malgré une tendance non significative des novices à utiliser davantage de comparaisons basées exclusivement sur des objets ou des attributs d'objets que d'analogies relationnelles lorsque le but était d'illustrer une idée.

Globalement, les analogies qui ont été recueillies dans le cadre des études *in vivo* se sont avérées être de nature différente de celles qui ont été reportées dans les études *in vitro* classiques. Elles semblent témoigner d'une capacité à fonder spontanément des analogies sur des similitudes structurelles profondes, en contraste avec les échecs qui avaient été mis en évidence jusqu'ici dans la littérature. Il peut également être noté que la préférence pour des analogies faisant intervenir ou non des similitudes de surface varie en fonction du but du sujet. Les données issues des observations écologiques ont incité les chercheurs à se poser la question de l'origine du décalage avec les résultats obtenus en laboratoire.

1.1.2. Le paradigme de production : vers davantage de validité écologique ?

Selon Dunbar, la raison du décalage observé entre les analogies spontanément produites en laboratoire et en contexte naturel a à voir avec le type de sources qui peut être utilisé. En laboratoire, les sources sont imposées par l'expérimentateur ; ce sont celles qui ont été proposées au participant lors de la première phase de l'expérimentation. En revanche, les sujets observés en contexte naturel produisent leurs propres sources analogiques. Afin de tester cette hypothèse dans un contexte expérimental contrôlé, Blanchette et Dunbar (2000) ont élaboré le paradigme de production dans lequel les participants doivent produire des analogies face à une situation cible. Un débat d'actualité au moment où l'étude a été menée au Canada portait sur l'importance ou non d'adopter une politique de réduction de la dette nationale. Les participants jouaient le rôle de consultants dont la tâche était de produire des analogies pour convaincre la population qu'une stratégie politique « pro-zéro déficit » ou « anti-zéro déficit » était plus souhaitable que l'autre. Le domaine sémantique des sources utilisées était catégorisé par les chercheurs comme étant proche (i.e. politique, économie ou finance personnelle) ou éloigné (ex : alimentation, médecine, etc). Il est apparu que les analogies produites faisaient intervenir

en plus grand nombre un domaine sémantique éloigné plutôt qu'un domaine sémantique proche de la politique, amenant à la conclusion que la production de sources est un facteur déterminant qui permet de fonder les analogies sur des similitudes purement structurelles. Pour les auteurs, ce n'est pas tant la familiarité des participants avec le domaine cible, mais bien la possibilité de produire ses propres analogies qui est en jeu. Une nouvelle expérience a été menée pour tester cette hypothèse. Le paradigme classique de rappel d'histoire a été choisi. Les histoires sources étaient inspirées de celles qui ont été produites par les participants dans les expériences précédentes. Deux cibles décrivaient un argument en faveur de la stratégie pro-zéro déficit ou anti-zéro déficit. Par exemple, la cible « anti-zéro déficit » stipulait que le gouvernement canadien avait une dette importante, que la population avait également besoin d'un bon système de santé, et que lorsque le gouvernement se focalisait sur la réduction de la dette, les besoins de la populations étaient négligés. Les situations proposées aux participants sont donc similaires à celles qui sont présentées et produites dans le paradigme de production. La différence tient au fait que les participants ne produisent pas leurs propres sources dans cette nouvelle expérience. Les sources étaient composées d'un disanalogue superficiellement similaire et d'un analogue superficiellement différent pour chacune des deux cibles. Le disanalogue superficiellement similaire à la cible « anti-zéro déficit » mentionnait que les frais médicaux pour des parents ayant un enfant malade pouvaient être très élevés et que c'était la raison pour laquelle le gouvernement Québécois avait initialement créé les assurances maladies. La source analogue superficiellement différente à la cible « anti-zéro déficit » mentionnait que les plantes avaient besoin de beaucoup d'eau mais également de lumière, et que si le propriétaire d'une plante ne lui donnait que de l'eau et oubliait de la placer dans un endroit suffisamment lumineux, celle-ci mourrait. Des histoires distractives sont introduites avec les sources et les cibles. Dans cette expérience, les participants évoquent principalement les sources superficiellement similaires. La conclusion des auteurs est que ce n'est pas l'expertise des participants vis-à-vis des situations testées qui explique les analogies purement structurelles observées dans le paradigme de production mais la possibilité de produire ses propres sources. L'explication qui est privilégiée est que les sources produites ont bénéficié d'un encodage différent de celui qui est provoqué par le paradigme expérimental classique. Les expériences utilisant le paradigme expérimental classique inciteraient les participants à mettre en œuvre un traitement superficiel des situations, alors que les conditions d'encodage des sources qui sont produites par les

participants (i.e. des sources qui ont été encodées en dehors du contexte expérimental) permettraient un traitement structurel des situations.

Les résultats obtenus par Chen, Mo et Honomichl (2004) vont dans le même sens. Dans leur étude, des participants américains et chinois devaient résoudre des problèmes cibles. Un de ces problèmes était un analogue présentant peu de similitudes de surface avec l'histoire de « Hansel et Gretel », un conte populaire aux États-Unis dans lequel des enfants répandent des cailloux derrière eux pour retrouver leur chemin dans une forêt. Il décrivait un chasseur de trésor cherchant un moyen de retrouver son chemin lors de la fouille d'une cave. Un autre problème présentait le même type de similitude de structure avec un conte populaire chinois dans lequel un empereur réussit à peser un éléphant sans balance en l'introduisant sur un bateau et en constatant la montée du niveau de l'eau sur la coque, puis en la comparant à celle observée suite à l'introduction de pierres dont le poids est connu. Cet analogue cible décrivait un chef de tribu qui avait oublié sa balance mais qui disposait d'une cuve et qui cherchait un moyen de peser une statue. Les résultats ont montré que les participants américains étaient plus nombreux que les participants chinois à fournir une solution similaire à celle qui est illustrée dans le conte d'Hansel et Gretel et à évoquer ce conte face à son analogue cible. Les participants chinois avaient quant à eux plus tendance que les participants américains à proposer une solution compatible avec la stratégie de l'empereur dans le conte de la pesée de l'éléphant et à évoquer ce dernier face à son analogue cible. De nouvelles expériences portant sur les participants chinois rapportent un effet de la variation du nombre de similitudes de surface entre le conte source et le problème cible sur la récupération en mémoire, mais une proportion importante d'évocations analogiques même dans le cas où le niveau de similitudes superficielles est très faible. L'interprétation des auteurs est que les situations (ex : les contes) qui sont encodées à travers des contextes culturels variés font l'objet d'un encodage plus riche que les situations présentées dans un contexte expérimental.

L'idée selon laquelle le design expérimental classique provoque un encodage superficiel, et donc des évocations superficielles, a été défendue par de nombreux chercheurs (Day & Goldstone, 2012 ; Dunbar, 2001 ; Hammond, Seifert & Gray, 1991 ; Hofstadter & Sander, 2013). Une expérience menée par Hammond et al. (1991) conforte cette interprétation. Les auteurs ont cherché à déterminer si la rareté des évocations d'analogues superficiellement différents pouvait être due à des conditions d'encodage qui empêchent d'inférer les traits de

structure des situations et qui limitent l'encodage aux traits de surface directement accessibles. L'une des conditions manipulées renvoie à une réplique des expériences de rappel d'histoires de Gentner et Landers (1985) (les expériences de Gentner & Landers, 1985 sont intégrées dans l'étude de Gentner et al., 1993). Dans l'autre condition, les mots des histoires sont présentés en désordre, de façon à exclure toute possibilité de traitement profond des textes. Le raisonnement des auteurs est le suivant : si une condition construite de manière à n'autoriser qu'un encodage purement superficiel donne lieu à des résultats comparables à ceux obtenus dans les conditions classiques des expériences sur l'évocation analogique, alors cela suggère que ces dernières conditions provoquent un encodage superficiel des situations. Le pattern d'évocations des différents types d'histoire source est effectivement similaire dans les deux conditions. Les analogues superficiellement similaires sont les plus souvent évoqués avec les disanalogues superficiellement similaires. Viennent ensuite les analogues superficiellement différents puis les disanalogues superficiellement différents.

Une expérience de Chung et Dunbar (citée dans Dunbar, 2001) visait à questionner les raisons pour lesquelles les analogies recueillies dans le paradigme de production sont plus élaborées que celles que l'on observe dans le paradigme classique. L'hypothèse testée était que les conditions d'encodage et de récupération en mémoire en situation de production d'analogies permettent aux participants de s'appuyer sur les similitudes structurelles lors de l'évocation analogique. Le design expérimental de la tâche de rappel d'histoires ainsi que les stimuli sont empruntés à Gentner et collègues (Gentner & Landers, 1985 ; Gentner et al., 1993). Pour tester le rôle des conditions d'encodage, trois conditions ont été comparées : une condition dans laquelle les participants doivent simplement lire les histoires sources, une autre dans laquelle ils doivent produire une analogie pour chaque histoire source, et une troisième dans laquelle il est indiqué qu'ils devront produire une analogie sans qu'il leur soit réellement demandé de le faire par la suite. Deux conditions de récupération en mémoire ont également été construites. Dans la première condition, il était demandé au participant d'indiquer l'histoire que rappelle chaque nouveau texte présenté ; dans la seconde condition, il leur était demandé d'indiquer l'histoire qui partage un thème avec chaque nouveau texte présenté. Les résultats démontrent l'influence des conditions d'encodage : en effet, indépendamment des conditions de récupération, les participants qui ont produit des analogies pour chaque source sont ceux qui évoquent le plus d'analogues superficiellement différents. De plus, les participants qui devaient simplement lire chaque source sont ceux qui évoquent le moins d'analogues superficiellement

différents. En revanche, l'influence des conditions de récupération est manifeste chez les participants dans la condition d'encodage où il leur était demandé de produire une analogie par la suite, sans devoir réellement le faire. Dans cette condition, les participants auxquels on demande d'évoquer des histoires partageant un thème avec la cible témoignent de meilleures performances d'évocation structurelle que les participants qui doivent simplement indiquer les histoires rappelées. Selon Dunbar (2001), le paradigme de production place les participants dans les conditions optimales d'encodage (i.e. compréhension relationnelle des sources) et de récupération (i.e. but de produire des analogies), alors que les expériences de rappel d'histoire instaurent les conditions d'encodage et de récupération les moins optimales pour l'évocation analogique.

Les études qui se sont centrées sur l'évocation d'analogues encodés en dehors du contexte expérimental remettent en cause la validité du paradigme classique d'étude de l'évocation analogique puisqu'elles révèlent la capacité des sujets à produire des analogies avec des sources superficiellement différentes (Blanchette & Dunbar, 2000). Elles montrent également que la sélection d'un analogue superficiellement similaire ou superficiellement différent dépend du but poursuivi (Christensen & Schunn, 2007 ; Kretz & Krawczyk, 2014 ; Richland et al, 2006). Cela suggère que les analogies intra-domaines ne sont pas forcément la conséquence d'un échec à encoder la structure de la cible, mais qu'elles peuvent être mises en oeuvre du fait de leur pertinence pour accomplir certains buts. En effet, le recours fréquent des experts aux analogies intra-domaines suggère que les inférences qui en sont issues sont particulièrement fiables (Dunbar, 1996).

1.1.3. Le paradigme de production : un contexte expérimental mal contrôlé ?

La validité du paradigme de production de Blanchette et Dunbar (2000) a récemment été remise en cause par Trench et Minervino (2015). Selon les auteurs, les résultats obtenus sont dus à deux biais expérimentaux introduits dans l'étude en question. Le premier concerne la possibilité que les sources analogiques rapportées par les participants aient été construites de façon ad hoc. Il ne s'agirait donc pas de vrais souvenirs qui auraient été évoqués. Le second biais concerne la proportion de sources analogues superficiellement similaires et superficiellement différentes stockées en mémoire, qui est potentiellement déséquilibrée. Trench et Minervino ont élaboré un design expérimental destiné à préserver les avantages du paradigme de production tout en contrôlant les biais identifiés. La consigne était d'utiliser des

analogies afin de dissuader une personne d'adopter un certain comportement. La première expérience se focalise sur l'évocation analogique de films populaires visionnés par les participants, face à des cibles superficiellement similaires ou différentes. L'un des films en question est *Jurassic Park*, dans lequel un millionnaire clone des dinosaures à partir d'ADN retrouvé à l'intérieur de moustiques fossilisés pour les exhiber dans un parc d'attraction. La situation devient hors de contrôle du millionnaire, les dinosaures finissant par s'attaquer aux visiteurs. La cible superficiellement différente, dont le potentiel évocateur est testé, décrit un astrophysicien simulant des tempêtes martiennes grâce à des images prises à l'aide d'une sonde spatiale, et ayant l'intention de laisser entrer ses collègues dans la zone expérimentale pour étudier le phénomène. La cible superficiellement similaire met en scène un businessman ayant l'intention de répliquer des mammouths pour les exposer dans un zoo ouvert au public. Les analogies recueillies auprès des participants ont révélé que les cibles superficiellement similaires induisaient beaucoup plus fréquemment l'évocation du film source que les cibles superficiellement différentes. Dans une seconde expérience, les auteurs répliquent ces résultats en se centrant sur l'évocation d'expériences personnelles dont la présence en mémoire est contrôlée. Par exemple, une des cibles superficiellement similaires fait intervenir un ami qui a l'intention de consommer des fruits de la passion sous différentes formes - dans des sorbets, cocktails, gâteaux, etc. Les participants devaient produire des analogies avec des expériences personnelles pour dissuader cet ami fictif d'adopter le comportement en question. Dans l'exemple de la cible concernant les fruits de la passion, les sources analogues dont la disponibilité est contrôlée sont le souvenir d'avoir déjà joué à un jeu vidéo au point de s'en lasser (superficiellement différente) et celui d'avoir consommé un aliment au point d'en être dégouté. Une nouvelle fois, les résultats mettent en évidence que la majorité des analogies produites par les participants présentent des similitudes de surface entre la source et la cible. L'interprétation des auteurs est que l'évocation analogique est fortement contrainte par les similitudes superficielles et que les résultats obtenus par Blanchette et Dunbar (2000) sont la conséquence de biais expérimentaux. L'étude de Gentner et al. (2009), qui a déjà été abordée dans le chapitre précédent, suggère également que l'évocation analogique d'expériences personnelles est principalement basée sur les similitudes de surface. En effet, les participants de cette étude échouaient à évoquer des exemples d'expériences personnelles respectant le nouveau principe de négociation incarné par une situation cible.

Markman, Taylor et Gentner (2007) ont investigué la possibilité que les capacités d'évocation analogique aient été sous-estimées du fait que la modalité (écrite ou orale) dans laquelle les participants encodent les situations ne soit pas la même dans le cadre des paradigmes classiques et des paradigmes de production. L'hypothèse est que l'encodage des situations lors de la lecture de textes (modalité écrite) pourrait mobiliser davantage de ressources attentionnelles que la modalité orale en compréhension du langage parlé. Les auteurs ont présenté une série de proverbes à deux groupes de participants soit dans une modalité écrite, soit dans la modalité orale. Certains proverbes présentaient des similitudes de surface uniquement ou de structure uniquement. D'autres proverbes étaient des distracteurs et n'entretenaient pas de similitude avec les autres proverbes. Face aux proverbes qui entretiennent une similitude avec un proverbe déjà présenté, il est demandé aux participants d'indiquer si ce dernier leur rappelle un proverbe étudié. Face aux proverbes sans similitude, les participants étaient invités à en donner une définition (afin de contrôler que les participants s'engagent dans l'encodage des proverbes). Tout d'abord, les résultats montrent que les participants évoquent davantage un proverbe source lorsque le nouveau proverbe est superficiellement similaire plutôt que structurellement similaire à ce dernier, ce qui est cohérent avec la vision selon laquelle l'évocation analogique est principalement guidée par la surface (Gentner et al., 1993 ; Gentner et al., 2009). Il est néanmoins démontré que les similitudes structurelles guident davantage l'évocation lorsque les proverbes sont présentés en modalité orale. En revanche, la présentation orale des proverbes n'entraîne pas plus d'évocations basées sur les similitudes de surface. Cet ensemble de résultats suggère que les évocations seraient principalement basées sur les similitudes de surface, mais que les évocations structurelles sont sous-estimées du fait de la présentation systématique de stimuli sous forme de textes écrits.

Pour résumer, Dunbar a proposé que la possibilité de produire ses propres sources d'analogies est le facteur déterminant permettant aux sujets d'évoquer des analogues sur la base de similitudes structurelles en milieu naturel. L'explication fournie est que le contexte en milieu naturel permet de mettre en œuvre un encodage profond des situations rencontrées. Néanmoins, les processus impliqués dans la compréhension profonde des expériences rencontrées hors contexte expérimental ne sont pas spécifiés. Les études récentes qui ont mis en évidence certains échecs à évoquer des analogues superficiellement différents provenant de l'expérience des participants (Gentner et al., 2009 ; Trench & Minervino, 2015) incitent à s'intéresser plus en détail aux facteurs permettant ou non de mettre en œuvre un encodage profond. Dunbar

(2001) rejette l'explication selon laquelle l'expertise des participants serait la clef des évocations profondes observées. Plus précisément, il argumente que les novices sont capables d'évocations analogiques basées sur la structure et que l'entraînement extensif menant à l'expertise n'est pas nécessaire pour permettre d'encoder la structure des situations. Dans la suite de ce chapitre, il sera argumenté que, si l'acquisition d'une expertise spécifique dans un domaine n'est effectivement pas nécessaire pour alimenter un encodage profond, exclure la question du rôle des connaissances mènerait à négliger un facteur crucial dont l'étude permet de mieux comprendre les analogies qui peuvent ou non être mises en œuvre. Certains travaux empiriques focalisés sur les analogies expertes seront présentés, puisqu'ils constituent l'une des preuves les plus solides attestant de l'effet du niveau de connaissance sur l'encodage et l'analogie.

1.2. LE ROLE DES CONNAISSANCES ANTERIEURES

1.1.1. **Connaissances expertes et encodage profond**

De nombreuses recherches ont montré qu'un aspect central de l'expertise réside dans le développement de concepts abstraits permettant d'encoder la structure des situations appartenant au domaine de connaissance. Il a été proposé dans le champ de la résolution de problème que les experts développent des schémas représentant des catégories de problèmes partageant un même principe de résolution indépendamment de leurs traits de surface. Par exemple, Chi, Feltovich et Glaser (1981) ont mis en évidence dans une tâche de catégorisation, l'influence des connaissances expertes dans le domaine de la physique sur la représentation des problèmes que construisent les participants. Deux groupes de participants, experts ou novices en physique, devaient classer un ensemble de problèmes de physique en fonction de leur principe de résolution. Les groupements effectués par les novices étaient majoritairement basés sur des similitudes concernant ce que les auteurs ont appelé la « structure superficielle » des problèmes, en les regroupant sur la base des objets impliqués (ex : des plans inclinés), des termes de physiques littéraux (ex : friction) ou des relations spatiales entre les objets (ex : un block sur un plan incliné), et non sur les principes physiques abstraits partagés par les problèmes. Les experts, quant à eux, regroupaient généralement les problèmes indépendamment de leurs traits de surface, en se référant principalement aux principes de physiques les sous-tendant (ex : seconde loi de Newton). Ces différences dans la catégorisation des problèmes ont été reliées à des différences de niveau de connaissances entre les participants

experts et novices en physique. Un paradigme expérimental très proche a été employé pour étudier la compréhension de catégories basées sur différentes structures causales par des groupes de niveau d'expertise différent en sciences physiques (Rottman, Gentner & Goldwater, 2012). Cinq cartes comportant un texte qui décrivait une structure causale différente et un domaine sémantique distinct ont été d'abord présentées comme appartenant à des catégories différentes. Les participants devaient ensuite classer 20 cartes présentant une nouvelle situation au sein de l'une des cinq catégories. L'une des structures causales qui était incarnée par certains textes était *boucle de rétroaction positive*, qui décrit qu'un événement X influence positivement un événement Y, qui à son tour influence positivement X, produisant des cycles d'intensités croissantes (i.e. cercle vicieux). L'une des situations préservant ce principe impliquait le domaine du réchauffement climatique, où la chaleur provoque la fonte des glaces, ce qui augmente les températures. Le groupe de participants experts en science basaient principalement leurs appariements sur les structures causales partagées par les situations, alors que les participants novices étaient davantage sensibles aux similitudes de surface partagées par les problèmes. Cet avantage lié à l'expertise a été interprété comme étant non pas le fruit de connaissances spécifiques dans un domaine particulier, mais plutôt comme la conséquence de l'acquisition de catégories relationnelles s'appliquant de manière transversale à différents domaines (Rottman et al., 2012).

Il est largement reconnu que les connaissances des experts leur permettent d'être plus à même que les novices de fonder leurs évocations analogiques sur les similitudes de structure (Forbus et al., 1995). Les travaux portant sur les analogies produites par les experts dans des contextes écologiques suggèrent effectivement une aptitude à évoquer des analogues superficiellement différents (Christensen & Schunn, 2007 ; Kretz & Krawczyk, 2014), bien que l'expertise ne soit pas le seul facteur considéré dans ces études (Bearman et al., 2007 ; Trench, 2014). Dans le même sens, Novick (1988) a émis l'hypothèse que l'échec des participants à évoquer des analogues superficiellement différents dans les expériences centrées sur la résolution de problème par analogie (telles que celles reportées par Gick et Holyoak, 1980), trouve son origine dans le manque de connaissance des participants à propos des stimuli. Pour tester cette hypothèse, une tâche de transfert spontané entre problèmes analogues était proposée à deux groupes de participants présentant des niveaux d'expertise différents en mathématiques. Des problèmes sources étaient présentés aux participants avec leur solution avant d'introduire un problème cible qui devait être résolu. Le problème cible partageait des similitudes de

structure avec l'un des problèmes sources et des similitudes de surface avec un autre problème source (l'énoncé était identique, mais la question, et en conséquence la stratégie de résolution, était différente). Les performances de transfert spontané ont montré que les participants ayant des niveaux contrastés en mathématiques avaient tendance à utiliser des solutions provenant de problèmes différents. Plus précisément, les participants experts étaient plus enclins à utiliser la solution pertinente associée au problème source analogue que les participants novices. En revanche, les participants novices recouraient plus fréquemment à une solution inadaptée associée à un problème présentant une similitude de surface (transfert négatif).

La littérature sur les connaissances expertes illustre donc bien l'implication des concepts acquis dans la construction des représentations. Les concepts décrivant des structures abstraites permettent d'extraire les propriétés structurelles des situations qui en sont des exemplaires et de les utiliser comme des indices d'évocation en mémoire. Si les connaissances acquises par l'expert interviennent dans l'encodage, il convient de se demander si les connaissances développées par le novice dans ses interactions quotidiennes avec l'environnement influencent également sa compréhension des situations qu'il rencontre. Les recherches portant sur les effets de contenus dans la résolution de problème apportent un éclairage précieux sur la question du rôle des connaissances antérieures dans la construction de la représentation des situations rencontrées.

1.1.2. Les effets interprétatifs

La littérature sur les effets de contenu met en avant le fait que des connaissances acquises au cours des expériences quotidiennes déterminent comment les propriétés des nouvelles situations rencontrées sont encodées. Ainsi, Bassok et ses collègues proposent que la structure mathématique d'un problème soit appréhendée à travers un processus d'*alignement sémantique* avec des concepts familiers évoqués par la situation décrite dans l'énoncé du problème (Bassok, 2001). Ce processus a notamment été mis en évidence dans l'interprétation de la structure des problèmes d'addition et de division. L'hypothèse est que la structure symétrique des problèmes d'addition (rôle commutatif des deux arguments) est mise en correspondance avec la structure symétrique du concept familier d'appartenance à une même catégorie taxonomique. À l'inverse, la structure asymétrique de la division (le diviseur et le dividende ont un rôle différent), est appréhendée par analogie avec la structure asymétrique de concepts tel celui de contenance (le contenant et le contenu jouent un rôle différent). Bassok,

Chase et Martin (1998) ont testé cette hypothèse en demandant à des participants de créer des problèmes d'addition ou de division faisant intervenir deux objets évoquant soit une relation sémantique de contenance (ex : des tulipes et des vases), soit une relation sémantique d'appartenance à une même catégorie taxonomique (ex : des tulipes et des jonquilles). Les participants parvenaient beaucoup mieux à créer des énoncés de problème lorsque la structure mathématique du problème était alignée (compatible) avec la relation entretenue par les objets présentés dans l'énoncé des problèmes. Ainsi, il était plus facile de créer un problème de division avec des objets entretenant une relation de contenance (ex : des tulipes et des vases), et un problème d'addition avec des objets associés à une relation d'appartenance à une même catégorie (ex : des tulipes et des jonquilles). L'influence de l'alignement sémantique sur l'interprétation d'un énoncé de problème a été plus directement testée par Martin et Bassok (2005). Des problèmes de division qui faisaient intervenir des objets reliés par une relation sémantique symétrique (ex : des cupcakes et des cookies) ou asymétrique (ex : des passagers et des voitures) devaient être résolus. Les résultats ont montré que les participants étaient plus à même de construire une opération adéquate de division lorsque les objets entretenaient une relation sémantique asymétrique. Ces données suggèrent que la structure des problèmes arithmétiques est appréhendée à travers un alignement avec la structure de concepts familiers activés par l'énoncé. Elles sont difficilement réconciliables avec la conception traditionnelle opposant la surface à la structure d'un problème, puisqu'elles mettent en évidence que les objets sont utilisés, par le biais des connaissances qui leur sont associées, pour inférer la structure des situations. Si la structure objective des problèmes ne semble pas encodée, il semble néanmoins que des concepts acquis par le participant au cours de situations de vie quotidienne lui permettent d'appréhender des structures familières faisant écho à son expérience.

Un ensemble d'études portant sur les différences de difficultés dans la résolution de versions isomorphes du problème de la Tour d'Hanoï illustre également que la structure d'un énoncé est appréhendée à travers des connaissances familières. Dans la version classique du problème de la tour d'Hanoï, trois tiges verticales sont rangées de gauche à droite. Dans l'état initial, la première tige présente, empilés du bas vers le haut, un grand disque, un disque moyen et un petit disque. Le but est d'atteindre un état final où les disques sont placés dans ce même ordre sur l'emplacement le plus à droite en respectant trois règles. La première est que l'on ne peut déplacer qu'un disque à la fois. La deuxième est que si plusieurs disques sont sur une même tige, on ne peut déplacer que le plus petit d'entre eux. La troisième est que l'on ne peut

pas poser un disque sur un disque plus petit. Les versions isomorphes dont la résolution est comparée dans les études impliquent des traits de surface différents, mais le nombre d'étapes nécessaires pour atteindre le but est maintenu identique (Clément, 2009). Par exemple, deux versions du problème décrivaient trois acrobates de tailles différentes qui devaient sauter les uns sur les épaules des autres afin d'atteindre une certaine configuration spatiale (Kotovsky, Hayes & Simon, 1985). La seule différence entre les deux versions concernait la façon dont une des règles était décrite dans l'énoncé. Dans un cas, il était stipulé qu'un acrobate ne pouvait pas sauter sur les épaules d'un acrobate plus petit que lui, en cohérence avec les connaissances des participants sur la force physique des humains. Dans le second cas, un acrobate ne pouvait pas sauter sur les épaules d'un acrobate plus grand, et devait donc forcément être placé sur un acrobate plus petit que lui, ce qui va à l'encontre de ce que l'on sait des relations habituelles entre des humains de tailles différentes. Les résultats ont montré que les problèmes étaient résolus plus rapidement lorsque la règle à apprendre était compatible avec les connaissances quotidiennes. Les participants ont donc tendance à construire une représentation de la structure d'un problème qui est cohérente avec des connaissances familières (ex : une personne plus petite, donc typiquement plus légère, peut monter sur les épaules d'une personne plus grande et non l'inverse).

Clément et Richard (1997) ont montré comment les connaissances familières sur les actions qui permettent le changement d'état (changement de lieu ou changement de taille) pouvaient entraîner des différences très importantes de difficulté entre problèmes isomorphes (c'est-à-dire des analogues qui présentent des propriétés de surface différentes) qui partagent le même principe de solution mais dont les contextes évoquent des connaissances sur le changement d'état compatibles ou non avec la solution du problème. Pour tester le rôle des connaissances évoquées par les énoncés sur la plus ou moins grande difficulté des problèmes, les auteurs ont ainsi construit des versions pour lesquelles les connaissances sur les actions pour changer d'état permettent d'appliquer sans difficulté les règles d'action énoncées dans la consigne des problèmes, et d'autres où elles rendent plus difficile le respect de ces règles. Quatre versions ont ainsi été construites, dont deux versions analogues de changement de place et deux versions analogues de changement de taille. Dans les versions de changement de place, il s'agissait soit de déplacer des cubes d'un emplacement à un autre, soit de déplacer des personnages d'un étage à un autre avec un ascenseur. Dans les versions de changement de taille, il s'agissait de changer la taille des cubes, ou bien de changer la valeur de compteurs

numériques. Dans les problèmes de changement d'état dans lesquels les connaissances familières sur le changement évoquent un processus continu (dans le problème de changement de taille des cubes et le problème de déplacement dans un ascenseur), on observe chez les adultes des temps plus longs pour trouver la solution et/ou un nombre d'actions et de violations des règles plus élevé que dans les problèmes de changement d'état (le problème de déplacement des cubes et le problème de changement des valeurs de compteurs) où les connaissances familières évoquent le changement comme un changement d'état compatible avec l'application des règles. Ces résultats montrent que les connaissances familières évoquées par les énoncés guident l'encodage des problèmes et ont un rôle déterminant dans la découverte de solution.

Dans la même veine, il a été mis en évidence que l'introduction de variables cardinales ou ordinales au sein de problèmes isomorphes pouvait mener à construire des représentations différentes, menant à privilégier l'une ou l'autre de deux stratégies de résolution possibles (Gamo et al. 2010 ; Gros, Thibaut & Sander, 2020a). Voici deux énoncés de problèmes présentant une variable cardinale ou ordinale :

Énoncé présentant une variable cardinale (nombre d'éléments) :

Dans la famille Richard, il y a 5 personnes. Lorsque les Richard partent en vacances avec les Robert, il y a 9 personnes en tout à l'hôtel. Dans la famille Dumas, il y a 3 personnes de moins que dans la famille Richard. Les Robert partent en vacances avec les Dumas. Combien seront-ils à l'hôtel ?

Énoncé présentant une variable ordinale (âges) :

Antoine a suivi des cours de peinture à l'école d'art pendant 8 ans et s'est arrêté à 17 ans. Jean a commencé au même âge qu'Antoine et a suivi les cours 2 ans de moins. À quel âge Jean s'est-il arrêté ?

Ces deux problèmes sont identiques du point de vue de leur structure profonde puisqu'ils respectent le principe mathématique suivant : *si deux ensembles ont une partie commune, l'écart entre leurs tous est égal à l'écart entre leurs parties complémentaires* (Sander, 2009). Ils peuvent tous les deux être résolus grâce à une stratégie de comparaison directe en une étape, qui consiste à calculer $9 - 3 = 6$ pour le premier problème et $17 - 2 = 15$ pour le second. Cette stratégie de résolution repose sur l'inférence selon laquelle la relation entre les deux tous est équivalente à celle de leur partie commune. Ils peuvent également tous

deux se résoudre à l'aide d'une stratégie de complément en trois étapes, qui revient à calculer $5 - 3 = 2$, $9 - 5 = 4$ puis $2 + 4 = 6$ pour le premier problème, et $17 - 8 = 9$, $8 - 2 = 6$ puis $9 + 6 = 15$ pour le second. Pourtant, les variables cardinales, évoquant des connaissances relatives à des éléments non ordonnés que l'on a l'habitude de rassembler ou de séparer (ex : des familles qui se rencontrent et se quittent), induiraient l'extraction d'un schéma de type partie-tout qui orienterait vers la stratégie de complément en trois étapes visant à rechercher les valeurs des différentes parties. Les variables ordinales, quant à elles, sont généralement représentées sur un axe selon un ordre défini (ex : des âges sur une ligne temporelle), ce qui mènerait à construire un schéma de comparaison permettant de considérer la stratégie de comparaison en une étape, où la différence entre les tous est directement recherchée. Ainsi, l'encodage de la relation critique entre les deux tous dépend du fait que cette relation soit habituellement associée à la conception activée par l'énoncé. Cette conclusion est confortée par une étude récente dans laquelle les participants devaient résoudre, puis restituer de mémoire les énoncés de problèmes (Gros, Sander & Thibaut, 2020b). Dans les énoncés recueillis, la différence entre les parties indiquées dans les problèmes initiaux était significativement plus souvent remplacée par la description d'une différence entre les tous dans le cas des problèmes ordinaux que dans celui des problèmes cardinaux. Plutôt que d'être cantonnés à un encodage de surface, les participants semblent donc inférer des relations habituelles entre les éléments de l'énoncé.

Gros et al., (2020a) ont également étudié le type de représentations extraites de ces mêmes problèmes par les participants à l'aide d'une tâche classique de catégorisation de problèmes (Chi et al., 1981 ; Rottman et al., 2012). Les participants devaient donc classer un ensemble de problèmes en fonction de leur principe de résolution. Douze problèmes similaires à ceux décrits plus haut ont été présentés aux participants. Un sous ensemble de six problèmes était associé à des variables cardinales et un autre à des variables ordinales. Chaque sous-ensemble de problèmes était composé de trois paires de problèmes présentant des similitudes de surface : les énoncés cardinaux présentaient deux problèmes de nombre d'éléments, deux problèmes de prix et deux problèmes de poids ; les énoncés ordinaux décrivaient deux problèmes de durée, deux problèmes de taille et deux problèmes d'étages. Les résultats ont montré que les participants regroupaient de façon privilégiée les problèmes cardinaux d'un côté et les problèmes ordinaux de l'autre, indépendamment de la présence ou non de similitude superficielle. Ces résultats interrogent les conclusions issues des études antérieures sur la catégorisation de problèmes par le novice. En effet, ils révèlent qu'au-delà des similitudes de

surface entre les problèmes, l'encodage soit guidé par les connaissances et les relations sémantiques induites par le contenu des énoncés.

L'influence des concepts familiers sur les analogies mises en œuvre a été plus directement étudiée par Bassok, Wu et Olseth (1995). Les chercheurs ont proposé une explication alternative à celle de Ross (1987 ; 1989) concernant les difficultés de mise en correspondance entre certains problèmes isomorphes. Rappelons que selon Ross, la mise en correspondance serait guidée par les similitudes superficielles entre les objets (i.e. animé ou inanimé) qui ont le même rôle dans la structure objective des problèmes. Bassok et ses collègues proposent que la mise en correspondance s'effectue sur la base des rôles associés aux objets au sein d'une structure interprétée en fonction des connaissances sur l'énoncé. La mise en correspondance et le transfert sont étudiés entre des problèmes de permutation très proches de ceux utilisés par Ross. Il s'agissait de calculer la probabilité qu'à l'issue d'un tirage aléatoire, certains éléments d'un premier ensemble soient attribués à certains éléments d'un second ensemble (structure distributive). Les participants apprenaient à appliquer une formule mathématique permettant de trouver la solution à un problème source, et étaient incités à utiliser cette même formule face à un problème cible. Les traits de surface introduits dans les problèmes étaient manipulés. Dans une condition, le problème source impliquait de calculer la probabilité que certains ordinateurs soient distribués à certains secrétaires. Des participants recevaient ensuite un problème cible où des trophées étaient distribués à des étudiants. L'hypothèse était qu'un schéma familier similaire des *x obtiennent des y* pouvait être utilisé pour interpréter la structure objective de ces deux problèmes et guider la mise en correspondance analogique entre les éléments obtenus des deux problèmes, c'est-à-dire entre les ordinateurs et les trophées. D'autres participants devaient résoudre un problème cible dans lequel des enfants d'une école étaient assignés à des enfants d'une autre école. Dans ce cas, le concept familier impliqué menait à encoder une structure des *x travaillent avec/jouent avec des y*, qui est différente de celle du problème source. Le rôle attribué aux ordinateurs distribués du problème source (éléments obtenus) était différent de celui attribué aux enfants distribués du problème cible (i.e. pas d'éléments obtenus) et donc inapte à guider leur mise en correspondance. En accord avec les prédictions des chercheurs, les performances de transfert étaient significativement supérieures dans les cas où la structure des analogues pouvait être encodée à travers un concept similaire. D'autres expériences de la même étude ont été menées pour confirmer que les rôles interprétés en fonction du schéma familier (i.e. les ordinateurs et les trophées sont des éléments

obtenus) influencent davantage la mise en correspondance que les similitudes de surface (i.e. les ordinateurs et les trophées sont des éléments inanimés). Les participants traitaient un problème source où des intendants étaient assignés à des golfeurs. Ils devaient ensuite transférer la solution vers un problème cible où des voiturettes étaient assignées à des intendants, ou vers un problème cible où des intendants étaient distribués à des voiturettes. Dans le premier problème cible, les rôles interprétés des éléments assignés correspondaient (i.e. des intendants et des voiturettes sont *obtenus*), alors que dans le second, les objets assignés étaient superficiellement similaires (i.e. des intendants et d'autres intendants). En cohérence avec l'hypothèse des chercheurs, les performances de transfert étaient supérieures face au second problème cible. Les données de cette étude illustrent que la structure objective (ex : structure distributive) des problèmes n'est pas encodée par le participant, qui dépend des traits de surface présentés pour inférer des relations familières. Elles mettent néanmoins en avant que des schémas familiers (ex : *des x obtiennent des y*) interviennent dans l'encodage des participants tout venants. Ces schémas leur permettent d'aller au-delà de la surface des énoncés pour interpréter des structures familières. Le transfert analogique semble dépendre de la possibilité d'activer le même schéma lors de l'encodage de problèmes analogues.

Les recherches portant sur les effets interprétatifs apportent un éclairage crucial pour comprendre les processus impliqués dans l'encodage spontané des situations. Elles démontrent que, au-delà de la distinction objective qui peut être faite entre les propriétés de surface et les propriétés de structure des problèmes, ce sont les propriétés qui font écho à des connaissances familières pour le participant qui sont encodées. Si ces connaissances ne permettent pas d'encoder la structure abstraite des problèmes, elles ne sont pas non plus limitées à leur surface. En effet, ces dernières sont utilisées pour encoder des structures familières telles qu'elles sont habituellement rencontrées dans la vie de tous les jours. Ces constats doivent être pris en considération pour appréhender le fonctionnement de l'évocation analogique compte tenu du lien étroit identifié entre ce processus et les processus d'encodage.

La littérature portant sur l'intervention des connaissances expertes et de vie quotidienne dans l'encodage suggère donc que des sources sont utilisées dès l'encodage des situations qui sont rencontrées. La section suivante développe cette conception qui contraste avec l'approche dominante de l'analogie.

1.1.3. Intervention des sources analogiques dès l'encodage

La conception classique dans le domaine de l'analogie est que l'essence du raisonnement analogique repose sur un mécanisme de mise en correspondance explicite – contrôlé, conscient et actif – d'établissement des correspondances terme-à-terme entre deux représentations. Elle considère que la représentation source et la représentation cible ont été construites indépendamment l'une de l'autre de façon antérieure à la mise en oeuvre de l'analogie (i.e. Gentner, 1983 ; Holyoak & Thagard, 1995 ; Hummel & Holyoak, 1997). Cette conception teinte le paradigme expérimental classique, qui est destiné à étudier l'établissement de l'analogie entre une représentation source (ex : le problème source du général) et une représentation cible (ex : le problème de radiation) qui ont été encodées indépendamment l'une de l'autre par le participant. Ainsi, les processus qui entrent en jeu dans l'encodage spontané des situations ne sont pas considérés par les approches dominantes.

La conception attribuant une place centrale au processus de mise en correspondance de deux représentations préconstruites a été remise en cause par des auteurs qui ont argumenté que cette dernière négligeait le rôle essentiel de l'étape de construction de la représentation qui la précède (Chalmers, French & Hofstadter, 1992). La mise en correspondance de deux représentations dépend fondamentalement du type de représentation qui a été construit par le participant lors de l'encodage. Contrairement à l'approche dominante qui considère que l'analogie intervient après la construction des représentations, Chalmers et al. (1992) proposent que la source analogique est impliquée dès l'encodage de la cible.

Comme cela a été noté par Day et Goldstone (2012), l'intervention d'une source analogique en tant que filtre interprétatif dans la construction de la représentation est peu compatible avec l'idée d'un processus de mise en correspondance contrôlé, conscient et coûteux en ressources attentionnelles. Un certain nombre d'études expérimentales ont mis en évidence l'intervention d'un processus implicite par lequel une source analogique pouvait être impliquée dans l'encodage même de la cible. Par exemple, Day et Goldstone (2011) ont cherché à déterminer si une simulation perceptive pouvait donner lieu à un modèle mental concret qui serait ensuite utilisé pour structurer l'interprétation d'un problème analogue cible superficiellement différent. La source était une simulation numérique présentant une balle

suspendue entre deux fils élastiques horizontaux rattachés à deux piquets. Un ventilateur placé à gauche du système provoquait une oscillation latérale de la balle, contrainte par les forces contradictoires des deux élastiques. Les participants devaient utiliser le ventilateur soit pour estomper le mouvement et stabiliser la balle au milieu, soit au contraire pour accentuer le mouvement de la balle jusqu'à lui faire atteindre le piquet de droite. Durant la phase d'entraînement, les participants découvraient que l'activation du ventilateur lorsque la balle était en mouvement vers la droite accentuait l'amplitude des oscillations alors que son activation lorsque la balle était en mouvement vers la gauche les diminuait. La simulation cible décrivait sous la forme de textes la population d'une ville qui oscillait autour de 500 000 habitants du fait de son attractivité accrue lorsque la population était inférieure à ce seuil, et moindre lorsqu'elle le dépassait. Les participants avaient la possibilité d'investir dans des campagnes publicitaires promouvant la ville dans l'objectif de stabiliser la population à 500 000 habitants, ou alors de faire en sorte qu'elle atteigne un million d'habitants. Les deux simulations sont analogues en ce qu'elles impliquent un mouvement oscillatoire qui peut être modulé par la mise en œuvre d'une force supplémentaire pour stabiliser ou maximiser une valeur. Les temps de résolution et les taux de complétion de la tâche cible ont révélé des différences significatives en fonction du caractère analogue ou non du but énoncé au participant face aux deux simulations. Les participants dont les buts (et donc la stratégie pour l'atteindre) étaient analogues dans les deux simulations réussissaient mieux la tâche cible que les participants dont les buts différaient. L'interprétation des auteurs est qu'un modèle mental concret construit à propos de la situation source était ensuite utilisé pour structurer la compréhension de la seconde simulation. Un aspect marquant des résultats est que seulement une minorité des participants étaient conscients d'avoir bénéficié de la première simulation pour appréhender la seconde. Ce résultat suggère un mécanisme de transfert implicite, contrastant avec les phénomènes de transfert habituellement étudiés qui reposeraient sur une mise en correspondance explicite de structure entre deux représentations déjà établies.

Ross et Bradshaw (1992) ont également fourni des preuves expérimentales à l'implication de la source dans l'interprétation de la cible. Dans cette étude, des histoires sources étaient présentées avant des histoires cibles dont le thème était ambigu. Par exemple, l'une des cibles pouvait être interprétée comme un scénario de préparation pour une évvasion de prison ou de combat de lutte (exemple de phrase contenu dans la cible : « les chaînes qui le retenaient étaient solides, mais il pensait qu'il pouvait les rompre »). Pour chaque cible, une

source faisait référence à l'un des deux thèmes et une autre source mentionnait le thème alternatif. Une correspondance superficielle était introduite au sein de la cible avec l'une ou l'autre des sources. L'interprétation que les participants faisaient de la cible était recueillie, ainsi que les temps de lecture des cibles. Il s'est avéré que les participants avaient tendance à interpréter le thème de la cible de façon cohérente avec le thème de la source qui avait été indiquée. De plus, les temps de lecture des cibles étaient raccourcis pour les phrases qui étaient compatibles avec le thème de la source indiquée. Ces résultats montrent qu'une source peut être impliquée dans l'encodage de la cible.

D'autres études ont non seulement suggéré que la source pouvait être impliquée dans l'encodage de la cible, mais qu'elle pouvait l'être à travers un processus de mise en correspondance analogique implicite. Catrambone (2002) a montré que les temps de lecture d'une phrase cible n'étaient pas uniquement affectés par le nombre de traits de surface partagés avec une histoire source lue précédemment, mais également par la présence de relations communes. L'interprétation d'histoires cibles ambiguës est affectée de façon non-consciente par la structure d'histoires analogues sources superficiellement similaires lues précédemment (Day & Gentner, 2007). Il s'est avéré qu'une information non-ambiguë de la source influençait davantage l'interprétation d'une information ambiguë de la cible lorsque celles-ci partageaient le même rôle dans la structure relationnelle commune. Cela va dans le sens d'un processus de mise en correspondance implicite plutôt que d'une simple activation de concept (i.e. un amorçage). Il est apparu qu'un passage d'un texte cible est lu plus rapidement (ex : un personnage prenant un vol après le décès de son oncle est décrit comme suspect par la police) lorsque celui-ci est compatible avec l'interprétation issue d'une source lue précédemment (ex : un personnage prenant un vol pour fuir suite au décès de sa tante) que lorsque ce n'est pas le cas (ex : un personnage prenant un vol pour se rendre aux obsèques de sa tante).

Contrairement à la vision classique selon laquelle l'analogie interviendrait une fois que les deux représentations sont construites, il apparaît donc que ce processus est impliqué dès l'encodage d'une situation cible à travers une situation source. Des sources spécifiques semblent utilisées comme des filtres interprétatifs face à de nouvelles situations cibles. Néanmoins, comme le suggèrent les travaux sur l'intervention des connaissances expertes et de vie quotidienne dans l'encodage, considérer uniquement l'utilisation de situations antérieures

spécifiques mènerait à occulter une part essentielle du processus d'interprétation du nouveau à travers le familier (Sander, 2000).

1.1.4. Les schémas de l'expérience et l'évocation analogique

L'influence des catégories abstraites dans l'évocation analogique a exclusivement été prise en compte chez l'expert. Comme nous l'avons abordé précédemment, l'acquisition de connaissances expertes permettrait d'encoder la structure des situations couvertes par les concepts acquis. Chez le novice, il est reconnu que l'apprentissage de nouvelles catégories relationnelles, tels que des schémas abstraits, permet d'améliorer l'évocation analogique (Goldwater & Schalk, 2016). Par exemple, les participants qui ont appris le schéma des problèmes de convergence deviennent plus à même d'évoquer des analogues superficiellement différents face au problème de radiation (Catrambone & Holyoak, 1989). Cependant, l'éventualité que des schémas acquis par le participant au cours de ses expériences antérieures puissent influencer l'évocation analogique n'a généralement pas été reconnue dans la littérature sur l'analogie. Gentner et ses collègues ont étudié des catégories relationnelles lexicalisées, supposément acquises chez l'adulte, qui font référence à des schémas relationnels (ex : *vol*, *trahison*, *esclavage*, *soeur*, Gentner & Kurtz, 2005, voir aussi Gentner & Asmuth, 2017). Néanmoins, le rôle de ces structures abstraites dans l'encodage et l'évocation analogique n'a pas été adressé.

Le processus automatique d'interprétation des scènes quotidiennes à travers des concepts abstraits apparaît particulièrement bien dans une étude expérimentale récente menée par McRae, Nedjadrassul, Pau, Pui-Hei Lo et King (2018). Des images de situations de vie réelle (ex : deux personnes partageant un épis de maïs) étaient présentées une seconde avant qu'une décision lexicale concernant un mot désignant un concept abstrait doive être prise. Les résultats ont montré que les participants effectuaient la décision plus rapidement lorsque le concept abstrait était relié (ex : *partage*) plutôt que non relié avec la situation décrite. Ils suggèrent donc que les concepts abstraits sont activés lors de l'encodage des situations de vie quotidienne.

Un pan de la littérature qui a accordé un intérêt important à l'implication de schémas familiers dans l'encodage et l'évocation d'expériences antérieures est celui qui a étudié les phénomènes de *reminders* (Schank, 1999). Schank décrit deux types de structures abstraites investies dans le traitement des expériences : les MOPs (*Memory Organization Packets*) et les

TOPs (*Thematic Organization Packets*). Les MOPs (ex : aller au restaurant) sont des structures qui décrivent des enchainements de scènes (ex : entrer dans le restaurant, commander, manger, payer) aboutissant à l'accomplissement d'un but (ex : se restaurer). Dans une situation, ils permettent de prédire quel sera vraisemblablement l'événement (i.e. la scène) qui va suivre. Une scène est la généralisation d'une séquence d'actions intervenant habituellement à un moment donné au sein du MOP. Elle contient elle-même des scripts qui sont des instanciations spécifiques de la généralisation (ex : payer par carte bancaire pour la scène de paiement). Les souvenirs spécifiques sont indexés à ces scripts à l'endroit où une attente est transgressée (ex : le souvenir d'un restaurant qui ne prend pas la carte sera indexé au script de paiement par carte bancaire). Des structures encore plus abstraites que les MOPs sont également postulées par Schank. En effet, les TOPs représenteraient des informations abstraites indépendantes du domaine, qui permettraient de capturer les similitudes entre des situations ne partageant aucun trait de surface. Ils décrivent des patterns abstraits de buts et de plans mis en œuvre pour les atteindre. Les proverbes sont considérés comme des exemples prototypiques de TOP. L'évocation d'un cas spécifique, qui est destinée à faciliter la formulation de prédictions, serait la conséquence du traitement d'une expérience à travers une structure abstraite qui a servi à en traiter une autre par le passé. En d'autres termes, il est estimé que la source analogique qui entre en jeu dans le traitement d'une nouvelle situation est avant tout une source de connaissance généralisée.

L'implication de sources analogiques généralisées dans le traitement de nouvelles situations a été mise en évidence expérimentalement par Sander et Richard (1997). Des participants découvraient le dispositif de traitement de texte sur ordinateur et devaient accomplir différentes tâches (ex : effacer, déplacer, dupliquer des éléments, etc). L'analyse de l'activité des participants a révélé que dans un premier temps, ils accomplissaient les tâches proposées en empruntant des procédures provenant de la conception source familière de la machine à écrire (ex : taper à partir d'un point d'insertion). Puis, lorsque ces procédures s'avéraient inadéquates pour accomplir un but, les participants se référaient à la conception plus abstraite de l'écriture en général, comprenant à la fois l'écriture manuscrite et la typographie (ex : remplacer un mot par un autre). Dans un troisième temps, lorsque cette dernière conception se montrait à son tour inadéquate, ils empruntaient des procédures relatives à la conception super-ordonnée de la manipulation d'objets (ex : déplacer un ensemble d'éléments). Bien que la difficulté de la tâche augmentait avec le niveau d'abstraction du concept requis, ces résultats

illustrent que les participants sont capables d'utiliser des concepts décrivant des systèmes de relations abstraites complexes provenant de leurs expériences antérieures pour appréhender une nouvelle situation.

Il est ainsi proposé que le participant dispose de connaissances généralisées qui peuvent être utilisées pour encoder la structure de ses expériences. Une étude présentant une expérimentation de catégorisation de situations illustre bien cette idée (Ramscar & Pain, 1996). Il était demandé à des participants de catégoriser différents ensembles d'histoires typiquement utilisés dans les études sur l'analogie (Gentner & Landers, 1985 ; Gentner et al., 1993). Rappelons que ces histoires ont été construites de façon à manifester des structures suffisamment familières pour les participants, tel que *un protagoniste attaqué donne un coup de main à celui qui l'attaque, de telle sorte que l'attaquant promet de ne plus s'en prendre à lui*. Chaque ensemble est composé d'une histoire source et des différentes histoires cibles lui correspondant (i.e. faisant varier les similitudes de surface et de structure). La tâche des participants était de former les regroupements qui leur semblaient les plus naturels. Il s'est avéré que la grande majorité des regroupements produits par les participants présentait des similitudes structurelles entre les histoires, alors qu'une faible minorité était basée sur des similitudes de surface. Ces résultats sont particulièrement intéressants par rapport à ceux provenant d'autres études de catégorisation présentées plus haut. En effet, les expériences de catégorisation où le concept abstrait manipulé fait référence à une connaissance experte ont suggéré que les participants regroupaient préférentiellement des situations sur la base de similitude de surface (Chi et al., 1981 ; Rottman et al., 2012). Ces conclusions ont déjà été nuancées par l'observation selon laquelle les indices privilégiés par les participants pour construire leurs regroupements ne constituent ni des structures objectives, ni des traits purement superficiels, mais plutôt des structures familières interprétées en fonction des connaissances sur les situations (Gros et al., 2020b). Les résultats de Ramscar et Pain (1996) suggèrent que des situations incarnant des structures plus proches de celles qui sont rencontrées dans des situations de vie quotidienne sont effectivement encodées et servent de base aux catégories produites par les participants.

Il semble donc que les participants se basent sur les similitudes de surface à défaut de ne pouvoir opter pour une alternative en terme de similitude de structure familière. Autrement dit, dans les cas où la structure fait intervenir des concepts que le participant n'a pas acquis au cours de ses expériences antérieures. Dans cet esprit, Hofstadter et Sander (2013) ont proposé

que des concepts qui sont développés par tout un chacun permettent d'encoder la structure d'expériences superficiellement différentes de manière à permettre l'évocation analogique :

« Nous percevons sans effort, et même automatiquement, comme similaires des situations parfois très différentes – par exemple, des situations de dispute, de conflit latent, d'ambiance tendue, de menace à peine voilée, de tentative d'escroquerie, d'arroseur arrosé, de on entendrait une mouche voler, de il pousse le bouchon un peu loin, de chat échaudé craint l'eau froide, de un tiens vaut mieux que deux tu l'auras, de c'est l'arbre qui cache la forêt, etc.- et cela dans des myriades de contextes qui parfois se ressemblent fort peu en surface. Nous sommes donc experts pour percevoir des squelettes conceptuels des catégories dont nous sommes... expert ! ». (p 216).

CHAPITRE 4 : DEVELOPPEMENT DES CATEGORIES PAR ANALOGIE

Dans le chapitre précédent, il a été proposé que les adultes mobilisent des concepts familiers, élaborés au cours de multiples expériences de vie quotidienne, afin d'encoder en profondeur les nouvelles situations qui se présentent à eux. Une perspective développementale est proposée dans le présent chapitre afin d'informer les processus sous-tendant l'acquisition de ces concepts par l'enfant. Il a été suggéré que les catégories qui entrent en jeu dans l'encodage ne se limitent pas à celles qui possèdent une entrée lexicale. En effet, la littérature a notamment documenté des cas d'utilisation de schémas (ex : Catrambone et Holyoak, 1989 ; Schank, 1999) ou de catégories ad hoc (Barsalou, 1983) non lexicalisés (ex : *les moyens de se faire des amis ; les moyens d'échapper à la mafia*, etc). Il n'en demeure pas moins que le langage constitue un outil primordial qui stimule la généralisation d'une notion à travers différents contextes (Gentner, 2010 ; Jamrozik & Gentner, 2020 ; Son et al., 2010). Ce chapitre vise à explorer le rôle de l'analogie et du langage dans le développement des catégories.

1.1. APPRENTISSAGE DES CATEGORIES RELATIONNELLES ET D'OBJETS CONCRETS

Comme cela a déjà été abordé dans les chapitres précédents, Gentner opère une distinction entre les catégories relationnelles et les catégories d'entités. Cette même caractérisation est utilisée pour distinguer certaines catégories lexicales qui seraient plus difficiles à acquérir que d'autres. En effet, les jeunes enfants auraient plus de difficulté à apprendre les verbes et autres catégories relationnelles que les noms désignant des catégories d'objets concrets. Ce postulat repose sur l'hypothèse de la *division naturelle / relativité relationnelle* (Gentner, 1982 ; 2006). L'hypothèse de la division naturelle stipule que les concepts indexés par des noms regroupent des objets concrets perceptivement cohérents. Ces concepts seraient largement universels dans la mesure où ils décriraient peu de variations d'une langue à une autre. L'hypothèse de la relativité relationnelle introduit l'idée que les verbes et autres concepts relationnels seraient quant à eux déterminés par le langage. Chaque langage aurait davantage de degré de liberté pour définir les composantes relationnelles qui entrent ou non dans la signification d'un concept relationnel. Les noms d'objets seraient pré-individualisés par le jeune enfant avant d'entrer dans les acquisitions langagières. Celui-ci n'aurait donc qu'à

faire correspondre un nouveau nom d'objet avec un concept appris antérieurement. En revanche, pour apprendre un verbe, le jeune enfant doit parvenir à déterminer la constellation de composantes relationnelles qui constituent sa signification au sein de la langue en cours d'acquisition. Par exemple, un jeune enfant qui voit un garçon frapper dans un ballon et qui entend « il frappe la balle » pourrait aisément mettre en correspondance « garçon » et « ballon » avec les deux objets perçus, mais aurait davantage de difficulté à sélectionner, parmi les nombreuses composantes relationnelles observables tels que *contact entre le pied et la balle*, *tournoiement de la balle*, *balle flottant dans l'air*, *le garçon bouge sa jambe*, celles qui entrent dans la signification de « frapper ». Deux champs de recherche supportent directement l'hypothèse selon laquelle l'acquisition de verbe est plus laborieuse que celle des noms d'objets. Le premier concerne le fait que les premiers noms d'objets apparaîtraient plus tôt que les premiers verbes dans le lexique du jeune enfant. Le second a trait aux recherches expérimentales qui ont montré que les nouveaux verbes sont moins aisément appris et généralisés que les nouveaux noms d'objets.

1.1.1. Les verbes et les noms d'objets concrets

Ordre d'acquisition dans le lexique

Gentner (1982) a fourni des données suggérant que les verbes sont acquis plus tardivement que les noms d'objets concrets. Dans son étude, les premières productions langagières d'un enfant ont été recueillies et classifiées en tant que nom d'objet, nom de prédicat (verbes, prépositions, attributs), terme expressif (i.e. exprimant un sentiment, ex : « aie ») ou terme indéterminé. Les résultats ont montré que les premiers noms d'objets étaient produits par le jeune enfant à l'âge de 11 mois, alors que les noms de prédicats entraient plus tard dans le lexique à partir de 16 mois. L'analyse de recueils de productions issues d'autres études a révélé un pattern similaire. La conclusion selon laquelle les noms d'objets sont appris avant les verbes a suscité de nombreuses controverses dans la littérature. Parmi les critiques avancées (Choi & Gopnick, 1995), il a été stipulé que la dominance des noms d'objets puisse trouver son origine dans la spécificité de la langue anglaise qui rend les noms d'objets plus saillants que les verbes. Notamment, les jeunes enfants entendraient plus de noms d'objets que de verbes, l'ordre sujet-verbe-objet attribue la place finale (favorable à l'apprentissage) au nom d'objet, les verbes sont morphologiquement moins transparents (i.e. prennent des terminaisons variables) que les noms d'objets qui conservent une forme stable, et enfin, les échanges langagiers avec le jeune enfant

au sein des familles américaines seraient centrés sur les objets (ex : routines de dénomination d'objets). Selon Gentner et Boroditsky (2001), ces facteurs expliquent en partie l'origine de la prédominance des noms d'objets, mais pas en totalité. Les études menées auprès de cultures dont la langue présente des spécificités favorisant l'acquisition des verbes ont montré une plus grande proportion de verbes dans les premières productions enfantines que chez les enfants de langue maternelle anglaise (Choi & Gopnick, 1995). Néanmoins, Gentner et Boroditsky montrent que la dominance des noms d'objets demeure valide de façon universelle. Elles se sont intéressées à l'acquisition de la langue Navajo au Nouveau Mexique, dans laquelle les structures syntaxiques accordent une place avantageuse au verbe (sujet-objet-verbe), où les objets et non les verbes ont des terminaisons variables. Les données recueillies par l'intermédiaire d'entretiens avec questionnaire (version adaptée du *MacArthur Communicative Development Inventories*, MCDI) auprès de jeunes enfants de 18 à 26 mois ont mis en évidence une prévalence des noms d'objets sur les termes relationnels, ainsi qu'une proportion de termes relationnels plus importante lorsque le nombre de mots produits était plus grand. Ainsi, les noms d'objets concrets seraient acquis plus facilement et plus précocement que les verbes et autres termes relationnels.

L'apprentissage de nouveaux mots en laboratoire

La plupart des études menées en laboratoire pour comparer l'aisance à acquérir les verbes et les noms d'objets ont recours à un paradigme expérimental au sein duquel dans une première phase un nouveau mot est introduit pour décrire une situation, puis dans une seconde un test de mémorisation du nouveau mot ou de généralisation de celui-ci vers d'autres situations est soumis aux enfants. Childers et Tomasello (2002) ont présenté de nouveaux objets avec de nouveaux noms, de nouvelles actions avec de nouveaux verbes, ou de nouvelles actions sans verbe à des enfants de 2 ans et demi. Lors de la phase test, un objet de la phase d'entraînement était présenté et la production du nom d'objet (i.e. « peux-tu nommer cet objet ? »), du verbe (i.e. « que fait cet objet ? ») ou de l'action apprise (i.e. idem que précédemment : « que fait cet objet ? ») était évaluée. Les résultats montrent de meilleures performances à produire l'action sur l'objet plutôt qu'à produire un mot, que ce soit un verbe ou un nom d'objet. En outre, les noms d'objets étaient beaucoup plus fréquemment produits que les verbes. Globalement, les données recueillies suggèrent que les verbes sont plus difficiles à apprendre que les noms.

D'autres études ont plus spécifiquement comparé la généralisation de nouveaux noms d'objets et de nouveaux verbes chez des enfants de 3 et 5 ans (Imai, Haryu & Osaka, 2005 ; Imai et al., 2008). Une vidéo initiale présentant une actrice effectuant une action non familière sur un objet non familier (ex : rouler un frisbee en forme de ballon de football américain entre les paumes de ses mains) était d'abord présentée soit avec un nouveau nom d'objet (i.e. « c'est un X »), soit un nouveau verbe (i.e. « la fille est en train de X »). Deux nouveaux événements étaient ensuite présentés simultanément. L'un d'eux présentait la même action sur un objet différent (ex : rouler un porte bougie longiforme entre les paumes de ses mains) et l'autre mettait en scène une action différente sur le même objet (ex : lancer en l'air et rattraper le frisbee avec les deux mains). Il était alors demandé à l'enfant de choisir la vidéo qui instanciat le nom d'objet (« Dans quelle vidéo le X est-il ? ») ou le verbe (« Dans quelle vidéo la fille est-elle en train de X ? ») présenté antérieurement. Dans la condition où l'extension du nom d'objet était testée, la bonne réponse consistait donc à sélectionner la vidéo décrivant le même objet que dans la vidéo initiale mais une action différente, alors que dans la condition où l'extension du verbe était testée, la bonne réponse consistait à sélectionner la vidéo présentant la même action que dans la vidéo initiale mais effectuée sur un objet différent. Les enfants de 5 ans réussissaient à sélectionner la bonne vidéo dans les deux conditions, choisissant la vidéo présentant le même objet dans la condition où le nom d'objet était réintroduit, et la vidéo décrivant la même action dans la condition où le verbe était présenté de nouveau. En revanche, les enfants de 3 ans ont eu des performances au-dessus du hasard lors de la sélection de la vidéo avec le même objet suite à l'introduction du nom d'objet, mais pas lorsque l'extension du verbe était testée. Ils ne parvenaient pas à généraliser un nouveau verbe appliqué initialement à une action opérée sur un premier objet vers une situation impliquant la même action effectuée sur un objet différent. Ces résultats vont dans le sens d'un usage initialement rigide des verbes par les jeunes enfants puisqu'ils seraient réfractaires à appliquer un verbe à de nouveaux référents.

Kersten et Smith (2002) proposent que les verbes ne soient pas en eux-mêmes plus difficiles à apprendre que les noms d'objets. Néanmoins, une certaine familiarité avec les objets que les verbes prennent comme argument serait requise à l'apprentissage de ces derniers. C'est ce qui expliquerait que les verbes soient acquis plus tard que les noms d'objets. L'idée est qu'un verbe réfère à une signification abstraite qui doit être spécifiée en contexte par l'objet auquel il s'applique. Par exemple, si le verbe de déplacement *courir* décrit un déplacement rapide, la manière avec laquelle se produit le déplacement est différente en fonction de l'objet qui produit

l'action (ex : un humain et un cheval courent différemment). Ainsi, des connaissances à propos des objets seraient requises pour appréhender le sens des verbes. En l'absence de telles connaissances, l'attention serait principalement orientée sur l'objet non familier plutôt que sur l'action elle-même. Dans une série d'expériences menée auprès d'enfants de 4 ans, les auteurs présentaient une vidéo décrivant des objets non familiers (i.e. des insectes inventés) ou familiers (i.e. une voiture et un camion) effectuant une certaine action (ex : un objet se rapproche ou s'éloigne de l'autre) conjointement à la présentation d'un nouveau nom d'objet ou d'un nouveau verbe. Il était ensuite demandé aux enfants si une nouvelle vidéo décrivait également le nom d'objet ou le verbe. Cette nouvelle vidéo présentait soit des objets et une action similaire, soit des objets similaires et une action différente, soit des objets différents et une action similaire, soit enfin des objets différents et une action différente de la première vidéo. Quand les objets étaient non familiers, les jeunes enfants acceptaient le nom d'objets pour les vidéos présentant le même objet, que l'action soit également la même ou non. Néanmoins, ils tendaient à n'accepter le nouveau verbe que lorsque la vidéo présentait à la fois le même objet et la même action. Cette tendance diminuait à la fois lorsque le nouvel objet était différent et lorsque l'action était différente. Dans la condition où les objets étaient familiers, ils parvenaient à généraliser le verbe tant que la nouvelle vidéo préservait la même action, indépendamment de la présence du même objet. Cela suggère que les jeunes enfants peuvent attribuer davantage d'attention à l'action décrite par un verbe lorsqu'ils ont des connaissances sur les objets qu'elle implique, supposément parce que ces objets permettent de spécifier l'action mise en œuvre. La recherche portant sur l'acquisition de nouveaux mots dans un contexte contrôlé de laboratoire suggère donc que l'apprentissage des verbes présente un défi plus important que celui des noms d'objets concrets.

1.1.2. Le basculement relationnel (*relational shift*)

Gentner (2006) interprète cet ordre d'acquisition des noms d'objets, puis des verbes et des autres termes relationnels dans le cadre plus général de sa théorie de l'analogie. Selon l'auteure, l'acquisition et le développement lexical procéderait d'un *basculement relationnel* (*relational shift*), les jeunes enfants traitant préférentiellement les similitudes de surface (décrits par des noms d'objets), puis au cours du développement seraient en mesure de traiter les similitudes relationnelles (décrits par les verbes et autres termes relationnels) (Gentner & Smith, 2013 ; Gentner & Maravilla, 2018).

De nombreuses études ont cherché à renseigner le développement des capacités analogiques de l'enfant. Dans l'expérience de Gentner et Toupin (1986), une courte histoire source était mise en scène avec des peluches d'animaux auprès d'enfants de 5-7 ans et de 8-10 ans, qui devaient ensuite reproduire le scénario en attribuant les rôles à de nouvelles peluches. La première variable d'intérêt est la similitude entre les personnages des deux histoires, qui était manipulée en faisant varier les personnages de l'histoire source. La seconde variable est le caractère « systématique » ou « non systématique » de l'histoire source. La version systématique introduisait un X très jaloux qui ne voulait pas que son ami Y joue avec d'autres animaux. Un jour, en l'absence du X, le Y se mit à jouer avec un Z sur un petit wagon de train. Lorsque le X s'en aperçut, il s'énerma et sauta sur le wagon, mais le wagon commença à rouler très vite. À ce moment-là, le Z se précipita vers le wagon pour l'arrêter et empêcha l'accident. La morale de l'histoire stipulait que le X avait réalisé qu'être jaloux ne lui apporterait que des problèmes et qu'il était mieux d'avoir deux amis plutôt qu'un seul. La version non systématique de l'histoire source était identique, mis à part qu'au début de l'histoire, le trait relationnel pertinent pour comprendre la structure (ex : « jaloux ») était remplacé par un terme moins informatif (ex : « beau »), et qu'à la fin de l'histoire, la morale résumant la structure n'était pas introduite. Pour tester le transfert, il était demandé aux enfants de compléter le début de l'histoire cible qui leur était présentée en reproduisant le scénario de l'histoire source. Le début de l'histoire cible répliquait la première phrase de l'histoire source avec de nouveaux personnages afin de préciser les rôles : une otarie jouait le rôle de X, un pingouin jouait le rôle de Y, et un chien jouait le rôle de Z. L'histoire source pouvait présenter trois types de similitude avec l'histoire cible. Les personnages de l'histoire source étaient soit similaires à ceux de l'histoire cible avec lesquels ils partageaient le même rôle (ex : X était un morse, Y était un goéland et Z un chat), soit différents (X était un lion, Y une girafe et Z un chameau), soit enfin en correspondance croisée (i.e. des personnages similaires dans des rôles différents, ex : X était un chat, Y un morse et Z un goéland). La qualité du transfert était évaluée en fonction de la fidélité avec laquelle les enfants reproduisaient le scénario de l'histoire source. Les résultats ont mis en évidence que les enfants réussissaient mieux la tâche lorsque les nouveaux personnages étaient similaires à ceux de l'histoire initiale et jouaient les mêmes rôles. Ils avaient des performances intermédiaires lorsque les nouveaux personnages étaient différents. Enfin, ils réussissaient moins bien en situation de correspondance croisée. Ces résultats illustrent le rôle des similitudes de surface dans la mise en correspondance chez l'enfant. La comparaison des

performances des enfants dans la condition où l'histoire source explicite un système de relations vis-à-vis de la condition où la structure n'est pas explicitée est particulièrement intéressante pour renseigner le développement du raisonnement analogique. En effet, seuls les enfants les plus âgés semblaient bénéficier de l'explicitation de la structure de l'histoire. Ces données suggèrent que les jeunes enfants sont initialement limités dans leur capacité à bénéficier de la systématisme et développent cette capacité avec l'âge.

L'hypothèse du basculement relationnel a plus directement été testée par Gentner (1988), qui s'est intéressée à l'interprétation des métaphores par des enfants de 5-6 ans, de 9-10 ans et par des adultes. L'étude investiguait l'interprétation de métaphores basées sur des attributs d'objets communs (ex : « les pancakes sont des pièces de monnaie »), des relations communes (« une chaussure est un pneu »), ou dont l'interprétation pouvait être basée soit sur des attributs d'objets communs, soit sur des relations (ex : « les plantes sont des pailles à boire ») (Gentner, 1988). L'analyse des données a révélé que les interprétations relationnelles des métaphores relationnelles (ex : les deux permettent de se déplacer d'un endroit à un autre) et des doubles métaphores (ex : les deux servent à transporter de l'eau du bas vers le haut pour nourrir un être vivant) augmentaient avec l'âge. Alors que les deux groupes d'âge supérieur privilégiaient des interprétations relationnelles pour les doubles métaphores, les enfants de 4-5 ans ne témoignaient pas de préférence pour ces interprétations relativement à une interprétation basée sur les attributs partagés (ex : les deux sont longues et cylindriques). Pour Gentner, le basculement relationnel est sous-tendu par un accroissement des connaissances de l'enfant (voir aussi Goswami & Brown, 1990). L'acquisition de connaissances relationnelles permettrait progressivement à l'enfant de fonder des analogies sur des similitudes relationnelles.

Une interprétation alternative proposée par un certain nombre d'auteurs est que le basculement relationnel soit également sous-tendu par un développement des fonctions exécutives du jeune enfant. Ainsi, Halford et ses collègues proposent que le développement du raisonnement analogique reflète un accroissement de la complexité des relations qui peuvent être maintenues simultanément en MDT (Halford, 1992 ; Halford, Wilson & Phillips, 1998). La complexité d'une relation est définie par le nombre d'arguments qu'elle prend, c'est-à-dire le nombre de sources de variation qu'elle peut contenir. Richland, Morrison et Holyoak (2006) partagent avec Halford l'idée que la mise en correspondance de plusieurs relations sollicite la MDT. De même, le rejet d'une correspondance superficielle qui serait en compétition avec une

correspondance relationnelle dépendrait d'un contrôle inhibiteur en mémoire de travail. Le développement du raisonnement analogique a été étudié à l'aide d'une tâche d'analogie entre scènes visuelles (Markman & Gentner, 1993) auprès d'enfants de 3-4 ans, 6-8 ans et 13-14 ans. Cette tâche consistait à présenter deux images et à demander au participant de pointer au sein de la seconde image l'élément qui correspond à un élément donné de la première image. Quatre conditions ont été créées en faisant varier la complexité relationnelle (i.e. le nombre de relation(s) qui devai(en)t être considérée(s) : une ou deux) ainsi que la présence d'un distracteur superficiellement similaire ou non entre les deux images. Les relations étaient choisies pour être familières des plus jeunes enfants (ex : poursuivre), et cette familiarité était maintenue constante à travers les différentes conditions, la relation impliquée étant la même. Les résultats ont révélé un effet significatif de l'âge des participants, du nombre de relations à considérer, ainsi que du type de distracteur sur les performances. L'augmentation des performances avec l'âge ainsi que des performances au-dessus du hasard, mais tout de même modestes, des jeunes enfants lorsqu'une seule relation familière devait être considérée en l'absence de distracteur superficiellement similaire, suggèrent que la familiarité avec la relation n'est effectivement pas le seul déterminant de la réussite d'une analogie. La présence d'une correspondance de surface et la complexité relationnelle altéraient significativement les performances des enfants les plus jeunes, qui avaient particulièrement tendance à sélectionner la correspondance de surface. Les enfants plus âgés quant à eux étaient également affectés par la complexité relationnelle, mais pas par la présence du distracteur superficiellement similaire. Ils faisaient globalement moins d'erreurs que les enfants plus jeunes. Ces données suggèrent que le raisonnement analogique se développe avec la capacité à intégrer plusieurs relations et à inhiber les correspondances superficielles distractives.

Thibaut, French et Vezneva (2010) se sont également intéressés à l'influence du développement des fonctions exécutives sur les performances de raisonnement analogique d'enfants de 6, 8 et 14 ans. Une tâche d'analogie à quatre termes a été proposée dans laquelle le nombre de distracteur(s) superficiellement similaire(s) (i.e. un seul distracteur d similaire au terme c ou trois distracteurs chacun similaire au terme a , b ou c) en compétition avec la correspondance relationnelle était manipulé. Outre l'effet positif de l'âge sur les performances, les résultats ont révélé que la présence d'un seul distracteur superficiellement similaire au terme c diminuait le nombre de réponses analogiques, ce dernier étant fréquemment sélectionné. L'introduction de distracteurs similaires au terme a et b n'avait pas d'impact significatif sur les

performances. Une seconde expérience a montré que l'introduction d'une dimension de variation supplémentaire des stimuli (présence d'une texture différente pour chaque stimulus) diminuait les performances des participants. Ceci suggère que ces informations supplémentaires, bien que ne constituant pas des correspondances superficielles en compétition avec la correspondance relationnelle, contribuent à augmenter la charge mentale des participants. De plus, des analyses complémentaires sur les temps de réponse ont mis en évidence que seul le traitement des participants de 8 ans était ralenti par l'introduction d'une correspondance superficielle ou de la dimension supplémentaire de variation. Ce résultat a contribué à envisager un contrôle exécutif de nature différente chez les trois groupes de participants. Les enfants de 6 ans auraient peu tendance à inhiber la première correspondance détectée et auraient des difficultés à organiser une exploration des autres correspondances possibles. Cela est compatible avec le fait que ces participants sont ceux qui ont le plus tendance à s'arrêter à la correspondance superficielle lorsqu'elle était présente. Les participants de 8 ans tendraient à explorer les différentes dimensions des stimuli et à considérer les différentes correspondances possibles (superficielle et relationnelle) avant de faire leur choix. Enfin, les participants de 14 ans focaliseraient leur recherche sur une correspondance relationnelle sans prêter attention aux alternatives. Dans l'ensemble, ces résultats suggèrent que le développement des fonctions exécutives est un facteur déterminant dans l'évolution des capacités de raisonnement analogique.

Quelles que soient les origines du basculement relationnel, ce dernier pourrait être à l'origine du fait que les verbes soient appris plus tôt que les noms d'objets concrets par le jeune enfant. Les verbes seraient plus difficilement appris que les noms d'objet puisque ces derniers ne nécessitent que la considération d'objets alors que les premiers requièrent de traiter des relations entre objets. La question qui se pose alors est celle du processus permettant l'acquisition de connaissances qui ne se résument pas à des traits superficiels. Les études menées dans le domaine suggèrent que la comparaison analogique et le langage constituent deux outils primordiaux permettant d'apprendre et de généraliser les catégories sur la base de similitudes relationnelles.

1.2. COMPARAISON ET LANGAGE DANS L'ACQUISITION DES CATEGORIES

1.1.1. Langage et acquisition des noms d'objets

Les hypothèses de l'enfant sur la signification des mots

L'étude de l'apprentissage des catégories lexicales a fait émerger l'idée que les enfants sont nécessairement contraints par certains principes dans leurs hypothèses relatives à la signification d'un nouveau mot (Markman, 1990). Si ce n'était pas le cas, un nombre infini d'hypothèses devrait être créé quant aux propriétés entrant dans la signification d'un mot. Par exemple, lorsque le terme « chien » est entendu pour la première fois, celui-ci peut référer à une partie de l'animal comme sa queue, à sa substance, sa taille, sa couleur ou sa position, ou encore au seul chien spécifique qui est dénommé. Les recherches dans le domaine ont montré que le langage (i.e. l'introduction d'un mot) influençait les propriétés auxquelles l'enfant allait prêter attention d'une manière qui facilite l'apprentissage des catégories lexicales. Markman propose que l'utilisation d'un label induit trois contraintes sur les hypothèses concernant la signification du mot : la *contrainte de l'objet entier*, l'*assomption taxonomique* et l'*assomption d'exclusivité mutuelle*, qui aideraient l'enfant à réduire le nombre d'hypothèses lorsqu'un nouveau mot est entendu. Selon la contrainte de l'objet entier, l'enfant supposerait qu'un nouveau label réfère à un objet entier plutôt qu'à une de ses parties, sa substance ou ses propriétés. La contrainte taxonomique stipule que le terme qualifie un type d'objet, c'est-à-dire qu'il peut être généralisé aux différents objets appartenant à la même catégorie taxonomique que le référent initial. Enfin, les enfants supposeraient que chaque objet ne possède qu'un label, ce qui leur permet d'inférer qu'un nouveau label entendu face à un objet dont le nom est déjà connu réfère à autre chose que l'objet entier (ex : à une de ses parties).

Markman et Hutchinson (1984) ont fourni des preuves expérimentales allant dans le sens de la contrainte de l'objet entier et de l'assomption taxonomique chez des enfants de 4 et 5 ans. Une première image leur était présentée (ex : une vache), puis deux autres décrivant soit une correspondance thématique (ex : lait) soit une correspondance taxonomique (ex : cochon) étaient introduites. Dans une condition, les images étaient présentées sans label. Il était simplement mentionné aux enfants qu'ils allaient voir une chose (première image) et devoir en trouver un autre exemplaire (face aux deux nouvelles images). Dans une autre condition, les objets étaient accompagnés d'un label lors de la présentation de la première image (« tu vois ce

dax »), puis face aux deux images suivantes (« peux-tu trouver un autre dax ? »). Alors que les enfants avaient peu tendance à choisir la correspondance taxonomique en l'absence de label, ils sélectionnaient majoritairement cette dernière lorsqu'un label leur était présenté. Ces résultats semblent donc démontrer que les mots focalisent l'attention sur des aspects conceptuels (ex : la catégorie taxonomique de l'objet) et servent de support au développement des concepts.

Le biais de la forme

Cependant, une interprétation alternative des résultats de Markman et Hutchinson (1984) a été proposée (Imai, Gentner & Ushida, 1994 ; Smith, Jones & Landau, 1996). En effet, l'introduction d'un label pourrait plutôt focaliser l'attention sur des aspects perceptifs des objets, et plus particulièrement sur leur forme, ce qui permettrait de guider l'extension ultérieure du terme à d'autres objets. Ce mécanisme fournit une explication plausible des résultats de l'étude en question puisque la première image était perceptivement plus proche de la correspondance taxonomique que de la correspondance thématique (ex : la forme d'une vache est plus similaire à celle d'un cochon qu'à celle d'un récipient contenant du lait). Imai et al. (1994) ont fait l'hypothèse d'un basculement développemental concernant le type de propriétés sur lesquelles un label focalise l'attention. L'introduction d'un mot induirait une focalisation attentionnelle sur la forme chez les enfants les plus jeunes et une considération de la catégorie taxonomique chez les enfants plus âgés. Dans l'expérience des auteurs, on présentait à des enfants de 3 et 5 ans une première image d'objet. Il leur était ensuite demandé de choisir parmi trois nouvelles images un objet correspondant au premier objet présenté. Au sein d'une condition, un label était introduit avec la première image, puis lors de la sélection de la correspondance, alors que dans une autre condition, aucun label n'était présenté. Conformément aux résultats d'études antérieures, les deux groupes d'âges sélectionnaient majoritairement la correspondance thématique en l'absence de label. Ils sélectionnaient tous deux principalement la correspondance de forme lorsqu'un label était introduit, contrairement au groupe d'adultes qui optait généralement pour la correspondance taxonomique. Démontrant un basculement développemental, les enfants de 5 ans étaient plus enclins que les enfants de 3 ans à orienter leur choix vers la correspondance taxonomique.

Smith et ses collègues ont proposé que les jeunes enfants développent un *biais de la forme*, c'est-à-dire une tendance à généraliser les labels sur la base de similitudes de forme

entre objets. Les auteurs soulignent que les premiers mots appris par les enfants caractérisent des catégories d'objets dont les exemplaires ont une forme relativement homogène. Les enfants noteraient que la forme est un critère important pour généraliser les mots et apprendraient ainsi à déplacer automatiquement leur attention sur la forme d'un objet à l'écoute d'un nom d'objet. Landau, Smith et Jones (1988) ont invité des jeunes enfants de 2 et de 3 ans ainsi que des adultes à généraliser un nouveau label appliqué à un exemplaire initial (i.e. objet non familier) vers de nouveaux exemplaires (condition avec label) ou à classer les nouveaux exemplaires (condition sans label). Les nouveaux exemplaires présentaient des déformations de formes, de texture ou de taille. Il est apparu que le maintien d'une forme similaire avec l'exemplaire initial était le principal critère de généralisation chez les différents groupes d'âge. Plus les participants étaient âgés, plus ils accordaient de l'importance à la similitude de forme, ce qui va dans le sens d'un développement du biais de la forme. De plus, les jeunes enfants cessaient de traiter de manière privilégiée la similitude de forme dans la tâche de classification sans label. Il semble donc que le langage dirige l'attention vers la forme. Les auteurs postulent également que les enfants apprennent à se baser sur des critères de généralisation différents pour les catégories d'artefacts, d'animaux et de substances (Colunga & Smith, 2008). En effet, le biais de la forme serait plus marqué dans la catégorisation des artefacts puisqu'une corrélation systématique existe entre la présence de propriétés telles que angulaire, solide, rigide et l'homogénéité de la forme au sein de ces catégories. Concernant les catégories d'animaux, la corrélation entre les propriétés typiques (ex : possèdent des yeux, des jambes, une tête, etc) et la présence d'une forme similaire serait moins systématique (les animaux changent de postures, grandissent, etc), ce qui aurait pour conséquence que les enfants apprendraient à se baser sur de multiples similitudes (ex : forme *et* texture). Le critère de texture serait le plus important pour généraliser des noms de substances. Jones, Smith et Landau (1991) ont mis en évidence que l'ajout d'un indice perceptif corrélé avec les propriétés des animaux au sein des stimuli utilisés par Smith et al. (1988) (i.e. des yeux étaient placés sur les images d'artefacts) menait les participants à se baser à la fois sur la forme et sur la texture des stimuli pour généraliser un nouveau label. Un point important de la théorie est qu'aucune information conceptuelle ne serait requise pour apprendre à généraliser des items lexicaux ; l'apprentissage de corrélations entre des propriétés et des critères de catégorisation pertinents (ex : la présence d'yeux est corrélée avec la pertinence du critère de texture pour la catégorisation) serait nécessaire et suffisant. Cette idée a été testée empiriquement à l'aide d'un design expérimental contrastant une tâche de généralisation de

label avec une tâche de jugement de similitude entre exemplaires, toutes deux proposées à de jeunes enfants de 3 ans et à des adultes (Smith et al., 1996). Les stimuli expérimentaux étaient des objets inventés constitués d'un support et de parties ajoutées. Après la présentation de l'exemplaire initial, quatre exemplaires étaient introduits, faisant varier la présence de parties identiques/différentes et d'un support identique/différent à celui du premier objet. Les deux groupes d'âge jugeaient exclusivement les exemplaires identiques (i.e. parties et support identiques) comme étant similaires dans le cadre de la tâche non langagière. Dans la tâche de généralisation de label, les deux groupes d'âge acceptaient les exemplaires identiques et ceux qui partageaient uniquement les mêmes parties. Pour tester l'influence de connaissances conceptuelles sur les propriétés considérées lors de la généralisation d'un nom d'objet, les mêmes exemplaires étaient introduits avec une fonction particulière (i.e. savoir conceptuel, ex : porte des stylos) dépendant soit des parties, soit du support de chaque objet initial. Les résultats ont montré que les adultes étaient influencés par la fonction de l'objet à la fois dans la tâche de généralisation de label et dans celle de jugement de similitude. En effet, ils généralisaient le label vers les objets qui préservaient l'élément impliqué dans la fonction de l'objet initial (i.e. une de ses parties ou son support). Ils jugeaient également ces objets comme étant similaires à l'objet initial. En revanche, les enfants ne tenaient compte de la similitude entre les nouveaux objets et l'objet initial au niveau de l'élément impliqué dans la fonction que dans la tâche de jugement de similitude et non dans la tâche langagière. Ces résultats sont interprétés comme le reflet d'un mécanisme de déplacement de l'attention sur certaines propriétés perceptives en contexte langagier, qui opère de façon automatique, indépendamment de tout savoir conceptuel. Ce mécanisme dépendrait non seulement d'associations entre des propriétés perceptives (ex : possède des yeux) et des critères de classification valides (ex : forme et texture), mais également avec des indices linguistiques (ex : les verbes *mange* et *dort* sont corrélés avec les propriétés des animaux, Colunga & Smith, 2008).

Le rôle des informations conceptuelles

Différents auteurs ont contesté l'idée selon laquelle le développement langagier prendrait exclusivement racine dans un mécanisme associatif de détection de régularités. Waxman et Gelman (2009) argumentent que les enfants développent des concepts abstraits qui ne peuvent se résumer à des associations de propriétés perceptives. Les connaissances conceptuelles développées par l'enfant dans différents domaines (ex : le vivant,

l'intentionnalité, la causalité, etc) seraient impliquées dans les acquisitions lexicales. Booth et Waxman (2002) ont utilisé un design expérimental proche de celui de Smith et collègues dans lequel la généralisation d'un nouveau mot vers des exemplaires préservant la forme, la taille ou la texture de l'exemplaire initial était testée (Jones et al., 1996 ; Landau et al., 1988). Des informations conceptuelles sur le statut ontologique des objets étaient introduites dans l'une de deux conditions (i.e. catégorie des animés : « il a une maman et un papa qui l'aiment beaucoup » / catégorie de l'inanimé : « il a été fabriqué par un astronaute pour accomplir une mission spéciale dans son vaisseau spatial »). Aucune propriété perceptive associée aux propriétés des animaux n'était introduite (ex : des yeux). La prédiction était que des informations conceptuelles pourraient modifier le type de propriétés utilisé par les jeunes enfants pour généraliser le nom. En effet, les résultats ont mis en évidence que lorsque les informations conceptuelles présentaient l'objet comme un artefact, les enfants avaient davantage tendance à utiliser la similitude de forme comme seul critère de généralisation du label vers de nouveaux exemplaires (i.e. biais de la forme) que lorsque les informations conceptuelles mettaient en avant le caractère animé de l'objet initial. Dans ce dernier cas, les enfants considéraient également la similitude de texture comme un critère déterminant de généralisation du label vers de nouveaux exemplaires. Ces résultats illustrent que des connaissances conceptuelles sont impliquées dans la généralisation des noms d'objets chez le jeune enfant (mais voir Colunga & Smith, 2008 pour un contre-argument).

Kemler-Nelson note que l'apparence donne généralement des informations sur la *fonction voulue* d'un artefact – celle qui reflète l'intention de celui qui l'a créée. Elle argumente que la tendance des enfants à focaliser leur attention sur l'apparence plutôt que sur la fonction des objets dans les expériences est due au lien confus manifesté par les stimuli expérimentaux entre ces deux aspects. La capacité des enfants de 4 ans à généraliser un label à des objets préservant une même fonction a été testée en manipulant la plausibilité de la fonction des artefacts compte tenu de leur apparence. L'indicateur de plausibilité était des notes attribuées par des participants adultes jugeant de la probabilité qu'un artefact ait été conçu pour une fonction donnée. Ainsi, une fonction plausible d'un artefact était par exemple d'introduire des balles dans un tube afin qu'elles en ressortent une par une. Une fonction moins plausible (telle qu'évaluée par des jugements de participants adultes) était qu'un serpent puisse se tortiller à l'intérieur du tube. Après l'introduction d'un nouveau label face à la présentation de l'objet initial, la généralisation était testée quand on présente un objet à l'apparence peu similaire mais

pouvant accomplir une fonction identique ou quand on présente un objet préservant une apparence très similaire mais une fonction différente. La plausibilité de la fonction avait un impact significatif sur la capacité des enfants à généraliser le label sur la base d'une fonction similaire. Lorsque la fonction était plausible, ils choisissaient majoritairement la correspondance fonctionnelle plutôt que d'apparence. D'autres expériences ont révélé que la réduction du temps entre la présentation de l'objet test et l'introduction de la question concernant la généralisation du label diminuait le nombre de réponses basées sur la fonction. Ces données vont à l'encontre d'un processus automatique de guidage de l'attention vers des propriétés purement perceptives et sont plus compatibles avec un processus réflexif basé sur des savoirs conceptuels sur les objets. En outre, la comparaison de deux conditions avec et sans label fait apparaître davantage de généralisations basées sur la fonction commune dans un contexte langagier. Il apparaît que les études qui ont porté sur le rôle du langage dans l'acquisition des catégories ne sont pas parvenues à un consensus concernant le type de propriétés sur lesquelles celui-ci focalise l'attention des enfants. Cependant, que le langage guide l'attention sur la forme des objets et/ou sur des propriétés conceptuelles, il est généralement reconnu que celui-ci permet de rendre saillantes des propriétés pertinentes à la catégorisation des objets.

1.1.2. Le rôle de la comparaison dans l'acquisition des catégories

Gentner et Namy (1999) ont cherché à montrer l'effet facilitateur de la comparaison analogique de différents exemplaires sur la généralisation d'une catégorie lexicale fondée non pas sur l'apparence des exemplaires mais sur des propriétés plus profondes. Un design expérimental similaire à celui utilisé par Imai et al. (1991) a été utilisé. Un premier exemplaire était présenté avec un nouveau label, puis l'enfant devait choisir auquel de deux nouveaux exemplaires – l'un perceptivement similaire et l'autre taxonomiquement similaire – le label s'appliquait. La nouveauté de l'étude est que certains participants étaient amenés à comparer l'exemplaire initial (ex : une pomme) avec trois autres exemplaires de la catégorie taxonomique (ex : une grappe de raisins, une tranche de pastèque et une poire). Le raisonnement sous-tendant cette manipulation expérimentale était que le processus d'alignement structurel permettrait aux enfants, dans la condition de comparaison, d'extraire la structure conceptuelle commune aux exemplaires de façon à privilégier ensuite le choix taxonomique. Les résultats valident cette hypothèse, les jeunes enfants dans la condition de comparaison sélectionnant le choix

taxonomique plus souvent que le hasard, ce qui n'était pas le cas des enfants qui avaient reçu un seul exemplaire initial.

En utilisant un paradigme expérimental similaire, Christie et Gentner (2010) ont testé l'effet de la comparaison sur l'apprentissage de nouvelles catégories relationnelles par des enfants de 3 et 4 ans. L'un des concepts relationnels testé était la symétrie. L'exemplaire initial l'incarnant décrivait un chat de petite taille, un chat de grande taille et un autre chat de petite taille, alignés dans cet ordre de gauche à droite. Le label utilisé était un nouveau nom commun (ex : *jiggy*). L'objectif de l'étude était de tester si la comparaison de deux exemplaires initiaux pouvait mener les enfants à surpasser l'incitation du nom commun à focaliser leur attention sur l'apparence des objets (Imai et al., 1991 ; Landau et al., 1988) afin de considérer les relations communes. Dans cette étude, une incitation explicite à comparer les exemplaires initiaux analogues était formulée (ex : « vois-tu en quoi les deux sont des jiggies ? ») Malgré une dominance des réponses basées sur l'apparence dans les deux conditions, les deux groupes d'enfants avaient davantage tendance à généraliser le nom commun vers la correspondance relationnelle dans la condition de comparaison. Cet avantage n'apparaissait plus dans une nouvelle expérimentation dans laquelle les exemplaires initiaux analogues étaient présentés successivement sans incitation explicite à les comparer.

Selon Gentner (2010 ; Gentner & Hoyos, 2017), des similitudes superficielles sont nécessaires pour que les jeunes enfants comparent spontanément deux analogues. Cette idée a inspiré un ensemble de travaux sur l'*alignement progressif*, qui décrit le processus par lequel la comparaison de deux analogues présentant des similitudes de surface permet par la suite d'apprécier des similitudes à un niveau plus abstrait. La présence de similitude de surface favoriserait la mise en œuvre spontanée d'une comparaison et supporterait l'alignement structurel des analogues. Suite à la présentation d'une configuration de formes géométriques (ex : xXx), Kotovsky et Gentner (1996) ont demandé à de jeunes enfants de 4 ans de sélectionner une correspondance parmi une configuration analogue superficiellement différente et une configuration non reliée (i.e. un distracteur). Le type de correspondance relationnelle était manipulé. Certains essais présentaient une correspondance au niveau d'abstraction important d'une relation d'ordre élevé telle que la symétrie (ex : OOO, où la dimension qui varie entre les éléments est la couleur et non plus la taille) alors que dans d'autres essais, une similitude moins abstraite au niveau d'une relation d'ordre faible accompagnait la relation

d'ordre élevé (ex : oOo, la dimension de variation est similaire, i.e. la taille). Lorsque les essais présentant les deux types de correspondance étaient entremêlés, les jeunes enfants réussissaient uniquement à sélectionner la similitude relationnelle moins abstraite. En revanche, lorsque les enfants accomplissaient d'abord l'ensemble des essais présentant une similitude de relations d'ordre faible et ceux qui manifestaient une similitude d'ordre plus élevé uniquement dans un second temps, ces derniers témoignaient de meilleures performances à apprécier les relations abstraites. Il apparaît donc que la comparaison d'analogues présentant des similitudes moins abstraites et donc plus accessibles permet ensuite de détecter des similitudes plus abstraites. Gentner, Anggoro et Klibanoff (2011) ont mis en évidence le rôle de l'alignement progressif dans l'acquisition de catégories lexicales. Dans certaines expériences, quatre paires de cartes entretenant une même relation (ex : un couteau – une pastèque) étaient présentées avec le même label à des enfants de 3 ans. Une nouvelle carte (ex : une feuille de papier) leur était présentée, et ils devaient sélectionner une carte correspondante parmi un choix relationnel (ex : des ciseaux), un choix superficiel/taxonomique (ex : un tas de feuilles de papier) et un choix thématique (ex : un stylo). Il s'est avéré que les jeunes enfants de 3 ans ne parvenaient pas à sélectionner la carte relationnelle au-dessus du niveau du hasard lorsque les paires d'entraînement impliquaient des objets superficiellement différents (ex : un couteau – une pastèque et une hache – un arbre, etc). C'est uniquement en condition d'alignement progressif, où deux paires de cartes d'entraînement manifestaient des similitudes de surface (ex : un couteau – une pastèque et un couteau – une orange), et deux paires de cartes d'entraînement présentaient des objets différents, que les jeunes enfants parvenaient à acquérir la catégorie relationnelle.

Thibaut et Witt (2015) ont cherché à spécifier les conditions optimales permettant aux jeunes enfants d'apprendre une catégorie relationnelle à partir de multiples exemplaires. La perspective des auteurs était de tenir compte du coût cognitif imposé par l'augmentation du nombre de comparaisons à effectuer (Halford, 1992 ; Halford et al., 1998). Le design expérimental de Gentner et al. (2011) a été légèrement modifié de façon à faire varier le nombre d'exemplaires d'entraînement (2, 3 ou 4 paires d'objets) ainsi que la présence entre eux de similitudes de surface. D'un côté, il était envisagé que l'augmentation du nombre de paires superficiellement similaires serait moins coûteuse cognitivement que celle du nombre de paires superficiellement différentes. De l'autre, il était prédit que la présentation exclusive de paires superficiellement similaires pourrait avoir comme conséquence de donner lieu à une catégorie

aux frontières étroites, inapte à se généraliser vers le nouvel exemplaire superficiellement différent. L'expérimentation, menée auprès de jeunes enfants de 42 mois, a mis en évidence que la présentation d'exemplaires superficiellement similaires ne permettait pas de sélectionner la correspondance relationnelle comme une instance du nouveau label, et ce, quel que soit le nombre de paires d'entraînement présentées. Les taux de sélection de cette correspondance étaient systématiquement au-dessus du hasard lorsque les participants recevaient 2, 3 ou 4 paires superficiellement différentes. Si les performances augmentaient avec le nombre de paires d'entraînement reçues, il s'est avéré que le traitement de trois exemplaires constituait le nombre optimal pour la généralisation. Il apparaît donc que la présentation exclusive d'exemplaires superficiellement similaires peut donner lieu à des catégories trop figées. La présentation d'exemplaires superficiellement différents semble plus favorable à la généralisation. Néanmoins, l'augmentation du nombre de comparaisons entre exemplaires superficiellement différents est susceptible d'occasionner une surcharge cognitive.

1.1.3. Le rôle du langage dans la comparaison

L'étude de Gentner et al. (2011) qui a été brièvement abordée plus haut ne visait pas uniquement à étudier le rôle de la comparaison analogique dans l'acquisition des catégories relationnelles, mais également celui du langage, ainsi que l'interaction du langage et de la comparaison dans ce processus. Les auteurs font l'hypothèse que si les noms d'objets constituent une incitation à être étendus sur la base de similitudes perceptives (Imai et al., 1991 ; Landau et al., 1988), une structure syntaxique faisant apparaître leur statut relationnel peut constituer une incitation à se fier aux similitudes relationnelles. Selon un design expérimental similaire à celui présenté précédemment, des enfants de 3, 4, 5 et 6 ans étaient familiarisés avec deux cartes entretenant une certaine relation (ex : un couteau et une pastèque). Une nouvelle carte (ex : une feuille de papier) leur était présentée, et ils devaient sélectionner une carte correspondante parmi un choix relationnel (ex : des ciseaux), un choix superficiel/taxonomique (ex : un tas de feuilles de papier) et un choix thématique (ex : un stylo). Au sein de différentes conditions, soit aucun label n'était présenté (ex : « le couteau va avec la pastèque »), soit un label était présenté au sein d'une phrase qui rendait saillante la structure prédicat-argument d'un verbe (ex : « le couteau est le dax pour la pastèque »), soit ce dernier était présenté dans le cadre d'une formulation suggérant une catégorie super-ordonnée (ex : « le couteau est un dax »). Avec ou sans label, les enfants de 3 ans ne sélectionnaient pas le choix relationnel au-dessus du

hasard, et ne semblaient donc pas bénéficier de la présence de langage relationnel. La présence de langage relationnel était néanmoins nécessaire à leur réussite dans la condition d'alignement progressif présentée plus haut. Les enfants de 4 et 5 ans avaient tendance à sélectionner le choix relationnel uniquement en présence d'un label relationnel et non lorsque ce dernier indiquait une catégorie super-ordonnée. À 6 ans, les enfants sélectionnaient le choix relationnel dans toutes les conditions. Ces résultats illustrent le rôle du langage à travers l'invitation à comparer des exemplaires analogues labellisés de la même façon.

Une possibilité différente a été envisagée par Loewenstein et Gentner (2005) qui font l'hypothèse que les labels relationnels familiers invitent à un encodage profond, conforme aux relations composant le concept. Une tâche de mise en correspondance spatiale a été proposée à des enfants de 3 ans et 6 mois et de 4 ans. Des cartes étaient placées sur chacun des trois niveaux de deux petites étagères. La carte « gagnante » présentait une étoile sur sa face cachée. L'expérimentateur plaçait la carte gagnante à l'un des trois niveaux de la première étagère et demandait aux enfants de trouver où se situait la carte gagnante qui avait été placée au même endroit sur la seconde étagère. L'introduction de label relationnel était manipulée. Au moment où la carte gagnante était placée sur la première étagère, l'expérimentateur utilisait ou non un label relationnel spatial pour décrire son emplacement (i.e. *au-dessus/sur*, *au milieu/dans*, *en dessous/sous*). Les résultats ont montré de meilleures performances à sélectionner le bon emplacement de la carte gagnante sur la seconde étagère lorsque des labels relationnels spatiaux avaient été utilisés par l'expérimentateur. Il a également été mis en évidence que la sémantique des labels relationnels introduits avait une importance. Les labels relationnels *au-dessus*, *au milieu* et *en dessous* font référence à une relation spatiale au sein d'un système de relations (ex : *au milieu* est défini par « également éloigné de deux extrémités »), alors que les labels relationnels *sur*, *dans* et *sous* expriment une relation d'ordre faible entre un élément et une plateforme (ex : *sur* exprime une relation de « support par le bas »). L'étude révèle que les enfants qui reçoivent les labels faisant référence à un système de relations témoignent de meilleures performances sur une tâche de mise en correspondance spatiale similaire introduisant des correspondances croisées (ex : chaque carte de la première étagère était perceptivement similaire à une carte de la seconde étagère qui ne correspondait pas du point de vue des relations spatiales) que ceux qui ont entendu un label décrivant une seule relation spatiale. Ils témoignaient également de bonnes performances de transfert vers une tâche similaire impliquant des objets superficiellement différents. L'interprétation est que les labels

renvoyant à un système de relations permettent de structurer une représentation plus profonde au service de la mise en correspondance analogique.

L'influence positive du langage sur le raisonnement analogique semble donc pouvoir se traduire par deux moyens. D'une part, les nouveaux labels relationnels semblent constituer un indice invitant à considérer les relations ainsi qu'une invitation à comparer des analogues (Gentner et al., 2011). D'autre part, les labels relationnels familiers, par le biais des propriétés sémantiques qui leur sont attachées, semblent contraindre un encodage cohérent avec ces connaissances antérieures (Loewenstein & Gentner, 2005). Son, Smith, Goldstone et Leslie (2012) ont construit des expériences afin de tester l'effet de ces deux types d'influence possible du langage relationnel. Ils font l'hypothèse que les mots qui sont associés à des expériences antérieures évoquent des schémas structurels qui facilitent le raisonnement analogique. Les stimuli expérimentaux sont ceux utilisés par Kotovsky et Gentner (1996). Dans cette étude, deux cartes instanciant le même principe étaient présentées l'une après l'autre avec le même label. La nouveauté concernant les stimuli est que l'objet central n'était pas une figure géométrique mais représentait un jouet (ex : x – jouet – x). Le type de label présenté était manipulé. Celui-ci pouvait notamment être un label relationnel familier (ex : *partage*) ou un nouveau label. L'idée était que le label familier pouvait aider l'enfant à interpréter l'image à travers un schéma relationnel familier (ex : *les deux x se partagent le jouet*). Les enfants qui recevaient un label familier réussissaient mieux à sélectionner un nouvel exemplaire présentant une relation d'ordre élevé similaire (ex : OoO) plutôt qu'un distracteur. Les auteurs précisent ensuite l'hypothèse de l'*opacité optimale* (*optimal vagueness*). Selon cette hypothèse, l'évocation de schémas moins spécifiques et concrets est plus favorable que celle de situations plus spécifiques pour focaliser l'attention sur la structure relationnelle. Suivant cette logique, de nouveaux stimuli ont été créés de façon à évoquer un schéma plus spécifique. Par exemple les « x » de chaque côté du jouet étaient remplacés par deux enfants tournés vers l'objet central. Conformément avec la prédiction selon laquelle ces stimuli présentés conjointement avec le label relationnel familier (i.e. *partage*) mènent à construire un schéma très spécifique, les jeunes enfants dans cette nouvelle condition témoignaient de moins bonnes performances de généralisation que ceux qui recevaient les stimuli plus abstraits décrits précédemment. Il apparaît que les labels relationnels familiers expriment leur plus grand potentiel lorsque les instances qu'ils décrivent ne sont ni trop générales – pour permettre l'évocation d'expériences

passées – ni trop spécifiques – afin d’éviter la construction d’un schéma trop étroit, moins apte à être généralisé.

1.1.4. Une vision convergente du développement des catégories par analogie

On peut se questionner sur l’étendue du rôle de l’analogie dans le développement des catégories. Plus précisément, le rôle de l’analogie est-il restreint à certains types de concepts ? Cette question nous amène à examiner de façon plus approfondie les distinctions qui ont été proposées concernant les différents types de concepts. Rappelons que Gentner distingue les catégories relationnelles, « dont l’appartenance est déterminée par une structure relationnelle partagée, plutôt que par des propriétés communes. », des catégories d’entités, « qui peuvent être caractérisées dans les termes d’une similitude intrinsèque entre ses membres (...) » (Gentner et Kurtz, 2005, p.3). Nous pensons que cette distinction mène à négliger la complexité relationnelle des catégories dites d’objets concrets et circonscrit de façon très discutable le rôle de l’analogie aux catégories relationnelles. Premièrement, certaines catégories ne peuvent pas être classées comme étant soit relationnelles, soit concrètes. Par exemple, la catégorie *marteau* semble tout à la fois décrire des propriétés concrètes telles que *manche* et *tête métallique*, que des propriétés relatives à sa fonction, précisant que *le manche doit être empoigné, levé vers le haut puis abaissé afin de planter un clou* (Wisnewski, 1995). Gentner et Kurtz (2005) ont traité cette difficulté en invoquant un continuum de relationnalité acceptant des éléments intermédiaires. En fait, les catégories qui sont placées du côté de l’extrémité concrète du continuum dévoilent également des propriétés relationnelles qui semblent essentielles à la catégorisation. Les propriétés telles que *meilleur ami de l’Homme, peut être caressé, aboi quand il détecte une présence*, ou encore *peut s’avérer dangereux* semblent ainsi tout à fait essentielles pour appréhender la catégorie (d’objet concret) de *chien*. Admettant cet argument, les auteurs modèrent leur distinction : « la différence entre les concepts d’entités et les concepts relationnels n’est pas que les catégories d’entités manquent d’informations relationnelles, au contraire, elles sont souvent riches à la fois en traits et en informations relationnelles. La différence est plutôt que les concepts relationnels possèdent peu de traits perceptifs intrinsèques ». Il semble donc difficilement tenable de maintenir la position selon laquelle certaines catégories sont dépourvues de propriétés relationnelles.

La question du type de concepts dont l’acquisition est régie par l’analogie peut maintenant être discutée. Le postulat de Gentner est que l’analogie est impliquée dans

l'acquisition des catégories relationnelles. Son rôle dans l'acquisition des catégories d'objets concrets n'est pas mentionné puisque l'accent est mis sur leurs propriétés perceptives. Rappelons que l'acquisition lexicale des noms d'objets concrets avant les verbes et autres catégories relationnelles correspondrait à une séquence développementale selon laquelle les jeunes enfants conceptualisent les objets avant d'être à même de considérer les relations. Cela suggère que la détection de similitudes relationnelles ne serait pas nécessaire à l'acquisition de catégories d'objets concrets. À l'inverse, il semble pertinent de penser que l'analogie est impliquée dans l'acquisition de l'ensemble des concepts dès lors que l'on reconnaît leur profondeur relationnelle. Cette conception offre la perspective plus homogène d'un mécanisme analogique impliqué dans l'acquisition et la généralisation de l'ensemble des concepts.

Dans l'ensemble, la recherche portant sur le développement des catégories lexicales par analogie fait apparaître que la répétition d'expériences analogues donne lieu à des catégories abstraites, généralisables sur la base de similitudes relationnelles. Les études qui attestent de l'effet de la comparaison et du langage sur l'extension relationnelle des catégories apportent une démonstration concluante de cette idée. Elles suggèrent qu'au cours du développement, le jeune enfant développe une représentation schématique de certaines situations qui peuvent constituer des sources d'analogies spontanées.

1.3. ANALOGIES SPONTANÉES ET ACQUISITION DES CATEGORIES LEXICALES

1.1.1. Analogies spontanées et catégories familières

À travers l'hypothèse de la *familiarité relationnelle*, Goswami et ses collègues ont fourni un ensemble de données expérimentales révélant la capacité de très jeunes enfants à établir des analogies sur la base de relations familières (Goswami, 2001). Dans l'une des études qui ont été menées, une tâche d'analogie à quatre termes (de type A : B :: C : ?) était employée afin d'investiguer le développement du raisonnement analogique chez des enfants de 3, 4 et 6 ans (Goswami et Brown, 1990). Les relations impliquées dans les analogies étaient des relations causales physiques telles que *couper*, *casser* ou *fondre*, supposément familières pour les plus jeunes enfants de l'étude. Lors de la tâche d'analogie, une paire d'objets source (ex : tablette de chocolat : chocolat fondu) et le premier terme de la paire d'objets cible (ex : bonhomme de neige : ?) étaient présentés, et l'enfant devait choisir l'objet qui compléterait la paire cible parmi un ensemble de propositions. Ces propositions décrivaient le bon objet avec la transformation

correcte (ex : un bonhomme de neige fondu), un mauvais objet avec la transformation correcte (une craie fondue), le bon objet avec une transformation incorrecte (un bonhomme de neige sale), une correspondance de surface (ex : un épouvantail) et une association sémantique (ex : un traineau). Une tâche contrôlant la familiarité des enfants avec les relations en question était également administrée. Elle consistait à sélectionner parmi un ensemble d'agents causaux (ex : Soleil, couteau, etc), celui qui était à l'origine de la transformation de trois objets (ex : trois objets fondus). Il s'est avéré que les trois groupes d'enfants sélectionnaient la solution analogique plus souvent que le hasard, démontrant une capacité à fonder des analogies sur des relations familières. De plus, la probabilité que les enfants sélectionnent la solution analogique était plus élevée lorsque ceux-ci manifestaient une connaissance de la relation lors de la tâche contrôle (voir aussi Ratterman & Gentner, 1998). Ces résultats suggèrent que les jeunes enfants sont capables d'effectuer des analogies relationnelles lorsqu'ils sont familiers avec la relation impliquée. Ils font écho à un ensemble d'études qui ont montré que les très jeunes enfants étaient capables de transférer une solution basée sur des relations familières (ex : utiliser un outil pour tirer vers soi un objet qui est hors de portée) en l'absence de similitude de surface (Brown 1989).

L'idée que des conceptions issues d'expériences répétées fournissent des sources d'analogies privilégiées par les jeunes enfants apparaît également dans la littérature qui s'est focalisée sur les connaissances naïves. Les connaissances naïves renvoient à des connaissances issues de l'expérience quotidienne qui permettent de fournir une interprétation partiellement valide de certaines notions scientifiques (Lautrey, 2009 ; Sander, 2009). Elles ont été identifiées dans un ensemble de domaines tels que la biologie, la physique ou les mathématiques (Gvozdic & Sander 2019 ; Inagaki & Hatano, 1987 ; Slotta, Chi & Joran, 1995 ; Vosniadou & Brewer, 1992). L'une des sources privilégiées d'analogies spontanées qui a été identifiée est celle de l'être humain (Inagaki & Hatano, 1987 ; Gentner, 1977). Inagaki et Hatano (1987) ont demandé à des enfants de 5-6 ans de prédire les réactions d'un lapin, d'une tulipe ou d'une pierre dans des situations où celles-ci seraient compatibles avec les réactions humaines. Par exemple, « Qu'arriverait-il au lapin/tulipe/pierre si l'on ne lui donnait pas d'eau pendant plusieurs jours ? ». Les réponses des enfants révélaient fréquemment un recours à la personnification face aux questions impliquant le lapin ou la tulipe. Ce recours était inversement proportionnel à la similitude de la cible avec l'humain. Il était donc plus important face au lapin, moins important face à la tulipe et rare concernant la pierre. De plus, les réponses des enfants étaient

généralement « raisonnables », c'est-à-dire similaires à des réponses de sujets adultes. Face à des questions pour lesquelles l'analogie avec l'humain mènerait à des réponses « non raisonnables », les enfants avaient moins recours à la personnification.

Des sources d'analogie implicite avec des conceptions familières ont également été documentées dans le domaine de l'apprentissage des mathématiques (Gvozdic & Sander, 2019 ; Sander, 2009). Fischbein (1989) fait état d'un ensemble de modèles tacites – des représentations concrètes, structurées et cohérentes – influençant de façon persistante les conceptions mathématiques des élèves. Dans cet esprit, Sander propose qu'un mécanisme de transfert analogique depuis des sources familières guide les élèves au cours de la résolution de problèmes. La soustraction serait notamment appréhendée à travers deux sources analogiques ; celle de la perte (i.e. retirer une partie à un tout pour calculer ce qui reste) et celle de la distance (i.e. mesurer la quantité permettant d'aller d'un point de départ à un point d'arrivée). Sander (2001) s'est intéressé aux erreurs sémantiques commises par des élèves de CE1 qui devaient résoudre des soustractions en colonnes impliquant une retenue (ex : $457 - 168 = ?$), une notion qui n'avait pas encore été travaillée en classe par les élèves. L'hypothèse était que les erreurs des élèves dans cette tâche pourtant souvent considérée comme étant purement procédurale, peuvent être prédites compte tenu du recours aux sources analogiques identifiées. Par exemple, des erreurs devraient consister à soustraire le plus petit chiffre d'une colonne au plus grand dans des cas où l'inverse devrait être fait (ex : $457 - 168 = 311$). En effet, la source analogique de la perte interdit de soustraire une grande quantité à une quantité plus petite. De même, la mesure d'une distance est équivalente, que l'on parte du plus petit chiffre pour aller vers le plus grand, ou que l'on fasse l'inverse. Cela incite à soustraire systématiquement le plus petit chiffre au plus grand. Les résultats ont conforté les hypothèses, puisque la quasi-totalité des erreurs des élèves correspondait aux prédictions issues d'un transfert analogique avec les deux conceptions identifiées.

Une différence notable que marque l'approche des connaissances naïves relativement à la conception dominante de l'analogie est que le mécanisme d'interprétation de nouvelles situations à travers des structures familières n'est pas vu comme étant le fruit d'un mécanisme explicite, couteux, de comparaison. En effet, il est plutôt admis que les connaissances naïves structurent l'interprétation de nouvelles situations à l'insu du sujet, par le biais d'un mécanisme implicite (Fischbein, 1989). L'approche des connaissances naïves documentent néanmoins des

cas d'interprétation du nouveau à travers le familier qui, comme les cas d'analogies plus classique, font intervenir des représentations structurées. L'interprétation de la soustraction à travers la perte donne lieu au transfert d'un ensemble inter-relié de contraintes, telles que le fait que l'on ne puisse enlever une grande quantité à une plus petite, qu'il soit impossible d'enlever de nouveau une fois qu'il ne reste plus rien, ou encore qu'il ne soit pas envisageable de retirer une quantité nulle lorsque l'on perd quelque chose. La personnification est aussi fondée sur le transfert d'un système relationnel informant que, tout comme un humain, un animal privé d'eau peut mourir, qu'il peut également tomber malade s'il en consomme trop ou qu'il grandit inévitablement au cours de sa vie (Inagaki & Hatano, 1987). Ces études révèlent que des catégories sont abstraites de multitudes d'expériences et peuvent être généralisées sur la base de similitudes structurelles.

Dans une perspective centrée sur les acquisitions langagières, il paraît pertinent de s'intéresser à l'intervention d'analogies spontanées avec des catégories lexicales. Les analogies spontanées réalisées par les jeunes enfants mènent à penser que dès lors qu'un nombre suffisant d'expériences analogues ont été labellisées de façon similaire, des catégories lexicales pourront servir de sources analogiques et être généralisées sur la base de similitudes relationnelles. Il paraît donc pertinent de se tourner vers les recherches qui se sont centrées sur l'utilisation de catégories lexicales familières. Celles qui se sont intéressées à la généralisation des verbes familiers ont spécifiquement porté leur attention sur la capacité à produire des extensions relationnelles.

1.1.2. Trajectoire développementale des catégories lexicales

Il est communément admis que le jeune enfant construirait initialement des catégories contexte-spécifiques, qui évolueraient progressivement vers l'abstraction au cours du développement. C'est ce que suggère une étude de Gallivan (1988) dans laquelle des enfants de 3, 4, 5 ans ainsi que des adultes ont été interrogés sur la définition qu'ils attribuent à différents verbes de déplacement (ex : sauter, élever, flotter). Les réponses à des questions telles que « Qu'est-ce que sauter signifie ? », « Qu'est-ce que sauter ? » « Comment sautes-tu ? » ont été analysées. Il ressort que les enfants avaient moins tendance que les adultes à décrire le but de l'action ainsi que la manière avec laquelle elle est mise en œuvre. Les enfants semblaient également moins enclins que les adultes à décrire l'action à travers des catégories super-ordonnées. En revanche, les enfants avaient davantage tendance à mentionner un agent ou un

objet spécifique de l'action. Cette tendance décroissait à mesure que l'âge des participants augmentait. La formulation d'extensions métaphoriques du verbe à définir (ex : « élever son esprit »), traduisant une conception générale du concept, n'était présente que chez les adultes. Enfin, la fréquence avec laquelle les propriétés considérées comme étant les plus définitoires ou les plus typiquement associées à un verbe étaient énoncées augmentait avec l'âge des participants. Ces résultats dessinent une progression développementale allant de descriptions relativement contexte-spécifiques vers des conceptions plus générales qui semblent plus aptes à s'appliquer à des contextes variés.

Une étude portant sur la généralisation de verbes familiers auprès de jeunes enfants âgés de 1 an et 8 mois, et de 2 ans et 2 mois, décrit également une progression développementale illustrant une généralisation des concepts (Forbes & Poulin-Dubois, 1997). L'hypothèse des chercheurs était que les jeunes enfants commencent par généraliser les verbes sur la base de « l'apparence des événements » (des données de l'action perceptivement saillantes telles que la manière de réaliser l'action ou le résultat de l'action), puis considèrent des éléments sémantiques plus essentiels des verbes. Dans le cadre d'un paradigme de préférence visuelle, les jeunes enfants étaient d'abord familiarisés avec une vidéo d'action accompagnée du verbe familier correspondant *frapper* ou *ramasser* (ex : une femme frappe une balle qui se retrouve dans une boîte). Une vidéo test était ensuite présentée. Elle décrivait la même action que dans la vidéo précédente avec un changement au niveau de l'agent produisant l'action (i.e. une femme différente), du résultat de l'action (ex : la balle rebondit et revient vers la femme) ou de la manière de réaliser l'action (ex : la femme se retourne et frappe la balle avec le talon). Le raisonnement des auteurs est que le changement de la manière de réaliser l'action ou du résultat de l'action modifie l'apparence de l'action, ce qui n'est pas le cas du changement d'agent. La vidéo test était présentée conjointement avec une vidéo distractive décrivant une action différente. Les temps de fixation (de la vidéo test) des enfants de 1 an et 8 mois étaient plus élevés que le hasard lorsque la vidéo présentait un changement d'agent sans changement dans la manière de réaliser l'action ou dans son résultat. Cela suggère que les jeunes enfants reconnaissaient une nouvelle instance du verbe lorsque l'apparence de l'événement n'était pas modifiée. En ce qui concerne les temps de fixation des enfants de 2 ans 2 mois, ils révélaient une généralisation du verbe vers la vidéo test comportant un changement d'agent et de la manière de réaliser l'action, sans changement de résultat de l'action. Les enfants de ce groupe ayant un niveau de vocabulaire plus élevé que leurs pairs de même âge généralisaient également

le verbe vers la vidéo test présentant un changement de résultat de l'action. Cette étude suggère donc une progression développementale à travers laquelle les enfants appliquent d'abord les verbes à des actions d'apparences similaires, puis à des actions perceptivement différentes préservant des composantes sémantiques essentielles à la signification du verbe.

Dans le même esprit, Meints, Plunkett et Harris (2008) ont étudié la tendance d'enfants de 15, 18, 24 et 36 mois à généraliser un verbe familier (ex : *manger*) vers des référents typiques (ex : une pomme) ou atypiques (ex : une plante d'intérieur). L'idée était de déterminer si les jeunes enfants associent des arguments typiques aux verbes qu'ils apprennent. Partant du principe que le développement des catégories progresse du spécifique au plus général, l'hypothèse des chercheurs était que, au cours de leur développement, les enfants allaient d'abord réserver les verbes à leurs référents typiques, puis élargir le concept pour l'appliquer à des référents atypiques. Deux images étaient présentées simultanément dans le cadre d'un paradigme expérimental de préférence visuelle intermodale. Après un certain délai, un verbe était présenté auditivement. L'une des deux images lui correspondait, alors que l'autre était un distracteur. Dans une condition, l'image correspondante présentait l'action opérée sur un objet typique, alors que dans une autre condition, celle-ci était effectuée sur un objet atypique. Chez les nourrissons de 15 mois, aucune différence dans les temps de fixation n'a été observée avant et après l'introduction du verbe, ce qui est interprété comme une absence de compréhension de ce dernier. Contrairement aux prédictions des chercheurs, les nourrissons de 18 mois regardaient significativement plus longtemps l'image correspondante que le distracteur, que cette première présente un référent typique ou atypique. En revanche, les jeunes enfants de 24 mois ne manifestaient une préférence pour l'image correspondante relativement au distracteur que quand celle-ci illustrait un référent typique et non lorsqu'elle présentait un objet atypique. À 3 ans, les enfants manifestaient de nouveau une préférence visuelle pour une image illustrant un référent atypique du verbe en comparaison à une image présentant un distracteur. L'interprétation des chercheurs est que les jeunes enfants commencent par comprendre les verbes sans leur associer de référent typique (à 18 mois), puis intègrent des connaissances concernant les arguments typiques des verbes vers 24 mois. Un élargissement des catégories interviendrait jusqu'à 3 ans, âge auquel les enfants deviendraient capables d'appliquer un verbe à des référents variés, tout en remarquant le caractère atypique de certains objets.

Dans l'ensemble, les études reportées dans cette section suggèrent que les jeunes enfants développent initialement des concepts centrés sur certaines instances concrètes, intégrant des informations contexte-spécifiques, et évoluant progressivement vers des significations plus abstraites. Cette évolution se traduit par des extensions d'abord plus limitées que celles opérées par les adultes, qui évoluent au cours du développement vers des usages de plus en plus flexibles des verbes. La progression est cohérente avec le fait que la comparaison d'un nombre grandissant d'exemplaires analogues permette au jeune enfant de généraliser une catégorie vers des référents variés. Les données recueillies par Naigles et Hoff (2009) constituent une démonstration particulièrement convaincante. Les auteurs ont enregistré les dix premières instances de productions de 34 verbes différents de la part de jeunes enfants suivis à partir de 1 an et 5 mois. Le premier référent de chaque verbe était comparé aux instanciations ultérieures de ce dernier. Une proportion considérable des verbes était appliquée à différents agents (ex : papa mange/le chien mange), objets (ex : manger une pizza/manger un bagel) et actions (ex : sortir des escaliers / sortir de la maison). Ces données suggèrent une capacité des jeunes enfants à extraire des catégories suite à la comparaison de différents exemplaires labellisés par l'entourage familial et à les appliquer vers de nouveaux référents (voir aussi Tomasello & Brandt, 2009). Néanmoins, les théories de l'analogie mettent l'accent sur le fait qu'un faible nombre d'exemplaires analogues peut donner lieu à des conceptions incomplètes qui nécessitent davantage d'exemplaires pour être raffinées (Hofsdtadter & Sander, 2013, voir Dumas et al., 2008 pour un modèle computationnel de raffinement des prédicats, et Thibaut et Witt, 2015, pour des données expérimentales documentant le rôle du nombre d'exemplaires analogues sur l'acquisition de catégories). Les erreurs de sur-extensions relationnelles illustrent bien le processus par lequel les jeunes enfants approchent l'essence relationnelle des catégories et les généralisent de façon non conventionnelle du point de vue l'adulte. Elles fournissent un précieux exemple de généralisation vers de nouveaux référents. En effet, contrairement aux usages conventionnels, il est peu envisageable qu'elles soient le reflet des effets de répétitions des productions langagières de l'adulte (Bowerman, 1982 ; 2005 ; Naigles & Hoff, 2009 ; Tomasello & Brandt, 2009).

1.1.3. Les sur-extensions relationnelles

Bowerman a développé un vaste programme de recherche dédié aux erreurs de sur-extensions opérées par les jeunes enfants au cours des acquisitions langagières. Ses premiers

travaux à ce sujet sont principalement basés sur des recueils de productions spontanées de jeunes enfants au cours de leurs premières acquisitions lexicales (Bowerman, 1978 ; 1982). Ces travaux ont mis en évidence qu'après une période d'usage approprié, certains termes étaient généralisés de façon non conventionnelle vers de nouveaux référents. Des erreurs fréquentes révélaient des confusions entre les verbes anglais *put* et *give* (mettre et donner), *put* et *make* (mettre et faire) ainsi que *make* et *let* (faire et laisser), qui partagent entre eux certaines similitudes sémantiques abstraites. Par exemple, *put* et *give* (placer et donner) ont en commun de renvoyer au déplacement d'un objet par un agent vers un nouvel emplacement. Bowerman rapproche ces erreurs des lapsus que produisent les adultes. Alors qu'une phrase est construite, des concepts sémantiquement similaires entrent en compétition pour l'activation et doivent être sélectionnés pour être produits. Ainsi, l'apparition relativement tardive de ces erreurs chez le jeune enfant à partir de 2 ans environ marque selon l'auteur une prise de conscience des similitudes abstraites existant entre différents concepts qui n'étaient pas initialement conçus comme étant reliés. Bowerman (1978) écrit : « les erreurs particulières qu'ils font indiquent que les jeunes enfants sont capables de percevoir des similitudes sémantiques étonnamment abstraites et subtiles entre les mots » (p. 979). L'une des différences majeures envisagées avec l'adulte est que le jeune enfant aurait moins tendance à réaliser le caractère incorrect de ces substitutions.

Les travaux plus récents de Bowerman et de ses collègues situent les erreurs de sur-extensions dans une approche attribuant une place cruciale aux caractéristiques de la langue maternelle dans l'apprentissage des catégories lexicales (Bowerman, 2012). Des différences significatives sont reportées dans les catégorisations opérées par les différents systèmes linguistiques. Il est défendu que les acquisitions langagières les plus précoces sont influencées par les particularités de la langue maternelle. Les catégories spatiales ont notamment été comparées au sein de différentes langues. Choi et Bowerman ont mis en évidence que les mots exprimant le placement d'un objet au contact d'un autre, qui sont des particules ou des prépositions en anglais (ex : *put in*) et des verbes en coréen (ex : *kkita*), manifestent des classifications distinctes (Bowerman & Choi, 2001 ; Choi & Bowerman, 1991). L'anglais différencie l'action de placer un objet dans un contenant (*put in*) ou sur une surface plane (*put on*), ce qui n'est pas le cas du coréen. Néanmoins, le coréen opère un nombre de distinctions beaucoup plus important que l'anglais. Il dispose notamment d'un mot spécifique pour l'action d'imbriquer deux objets possédant une forme complémentaire (ex : imbrication de deux légos,

fermeture d'un capuchon de stylo ou d'un tiroir), qui est différencié d'un mot décrivant une catégorie d'imbrication moins contrainte (ex : mettre un livre dans un sac ou une pomme dans une corbeille à fruit). Un terme correspond également au placement d'un objet sur une surface horizontale (ex : une pomme sur une table) et un autre au rapprochement de deux objets plats (ex : un aimant sur un frigidaire). Une variété de verbes distingue également l'action de mettre un vêtement en fonction de la partie du corps recouverte (i.e. la tête, le tronc ou les pieds, Bowerman, 2005), là où l'anglais ne possède qu'un terme générique (i.e. *put on*). Une originalité du coréen est de ne pas utiliser les mêmes verbes dans les cas où le mouvement est spontané ou provoqué, ce qui n'est pas le cas de l'anglais. Alors que l'anglais utilisera *on* (sur) pour exprimer « mettre un objet sur la table » et « monter sur la table », le coréen utilisera des verbes différents dans les deux cas.

Choi et Bowerman (1991) ont recueilli les premières productions de jeunes enfants coréens et anglais en faisant l'hypothèse que ces derniers seraient sensibles aux distinctions effectuées dans leur langue dès les premiers mots prononcés. Cette prédiction contraste avec ce qui serait attendu d'un processus de développement lexical qui consisterait exclusivement à faire correspondre des mots à des concepts pré-linguistiques. Elle est donc issue du postulat que le système linguistique, à travers l'utilisation des labels dans l'entourage du jeune enfant, module les similitudes que ce dernier sera amené à percevoir et donc les catégories qu'il apprendra. L'analyse des productions langagières recueillies suggère effectivement la validité de cette proposition. Les premiers mots produits par les enfants de l'étude marquaient des catégorisations propres à leur système linguistique. Dès 18-19 mois, les enfants anglais généralisaient les termes en question indépendamment du caractère spontané ou provoqué du mouvement observé. À l'inverse, les enfants coréens ne sur-généralisaient jamais l'utilisation d'un verbe associé à un mouvement spontané à une situation de mouvement provoqué, ni inversement. Alors que les verbes utilisés par les enfants coréens ne marquaient pas de distinction entre les situations de contenance ou de support qui ne sont pas pertinentes dans leur langue, ils étaient différents en fonction d'une imbrication stricte ou plus souple. Un point important est que des sur-extensions étaient tout de même observées dans certains cas. Les auteurs argumentent que ces sur-extensions témoignent de frontières catégorielles immatures qui sont déjà spécifiques à la langue maternelle. Par exemple, un enfant anglais a sur-étendu *put in* (mettre dans) à une balle maintenue entre deux genoux, ce qui révèle déjà une attention portée à la relation de contenance. De même, le verbe renvoyant à l'imbrication stricte de deux

objets a été sur-étendu par un enfant coréen pour décrire une fourchette plantée dans une pomme.

Gentner et Bowerman (2009) ont fait l'hypothèse que l'un des facteurs modulant l'aisance avec laquelle certaines catégories spatiales peuvent être acquises a trait au caractère naturel (i.e. plus ou moins arbitraire) de la distinction conceptuelle opérée au sein d'une langue donnée. Le caractère naturel d'une distinction catégorielle est évalué à travers le nombre de langues différentes qui la respecte. L'Anglais produit notamment des distinctions qui sont plus communément partagées avec les autres langues que le Hollandais. En effet, l'Anglais honore principalement une distinction commune à de nombreuses langues entre *in* (dans) et *on* (sur) afin de distinguer les relations de support et de contenance. Comme la majorité des langues, le Hollandais distingue également la relation de contenance (*in*) du reste des relations spatiales. Le terme qualifiant la relation de contenance devrait donc être appris aisément par les enfants des deux langues. En revanche, le Hollandais impose des distinctions plus fines, peu partagées par les autres langues, parmi les situations qui sont recouvertes par le terme anglais *on*. La prédiction des auteurs était donc que les enfants hollandais auraient plus de difficulté à maîtriser les frontières catégorielles entre ces différentes catégories que les enfants de langue anglaise en auraient pour maîtriser le terme *on*. Une tâche de production a été proposée à de jeunes enfants et à des adultes hollandais et américains pour tester cette hypothèse. Les participants devaient décrire l'emplacement d'un objet qui était placé relativement à un autre (ex : « où est le miroir ? »). Les résultats ont montré que les réponses des enfants américains étaient globalement plus similaires à celles des adultes américains que ne l'étaient les réponses des enfants hollandais vis-à-vis des adultes parlant la même langue. De plus, les enfants hollandais manifestaient peu d'erreurs pour dénommer la relation de contenance. Des cas de sur-extensions étaient observés chez les enfants hollandais entre les termes recouverts par la catégorie anglaise plus générale *on*, témoignant d'une difficulté à appréhender les frontières catégorielles entre des termes instituant des distinctions peu naturelles. Les auteurs concluent que si l'utilisation de labels identiques par l'entourage de l'enfant guide la construction des catégories, certaines distinctions semblent toutefois être plus aisément perçues que d'autres.

Bowerman (2005) avance une autre raison possible au fait que certains verbes soient davantage sur-étendus dans certaines langues que dans d'autres. Il est proposé que chaque langue impose d'apprendre les *catégories d'objets cachés* associées aux verbes. Ces dernières

décrivent la variété d'objets à laquelle un verbe s'applique conventionnellement au sein d'une langue. Par exemple, le verbe *manger* peut s'appliquer aux différents objets qui entrent dans la catégorie des aliments. La diversité d'objets d'une catégorie d'objets cachés varie pour les verbes de différentes langues. Par exemple, le verbe *break* (casser) s'applique indifféremment à une assiette cassée, à un bâton cassé ou à une corde cassée en Anglais, alors que la langue maya k'iche' dispose de trois verbes différents pour ces trois cas de dégradation matérielle. Il est défendu que les verbes qui sont appliqués à une grande variété d'objets constituent une incitation à généraliser pour l'enfant, qui sera ainsi plus susceptible de sur-étendre le concept vers des référents non conventionnels. Pye, Loeb et Pao (1996) ont demandé à des enfants de 3 et 5 ans, ainsi qu'à des adultes, tous de langue anglaise ou k'iche', de décrire des actions produites avec différents instruments sur des objets variés. Les résultats ont montré que de nombreux enfants de langue anglaise utilisaient le terme *casser* pour décrire des actions effectuées sur du papier, que les adultes dénommaient généralement par le terme déchirer. Les enfants k'iche', dont la langue opère de nombreuses distinctions en fonction de l'objet qui est détérioré, avaient beaucoup moins tendance à utiliser le terme correspondant à casser pour ces événements.

Majid, Boster et Bowerman (2008) ont investigué les propriétés guidant la catégorisation d'événements impliquant des actions de type *casser/couper* au sein de 28 langues différentes. Des consultants ont été amenés à décrire de nombreuses vidéos faisant varier l'agent, l'instrument utilisé, l'objet et la manière de réaliser l'action. Des analyses statistiques multivariées ont été menées afin de faire ressortir les groupements d'événements qui étaient fréquemment labellisés de la même façon au sein d'une langue spécifique et à travers les différentes langues. La dimension qui expliquait le plus de variance dans les labels proposés par les participants des différentes langues opposaient les événements indiquant une action réversible ou non (dimension qui distingue *ouvrir* de *casser* et *couper*). Des analyses ont été poursuivies sur les événements *casser/couper* impliquant une action irréversible. La dimension qui expliquait le plus de variance semblait opposer les actions *casser* et *couper* en fonction de la prédictibilité du locus de la séparation (ex : très peu prévisible pour l'action de rompre un bâton en le tordant depuis ses deux extrémités, très prévisible pour celle de couper une carotte avec un couteau). La seconde dimension semblait distinguer les actions *déchirer* (impliquant des vêtements) des autres. La troisième semblait opposer les cas où un objet est séparé en deux par application d'une pression aux deux extrémités (*snap*, en anglais) de ceux où l'objet est

séparé en de multiples morceaux suite à un coup (*smash*, en anglais). Des différences importantes ont été identifiées au niveau du nombre de catégories qui ont été proposées, témoignant de distinction plus ou moins fines entre les événements. Les variations entre les langues étaient principalement situées au niveau des actions qui avaient un statut ambigu vis-à-vis d'une dimension. Par exemple, le locus précis de la séparation peut être prédit avec une fiabilité intermédiaire lorsqu'une main casse une carotte par un « coup de karate » (mouvement brusque du haut vers le bas avec la main ouverte). Dans certaines langues, le verbe utilisé était celui correspondant à *couper*, dans d'autres, le verbe *casser* s'est avéré plus adéquat alors qu'une troisième classe de langue utilisait un mot spécifique (ni *casser*, ni *couper*) pour cette action. Bowerman (2012) reporte une étude récente dans laquelle une méthode expérimentale proche et des analyses similaires ont été répliquées auprès d'enfants d'âge et de langues différentes (Tamil, Hollandais et Mandarin). Les analyses ont révélé que des critères similaires à ceux utilisés par les adultes régissaient les catégorisations des enfants, malgré certaines erreurs de sur-extensions. Par exemple, la deuxième dimension opposant les événements impliquant des vêtements aux autres (*déchirer* versus *casser*) avait moins d'importance dans la sélection du label *casser* chez les enfants, ce qui est cohérent avec les données suggérant que ces derniers sont enclins à sur-étendre *casser* vers les situations de déchirement. Une convergence progressive était observée entre les données des enfants et celles des adultes à mesure que l'âge des premiers augmentait. D'autres analyses ont mis en évidence que dès le plus jeune âge (2 ans), les enfants apprenant une langue différente opèrent des classifications distinctes comparables à celles effectuées par les adultes parlant la même langue. Cela est cohérent avec l'idée selon laquelle l'influence de la langue dans l'apprentissage des catégories intervient dès les premières acquisitions langagières.

Saji et al. (2011) se sont intéressés au processus d'acquisition par des enfants chinois de 13 verbes distinguant différentes actions décrites de façon générique par les termes anglais *carry/hold* en fonction de la manière exacte avec laquelle l'objet est porté (ex : sur le dos, au bras, à la main, avec deux mains). Des enfants de 3, 5, 7 ans ainsi que des adultes devaient décrire 26 vidéos correspondant à 13 verbes chinois différents. Deux versions de chaque vidéo correspondaient à un même verbe chinois, mais présentaient soit un agent en mouvement, soit un agent immobile. À la différence de l'Anglais qui distingue l'usage des verbes *carry/hold* en fonction du fait que l'agent soit en mouvement ou non, ce critère n'est pas pertinent en Chinois. Conformément aux attentes des chercheurs, les verbes produits par l'ensemble des participants

étaient généralement les mêmes face aux deux vidéos faisant varier le déplacement de l'agent. Des différences importantes sont apparues entre les productions des enfants et des adultes. En effet, une faible corrélation a été observée entre les fréquences de production de chaque verbe face à chaque vidéo entre les groupes d'enfants et le groupe d'adultes. Les enfants utilisaient moins de termes différents que les adultes et avaient tendance à utiliser des termes généraux pour décrire différentes actions à la place des termes plus spécifiques utilisés par l'adulte. Des données supplémentaires de compréhension (i.e. « tel verbe est-il acceptable pour telle action ? ») recueillies auprès des adultes ont mis en évidence que les généralisations des enfants n'étaient pas toujours conventionnelles (i.e. sur-extensions). Un point important qui est ressorti des analyses est que les enfants attribuaient moins de poids que les adultes aux dimensions ayant à voir avec la manière de porter l'objet dans le choix du verbe. Ils avaient plutôt tendance à labelliser de la même façon les actions qui sont typiquement associées à des objets similaires. Par exemple, porter un objet à l'épaule (*bei*) ou sur le dos (*kua*) est typiquement associé avec un sac, alors que porter un objet sur la tête (*díng*) ou à la main en le maintenant horizontal (*duan*) est habituellement associé à un bol. Les facteurs modulant l'aisance d'acquisition d'un verbe ont été investigués. La fréquence d'utilisation d'un verbe par les adultes (telle qu'attestée par un questionnaire) influençait de façon significative la fréquence avec laquelle ce verbe était produit par les enfants dans l'expérimentation. En outre, le degré de recouvrement des frontières d'un verbe avec celles d'autres verbes, mesuré par le nombre de verbes alternatifs acceptés par les adultes face à une vidéo instanciant le verbe d'intérêt, prédisait le degré de corrélation entre le pattern d'utilisation de ce verbe par les enfants et les adultes. Ces données illustrent que certains termes généraux sont sur-étendus à la place de termes plus spécifiques lorsque la présence de nombreux voisins sémantiques rend difficile l'identification de ses frontières conceptuelles.

Ces études illustrent l'idée que le jeune enfant qui apprend les catégories lexicales de sa langue perçoit des similitudes relationnelles entre différents concepts. Duvignau (2002) a constitué un large corpus de sur-extensions verbales spontanément produites par des enfants de 2 à 4 ans, telles que « le livre est cassé », « je répare Doudou », « je déshabille l'orange » ou encore « allume, allume tes yeux ». Ces utilisations non conventionnelles de verbes ne sont ni considérées comme des erreurs, ni comme de vraies instances de métaphores, telles que celles que peut produire l'adulte (Duvignau, 2003). Elles ont de commun avec la métaphore d'exprimer des liens de synonymie entre des concepts de domaines différents et reflètent ainsi

la flexibilité sémantique des catégories du jeune enfant. Elles s'en distinguent néanmoins de par le fait qu'elles ne témoigneraient pas d'une volonté pragmatique de remplacer un terme connu par un terme issu d'un autre domaine, mais résulteraient plutôt d'un vocabulaire limité. Ces productions sont nommées *approximations sémantiques*, marquant à la fois leur origine en terme de flexibilité conceptuelle et d'immaturité conceptuelle. Ces approximations sémantiques ont également été observées dans le cadre de tâches de production dans lesquelles de jeunes enfants et des adultes ont été amenés à décrire des vidéos décrivant des scènes de destruction (ex : un ballon éclate, un verre casse), d'enlèvement (ex : une orange est épluchée, une poupée est déshabillée) et de séparation (ex : une tranche de pain est coupée, une planche de bois est sciée, Duvignau, Fossard, Gaume, Pimenta & Elie, 2007). Les jeunes enfants produisaient un nombre plus important d'approximations sémantiques que les adultes et utilisaient à la fois des verbes issus de domaines proches (ex : « il coupe l'orange », pour *il épluche l'orange*, où la phrase ne comporte pas d'anomalie en elle-même) et de domaines plus éloignés (ex : « il déshabille l'orange », pour *il épluche l'orange*, où la phrase présente une anomalie sémantique). Il est donc proposé que les approximations sémantiques soient le reflet de la combinaison de la flexibilité conceptuelle/immaturité conceptuelle de l'enfant. D'autres hypothèses concernant l'origine des sur-extensions ont néanmoins été suggérées, pointant à des difficultés méthodologiques pour les départager.

1.1.4. Alternatives possibles à l'origine conceptuelle des sur-extensions relationnelles

Les chercheurs qui se sont intéressés aux sur-extensions relationnelles des jeunes enfants suggèrent des origines conceptuelles à ces dernières (Bowerman, 2005 ; Duvignau et al., 2007 ; Gentner & Bowerman, 2009 ; Saji et al., 2011). Il est généralement reconnu que celles-ci sont dues à la fois à une capacité grandissante à percevoir des similitudes abstraites et à une difficulté à établir les frontières entre certains concepts entretenant des connexions. Cependant, des interprétations alternatives à une origine conceptuelle ont vu le jour dans la littérature adressant les cas plus classiques de sur-extensions de noms d'objets lorsque l'enfant apprend ses premiers mots (ex : un cheval appelé « chien »). Il doit être précisé que l'explication conceptuelle qui était favorisée dans cette littérature était fondée sur la théorie des traits sémantiques. Selon cette théorie, l'enfant commence par définir les concepts à travers un faible nombre de traits, ce qui le mène à généraliser parfois abusivement un concept vers des référents les préservant (ex : appliquer *chien* à tous les animaux à quatre pattes, Clark, 1973).

À l'inverse, un certain nombre d'auteurs ont argumenté que les sur-extensions, au moins dans certains cas, ne résultent pas d'une immaturité conceptuelle. Le jeune enfant pourrait produire des sur-extensions alors que le concept sur-étendu correspond à celui de l'adulte.

Différentes propositions ont été faites dans cette lignée (voir Gershkoff-Stowe, Connel & Smith, 2006 ; Pouscoulous, 2011 pour des revues). La première est que les sur-extensions constituent des stratégies pragmatiques par lesquelles le jeune enfant tente de qualifier une situation pour laquelle il ne dispose pas de mot. Il utilise donc un terme familier qui dénomme un concept similaire, bien qu'il soit conscient du caractère non conventionnel de cet usage. L'explication de Bloom (1973) classiquement citée pour illustrer cette conception est la suivante : C'est presque comme si l'enfant raisonnait comme suit : « Je sais ce que sont les chiens, cette chose-là n'est pas un chien, je ne sais pas comment l'appeler, mais c'est comme un chien ! » (p. 79). D'autres auteurs ont proposé l'idée similaire que certaines sur-extensions sont en fait de vraies instances de métaphores et sont ainsi sous-tendues par une violation intentionnelle de frontières catégorielles bien établies. Pour Winner, l'enfant qui produit ces métaphores (ex : appeler « épis de maïs » une batte de baseball jaune) connaît le terme conventionnel approprié, mais choisit de souligner une similitude entre deux concepts (Mendelsohn, Robinson, Gardner & Winner, 1984). Les auteurs ont ainsi mené une expérience afin de déterminer si les jeunes enfants de 4 ans connaissaient les frontières conventionnelles des concepts impliqués dans les sur-extensions. L'enfant devait choisir la correspondance d'un item (ex : une sucette) parmi un choix issu de la même catégorie conventionnelle (ex : une barre de chocolat), un choix constituant une sur-extension basée sur la forme (ex : un panneau stop) ou un distracteur. Les jeunes enfants sélectionnaient majoritairement le choix catégoriel, ce qui a mené à l'interprétation selon laquelle les sur-extensions qu'ils produisent reflètent des violations intentionnelles de catégories. Hudson et Nelson (1984) ont également fourni des preuves expérimentales démontrant que les jeunes enfants renomment intentionnellement des objets. Elles ont mis en évidence des cas où de très jeunes enfants renommaient des objets dans des activités de faire semblant (ex : appeler une tasse une bouteille) alors qu'ils étaient capables de produire le terme conventionnel (ex : « tasse ») dans une tâche de dénomination. Globalement, la position pragmatique défend donc que certaines productions appelées sur-extensions ne sont pas dues à des confusions conceptuelles, mais reflètent une capacité de l'enfant à utiliser des similitudes perçues entre différents concepts, et à le faire de façon intentionnelle.

Une autre conception est que les sur-extensions sont le résultat d'erreur de récupération en mémoire. Le concept que l'enfant associe au terme conventionnel correspondrait à celui de l'adulte, mais le mauvais concept/terme serait sélectionné au moment où le référent est décrit. Gershkoff-Stowe et al. (2006) proposent un modèle dans lequel un référent active les concepts qui lui sont reliés. Ces concepts activent à leur tour les mots qui leur sont associés, entrant ainsi en compétition pour la production. Le mot qui cumule le niveau d'activation le plus important remporte la compétition et est donc celui qui est produit. Trois facteurs influenceraient l'activation d'un concept/mot. Le premier est la similitude entre le référent et l'objet (conceptuelle ou perceptive). Le second est la familiarité d'un mot, qui renforce les connexions entre un type de référent et un concept. Le troisième concerne l'activation d'un mot dans le contexte précédant la dénomination d'un référent. L'activation d'un terme perdure de sorte qu'elle influence sa sélection ultérieure à travers un mécanisme d'amorçage. Dans le cadre d'une expérimentation, de jeunes enfants de 2 ans devaient nommer un objet (ex : un gâteau) après avoir été invités à nommer l'un de deux objets qui présentent un aspect similaire (ex : un tambour perceptivement similaire ou une tasse perceptivement similaire). Les résultats ont montré que les jeunes enfants avaient davantage tendance à nommer le nouvel objet avec le nom de l'objet perceptivement similaire qui leur avait été présenté et qu'ils avaient été invités à nommer (ex : le tambour) qu'avec le nom de l'objet qui ne leur avait pas été présenté (ex : la tasse). L'effet séparé de l'amorçage et de la similitude perceptive sur la sur-extension d'un terme a été investigué dans une nouvelle expérience auprès d'enfants de 2 et 4 ans. Les résultats montrent qu'un terme amorcé décrivant un objet peu similaire est autant sur-étendu qu'un terme non amorcé décrivant un objet très similaire. Ces données suggèrent que certaines sur-extensions sont des erreurs de récupération provoquées par une compétition entre l'activation de concepts reliés au référent.

On peut noter que les différentes explications de l'origine des sur-extensions (conceptuelle, pragmatique et en terme d'erreur de récupération) ne sont pas mutuellement exclusives. Bien que les auteurs mettent l'accent sur l'une ou l'autre des explications, la validité de chacune est généralement reconnue pour certains cas de sur-extensions. Les différentes origines semblent pouvoir intervenir dans la production des approximations sémantiques verbales. Ces énoncés révèlent des capacités analogiques qui sont généralement plutôt mises en avant par l'approche pragmatique (Hudson & Nelson, 1984 ; Pouscoulous, 2011). Une part de leur origine peut également être située au niveau d'une compétition à la récupération entre des

concepts similaires. Néanmoins, le fait que les enfants semblent moins conscients du caractère non conventionnel de leurs sur-extensions que les adultes (notamment, moins enclins à s'autocorriger, Bowerman, 1978) ne permet de les envisager ni comme des erreurs de sélection d'un concept identique à celui de l'adulte, ni comme de vraies instances de métaphores.

L'objectif de déterminer l'origine conceptuelle ou non des sur-extensions a motivé des recherches complétant les données de production orales par des données issues de paradigmes de réception. Le paradigme de choix forcé a été classiquement utilisé dans ces études. Par exemple, Thomson et Chapman (1977) ont présenté des images d'objets divers à de jeunes enfants dans le cadre d'une tâche de production, puis de réception. Dans la tâche de production, les enfants devaient nommer les images les unes après les autres. Dans la tâche de réception, ils devaient sélectionner parmi deux images, celle qui instanciant le concept (« Montre moi le X »). Une sur-extension potentielle était présentée soit accompagnée du référent conventionnel, soit d'un distracteur. Lorsqu'un référent conventionnel était contrasté avec une sur-extension, les enfants sélectionnaient majoritairement le premier. Quand la sur-extension était placée au côté d'un distracteur, celle-ci était généralement sélectionnée. Globalement, les résultats ont mis en évidence que les termes sur-étendus en production étaient parfois, mais pas systématiquement, sur-étendus en compréhension (voir aussi Gelman, Croft, Wu & Clausner, 1998). Ces données suggèrent que certaines sur-extensions peuvent être attribuées à des erreurs conceptuelles, alors que d'autres sont imputables à d'autres facteurs (pragmatique ou en terme de récupération).

Dans le domaine de l'apprentissage des verbes, une tâche ne nécessitant pas de production a également été employée par Schaefer (1979). Un ensemble d'images décrivant des événements de séparation matérielle faisant varier l'agent, l'action et l'instrument était distribué à des enfants (trois par trois) et à des adultes (en un seul tout). Les participants disposaient d'une boîte et devaient y inclure les images instanciant un verbe. L'opération était répétée pour cinq verbes différents (*couper*, *casser*, *ouvrir*, *éplucher* et *déchirer*). En cohérence avec les données de production présentées plus haut, les enfants appliquaient fréquemment un même verbe à différentes images, alors que les adultes avaient tendance à inclure une image dans une seule boîte. Les enfants attribuaient une importance abusive à la présence d'un instrument typiquement associé à un verbe (ex : incluaient toutes les actions impliquant un couteau comme une instance du verbe *couper*). Il s'est également avéré qu'ils sur-étendaient le

verbe *ouvrir* à l'ensemble des actions où une partie cachée était révélée. Les données qui ne dépendent pas de la production des enfants semblent donc corroborer la plausibilité que certaines sur-extensions, bien que pas toutes, reflètent des particularités au niveau des catégories développées par les enfants.

Néanmoins, les tâches de réception présentent également des limites qui peuvent constituer un obstacle aux conclusions qui ont été tirées. Suivant Gelman et al. (1998), les tâches à choix forcés peuvent mener soit à surestimer, soit à sous-estimer les erreurs conceptuelles des enfants. Dans le cas où la sur-extension est contrastée avec un référent correct, l'enfant qui sélectionne le second peut avoir pensé que les deux sont des exemplaires du concept, mais sélectionne celui qui est le plus typique. À l'inverse, lorsque la sur-extension est présentée avec un distracteur, l'enfant considère potentiellement que les deux sont en dehors de la catégorie, mais sélectionne l'exemplaire le moins éloigné. D'autres tâches, telles que celle qui est employée par Schaeffer (1979), semblent plus appropriées dans la mesure où l'enfant peut indiquer les cas qui ne sont pas des exemplaires de la catégorie. Cependant, il reste possible que certaines catégorisations soient induites par une pression à accepter les images présentées par l'expérimentateur. De façon plus générale, les patterns de réponses comportementales de l'enfant peuvent trouver leur origine dans une interprétation inattendue de la tâche (ex : « accepter les exemplaires qui présentent une similitude avec le concept testé ») plutôt que dans des particularités conceptuelles. Il semble donc pertinent de se tourner vers les études qui ont employé un dispositif ne dépendant pas de réponses comportementales de la part de l'enfant. L'électroencéphalogramme (EEG) constitue une méthodologie prometteuse afin de fournir des données complémentaires à celles issues des productions spontanées, provoquées et des réponses comportementales des jeunes enfants. En effet, cet outil repose sur l'enregistrement de l'activité électrique du cerveau et s'affranchit ainsi des contraintes liées aux capacités de production des jeunes enfants (Torkildsen et al., 2006).

1.1.5. Investiguer l'organisation conceptuelle à l'aide de l'onde N400

Les PE reflètent les réponses électriques du cerveau telles qu'elles sont enregistrées à la surface du scalp au cours du traitement d'un événement d'intérêt. Afin d'exclure les activités cérébrales qui ne sont pas liées au traitement cible, les PE sont extraits en moyennant l'activité cérébrale enregistrée face à la présentation répétée d'un type de stimuli. Chaque PE est mesuré relativement à une activité de référence (ex : l'activité des électrodes placées au niveau des

mastoïdes ou l'activité moyenne de l'ensemble des électrodes). Les caractéristiques des PE (amplitude, latence et topographie) varient en fonction des traitements mis en œuvre. En effet, différentes composantes ont été associées à différents processus cognitifs.

L'onde N400 caractérise l'une des composantes qui a été la plus documentée dans la littérature (Kutas & Federmeier, 2011). Elle a été associée à un processus d'intégration sémantique et semble particulièrement impliquée dans le traitement du langage. Cette onde se caractérise par une amplitude négative d'intensité maximale autour de 400 ms (200-600ms) dans les régions centro-postérieures. Sa négativité n'est pas absolue mais apparaît plutôt à travers une comparaison entre conditions (ex : condition terme incorrect moins condition terme correct). La présence d'une onde plus négative lors du traitement d'un énoncé incorrect en comparaison à celui d'un énoncé correct est nommé « effet N400 ». Kutas et Hillyard (1980) ont initialement identifié la N400 comme le marqueur de la violation d'attentes contextuelles au sein d'une phrase. Les PE de participants ont été recueillis lors de l'introduction de phrases présentées mot par mot en format écrit. Le dernier mot de chaque phrase était manipulé. Il était soit sémantiquement congruent avec le contexte (ex : *il but une gorgée de son verre d'eau*), soit sémantiquement incongruent (ex : *il but une gorgée de la télécommande*). L'analyse des PE déclenchés par le dernier mot des phrases a mis en évidence la présence de l'onde N400 face aux mots bravant les attentes des participants. Une expérimentation supplémentaire a mis en évidence que cette onde n'apparaissait pas en présence de stimuli présentant d'autres types de violation des attentes. Elle n'apparaît notamment pas suite à la présentation d'un mot terminal présentant une déviation physique (i.e. taille des lettres supérieures à celle des mots de la phrase), qui provoque plutôt une onde P560.

Federmeier et Kutas (1999) ont proposé que la N400 n'était pas uniquement le reflet de la violation d'attentes suscitées par le contexte immédiat (ex : les mots précédents un autre mot), mais dépendait également de l'organisation sémantique en MLT. Comme dans l'étude précédente, des phrases écrites présentaient un terme final attendu (ex : *Ils voulaient que l'hôtel ressemble à un palace. Donc le long de l'allée, ils ont planté des lignes de palmiers*) ou inattendu compte tenu du contexte de la phrase. Le caractère attendu ou inattendu était contrôlé par une mesure de *probabilité du mot terminal (cloze probability)* qui consistait à demander à des participants de compléter la dernière phrase avec le premier mot qui leur venait à l'esprit. La nouveauté de l'étude est que deux types de mots inattendus étaient contrastés. Certains

appartenait à la même catégorie sémantique que le terme attendu (i.e. violation intra-catégorielle, ex : *palmiers* était remplacé par *pins*) alors que ce n'était pas le cas d'autres (violation inter-catégorielle, ex : *palmiers* était remplacé par *tulipes*, qui n'appartient à une même catégorie que palmier qu'à un niveau d'abstraction plus important). Le raisonnement des auteurs était qu'à niveau de violation des attentes contextuelles égal, l'amplitude de la N400 sera modulée par la similitude sémantique (nombre de traits sémantiques communs en MLT) entre le concept attendu et le concept inattendu. Un effet N400 a été observé entre la condition où le mot terminal était attendu et les deux conditions où il était inattendu. De plus, conformément aux prédictions, l'amplitude de l'onde N400 était moins importante lorsque le terme inattendu provoquait une violation intra-catégorielle plutôt qu'inter-catégorielle. L'étude de la N400 paraît donc pertinente afin d'étudier l'organisation sémantique des concepts en mémoire.

Les travaux développementaux ont investigué si les mécanismes sous-tendant l'onde N400 étaient opérationnels chez le très jeune enfant. Friedrich et Frederici (2004) ont présenté des images d'objets familiers en introduisant des mots en modalité auditive à des nourrissons de 19 mois ainsi qu'à un groupe adulte contrôle. Les termes présentés correspondaient ou non à l'objet décrit visuellement. Une différence a été observée dans les PE déclenchés par les termes congruents et incongruents dans une fenêtre temporelle précoce (onde plus négative en présence de termes congruents). Cette différence est interprétée comme la conséquence d'un amorçage lexical du mot attendu. En accord avec les résultats d'études antérieures, l'effet N400 d'incongruité sémantique était observable au sein des PE récoltés auprès des adultes. Il se traduisait par une onde négative de longue durée en présence du terme incongruent en comparaison au terme congruent. L'effet était également observé chez les bébés testés, qui présentaient une N400 plus ample et plus distribuée topographiquement que les adultes. De plus, des analyses comparant les PE des nourrissons en fonction de leur niveau de compréhension de vocabulaire ont mis en évidence des différences en terme de latence, d'amplitude et de topographie de l'onde N400. Elles suggèrent une évolution développementale des mécanismes d'intégration sémantique. Les bébés de 12 mois manifestent également l'effet d'amorçage lexical, mais pas l'effet N400 d'incongruité sémantique (Friedrich et Frederici, 2005). Chez les 19 mois et les adultes, un effet N400 apparaît également lors de la présentation de pseudo-mots respectant les contraintes phonotactiques de la langue (i.e. agencement habituel de phonèmes).

Rämä, Sirri et Serres (2013) ont cherché à savoir si le système langagier des bébés de 18 et 24 mois était organisé en catégories taxonomiques. Les auteurs ont testé si, comme les adultes (Federmeier & Kutas, 1999), les jeunes enfants manifestaient des N400 d'amplitudes inférieures en réponse à une violation intra-catégorielle plutôt qu'en présence d'une violation inter-catégorielle. Des paires de mots appartenant à la même catégorie sémantique (ex : *train-vélo*), ou à des catégories taxonomiques différentes (ex : *train-poulet*), étaient présentées en modalité auditive. Les paires d'objets présentant un lien taxonomique ne partageaient aucun lien associatif (à l'inverse de *chien* et *chat*, par exemple). Toute manifestation d'un lien dans le système conceptuel ne pourrait donc pas être attribuée à une association plus basique. L'analyse des PE a montré un effet N400 chez les nourrissons de 24 mois, mais pas chez ceux de 18 mois. Deux groupes de 18 mois ont été constitués de façon postérieure à l'expérimentation sur la base de leur score au questionnaire de vocabulaire MCDI. Il est apparu que les bébés produisant le plus de mots manifestaient un effet N400 d'incongruité sémantique. Cette étude met donc en évidence que les très jeunes enfants ont organisé leur système langagier autour de catégories taxonomiques à l'âge de 24 mois, et dès 18 mois pour ceux ayant un niveau langagier élevé.

Torkildsen et al. (2006) ont contribué à documenter si les sur-extensions taxonomiques produites par les très jeunes enfants trouvaient leur origine dans des erreurs de productions ou des erreurs conceptuelles. Plus précisément, l'objectif était de dévoiler si les sur-extensions taxonomiques (ex : appeler un cheval un chien) étaient dues à une confusion des catégories de niveau de base (ex : *chien* et *cheval*). Un autre objectif poursuivi était similaire à celui de l'étude menée par Rämä et al. (2013) concernant l'organisation du système conceptuel-lexical en catégories taxonomiques. Des images d'objets (ex : chien) étaient présentées conjointement sur la modalité auditive avec un terme congruent (ex : *chien*), un terme d'une catégorie de niveau de base différent mais de la même catégorie super-ordonnée (violation intra-catégorie, ex : *chat*) ou un mot d'une catégorie super-ordonnée différente (violation inter-catégorie, ex : *voiture*). En cohérence avec les résultats de l'étude présentée précédemment, les violations inter-catégorielles déclenchaient des N400 d'amplitudes supérieures aux violations intra-catégorielles. Cela suggère une organisation des concepts en MLT par catégories taxonomiques. L'étude a également mis en évidence un effet s'apparentant à l'effet N400 lors de la présentation de violations intra-catégorielles relativement à celle d'un mot congruent. Cet effet apparaissait de façon beaucoup plus tardive et locale que l'effet N400 provoqué par les violations inter-catégorielles. L'interprétation des auteurs est que les nourrissons de 20 mois

distinguent les catégories du niveau de base et que les sur-extensions taxonomiques reflètent des erreurs de productions plutôt que des confusions conceptuelles.

Des différences dans les représentations de concepts appris plus tardivement tels que les verbes ont été documentés entre l'enfant d'âge scolaire et l'adulte (Maguire, Magnon, Ogiela & Sides, 2013). La recherche a visé à comparer les PE sous-tendant le traitement des verbes et des noms d'objets par des enfants et des adultes. L'hypothèse était que les représentations moins abstraites des verbes chez les enfants devraient se traduire par une identification plus tardive des cas d'incongruité sémantique, ce qui devrait se refléter dans la comparaison des PE avec des participants adultes. À l'inverse, l'identification d'objets, principalement basée sur des traits perceptifs, devrait être mise en œuvre d'une façon similaire chez les enfants et les adultes. Des images d'actions familières ont été présentées à des enfants de 8-9 ans et des adultes avec un verbe congruent, un verbe incongruent, un nom d'objet congruent ou incongruent. Les prédictions portaient spécifiquement sur l'effet d'incongruité N300, qui serait le reflet de la compétence à apparier rapidement une représentation à un stimulus de l'environnement. En effet, les résultats n'ont pas montré de différence concernant l'effet N400, qui apparaissait auprès des deux groupes dans la comparaison des PE déclenchés par les objets et les verbes incongruents relativement aux objets et aux verbes congruents. Les différences entre les groupes se sont exprimées au niveau de la réponse N300 à l'incongruité. Alors que les adultes manifestaient une onde N300 significativement plus importante face au verbe incongruent plutôt que congruent, les PE des enfants ne témoignaient pas de telles différences. L'absence d'effet N300 face au verbe incongruent suggère une difficulté à mettre rapidement en correspondance la représentation avec l'action décrite. Elle est interprétée comme la conséquence d'une représentation des verbes moins abstraite chez l'enfant en comparaison à l'adulte. Plus généralement, cette étude illustre que la méthode des PE est adéquate pour mettre en évidence les particularités des catégories lexicales tels que les verbes chez l'enfant. Plus généralement, la littérature suggère que l'étude des composantes électrophysiologiques sous-tendant le traitement du langage est une source d'information importante pour éclairer le développement des catégories lexicales du jeune enfant.

OBJECTIFS ET PREDICTIONS DE LA THESE

La contribution théorique visée par la thèse se situe dans le prolongement d'une conception attribuant une place centrale à l'analogie au sein de la cognition. En tant que tel, il est défendu que les analogies sont spontanément mises en œuvre dans notre quotidien, puisqu'elles sont le seul moyen de percevoir le familier dans la nouveauté de chaque situation. Ainsi, une originalité des travaux expérimentaux qui vont être présentés est d'étudier les manifestations de l'analogie, non pas à travers la comparaison d'analogues maintenus en MDT suite à leur présentation conjointe, mais dans son expression spontanée, alors qu'une source analogique est sélectionnée en MLT afin d'enrichir la compréhension d'une nouvelle situation. Une position forte qui est prise dans la thèse consiste à argumenter que les analogies spontanées qui sont effectuées au quotidien, loin d'être uniquement basées sur des apparences parfois trompeuses, mènent à percevoir des rapprochements subtils entre des expériences partageant des similitudes profondes.

Le processus d'évocation analogique est au centre de vifs débats dans la littérature actuelle. L'approche dominante considère que l'évocation d'analogues superficiellement différents est un phénomène rare et que l'accès en mémoire dépend des similitudes de surface. En effet, il a été proposé que les similitudes de surface soient une pré-condition à l'évocation d'analogues (Hummel et Holyoak, 1997), voire qu'elles jouent un rôle plus important que les similitudes de structure dans l'accès en mémoire (Gentner & Marvillia, 2018). L'idée selon laquelle les analogues superficiellement similaires sont plus aisément évoqués que les analogues superficiellement différents est relativement consensuelle. En effet, ces analogues partagent un taux de similitudes maximal avec la cible, et par là même semblent constituer une source de connaissance particulièrement fiable et pertinente pour adresser la nouveauté dans les termes du familier.

Cependant, la rareté des évocations d'analogues superficiellement différents et la tendance à évoquer sur la base similitudes de simple apparence constituent deux postulats qui remettent réellement en cause l'efficacité du mécanisme d'évocation analogique. Ces derniers reposent sur la conception selon laquelle l'analogie impliquerait un mécanisme explicite de mise en correspondance qu'il serait trop coûteux de mettre en place pour fonder l'accès aux situations en MLT sur la base de similitudes structurelles. Ils suggèrent également que l'encodage des situations que nous rencontrons serait principalement axé sur la surface. Le

contenu de l'encodage ne présenterait pas de concepts suffisamment abstraits pour permettre l'évocation d'analogues superficiellement différents. La conception selon laquelle l'analogie reposerait forcément sur un mécanisme explicite a été remise en cause par les travaux qui ont mis en évidence qu'un mécanisme d'analogie implicite pouvait permettre de bénéficier d'expériences structurellement similaires sans impliquer de mise en correspondance consciente (ex : Day & Goldstone, 2012). La vision d'un encodage superficiel est quant à elle questionnée par les études investiguant les analogies produites en dehors du contexte expérimental (Christensen & Schun, 2007 ; Dunbar & Blanchette, 2001 ; Kretz & Krawczyk, 2014). En effet, ces recherches montrent que les analogies profondes sont produites beaucoup plus fréquemment que ce que les études expérimentales classiques suggéraient. L'idée d'un encodage superficiel est plus particulièrement incompatible avec les recherches qui montrent que les connaissances antérieures sont investies dans l'encodage (Bassok et al., 1995 ; Clément & Richard, 1997 ; Gros, et al., 2020a ; Novick, 1988). Il est montré que les experts utilisent leurs connaissances pour encoder la structure abstraite des situations et que les novices reposent également sur des catégories abstraites hautement familières, extraites au cours de la répétition d'expériences analogues, pour saisir la profondeur des nouvelles situations qu'ils rencontrent. Il est donc envisageable que l'échec des participants à fonder leurs évocations sur la structure dans les expérimentations antérieures (ex : Gick & Holyoak, 1980) trouve son origine dans la nature des similitudes de structure dont le potentiel évocateur est testé. Ces similitudes, souvent placées au niveau de la structure formelle de problèmes analogues, ne semblent pas faire référence à des catégories familières développées par tout un chacun au cours de ses expériences quotidiennes.

L'hypothèse de la supériorité de la surface, selon laquelle les similitudes de surface guident l'évocation au point qu'il est plus fréquent d'évoquer des correspondances de simple apparence plutôt que des analogues superficiellement différents, a été supportée par les résultats issus d'études de rappel d'histoires. Nous testerons la possibilité que les taux d'évocations importants des correspondances de simple apparence soient dus à un manque de contrôle expérimental dans la construction des stimuli, suite auquel des similitudes structurelles résiduelles sont en fait présentes entre les histoires considérées comme étant uniquement superficiellement similaires. Ces correspondances de simple apparence pourraient donc constituer des analogues superficiellement similaires, dont l'évocation constitue une stratégie efficace pour appréhender le nouveau à travers le familier. Un objectif qui sera poursuivi à

travers différentes études expérimentales sera de tester *l'hypothèse de la supériorité de la structure* dans l'évocation analogique.

Notre position est que la répétition d'expériences analogues permet l'extraction progressive de catégories abstraites qui sont ensuite utilisées en tant que sources familières pour interpréter la nouveauté. L'approche empirique qui sera présentée aura également pour objectif d'étudier le développement de ces catégories chez le jeune enfant. La recherche a mis en évidence le rôle crucial du langage dans l'acquisition des catégories, en ce qu'il oriente l'attention de l'enfant sur les propriétés pertinentes regroupant les exemplaires d'une catégorie (Gentner et al., 2011 ; Waxman & Booth, 2002). L'apprentissage des catégories lexicales présente un défi important pour le très jeune enfant puisque, modulées par la langue, elles recèlent une part d'arbitraire dans la combinaison des propriétés qui les constituent. La capacité des jeunes enfants à percevoir des analogies ainsi que l'aide extérieure apportée par la labellisation commune d'exemplaires appartenant à une même catégorie composent deux outils indispensables plaçant le jeune enfant sur le chemin de l'acquisition des catégories lexicales. Les premières catégories, qui sont construites à partir d'un nombre limité d'exemplaires, sont initialement relativement étroites (Gallivan, 1988). Au cours du développement, l'accumulation d'exemplaires analogues au sein des catégories élaborées par l'enfant alimente des conceptions de plus en plus abstraites. Les analogies spontanées réalisées par l'enfant avec des catégories qui ont acquis un statut de familiarité élevé illustrent une capacité grandissante à percevoir des similitudes relationnelles (Goswami & Brown, 1990). Cette aptitude transparait à travers les sur-extensions relationnelles produites par les jeunes enfants (Duvignau, 2003). Ces productions semblent également refléter des frontières catégorielles immatures au sein du système conceptuel. *L'hypothèse de la flexibilité conceptuelle/immaturité conceptuelle* semble donc pouvoir expliquer la production de ces énoncés. Néanmoins, la littérature qui a porté sur les sur-extensions taxonomiques a envisagé la possibilité que ces énoncés trouvent leur origine dans les capacités limitées de production des jeunes enfants (Gershkoff-Stowe et al., 2006). Les recherches investiguant les corrélats neuronaux sous-tendant le traitement du langage ont montré que l'étude des PE permettait de renseigner le développement de l'organisation conceptuelle du jeune enfant. En effet, des composantes électrophysiologiques, telles que la N400 qui est déjà opérationnelle chez le nourrisson, semblent varier en fonction de l'évolution de l'organisation sémantique des catégories lexicales au cours des premières acquisitions langagières (Fredrich & Frederici, 2004 ; Rämä et al., 2013).

Dans le chapitre 5, l'évocation analogique sera au centre d'une étude expérimentale testant directement l'hypothèse de la supériorité de la structure. Cette dernière vise à contester la vision d'un processus d'évocation basée principalement sur la surface, qui a émergé suite à l'étude de Gentner et al. (1993), et qui est toujours au centre des théories dominantes de nos jours. Un paradigme très proche (i.e. rappel d'histoire écrite) à celui utilisé par les auteurs a été employé dans cette nouvelle étude. Notre raisonnement est que, même dans des conditions expérimentales qui ne sont pas optimales pour inciter à un encodage profond des situations, les schémas abstraits issus de l'expérience quotidienne des participants devraient leur permettre d'encoder la structure des histoires présentées. La manipulation expérimentale critique est que la compétition entre similitudes est instaurée entre des histoires sources partageant exclusivement des similitudes de surface et des histoires partageant exclusivement des similitudes de structure avec les histoires cibles. En d'autres termes, nous dissocions l'influence des similitudes de surface de celle des similitudes de structure, souvent confondues dans les expérimentations antérieures.

Le chapitre 6 vise à tester l'hypothèse de la supériorité de la structure dans le cadre de situations présentant une grande quantité de données perceptives (i.e. visuelles et auditives), plus proches de la majorité des expériences qui sont rencontrées au quotidien. Pour ce faire, nous avons utilisé un paradigme de rappel de courte vidéo, dont le design est comparable à celui de rappel d'histoire écrite. Les données issues des expérimentations antérieures dans le domaine de l'analogie ne permettent pas de formuler une prédiction claire concernant l'influence de la présentation de ce type de matériel perceptif relativement à celle de textes dans le cadre d'une tâche d'évocation analogique (voir par exemple Fyfe et al., 2014). Notre prédiction est que l'intervention des connaissances dans le processus d'encodage permet de négliger l'effusion des détails perceptifs disponibles dans l'environnement pour focaliser sur la structure abstraite des situations.

Dans le chapitre 7, nous considérons l'importance soulevée dans les études récentes d'investiguer l'évocation analogique de souvenirs issus de l'expérience personnelle des participants, qui sont stockés en MLT parmi une infinité d'autres souvenirs entrant en compétition pour la récupération. En cohérence avec notre vision du rôle des catégories familières dans l'encodage et l'évocation structurelle, nous présentons des situations cibles incarnant des notions familières de tout un chacun, telle que la *procrastination* ou le fait de

donner une excuse pour éviter de faire quelque chose. De nouveau, notre hypothèse est celle de la supériorité de la structure : les participants devraient reporter plus de souvenirs analogues superficiellement différents que de disanalogues superficiellement similaires.

Notre perspective développementale sur le développement des concepts chez le jeune enfant sera au centre du chapitre 8. Une expérimentation a été menée auprès de jeunes enfants afin d'investiguer les corrélats neuronaux du traitement des approximations sémantiques. Nous empruntons un paradigme expérimental classique consistant à présenter des images d'actions conjointement avec des descriptions verbales de ces dernières sur la modalité auditive. Ces descriptions décrivent de façon plus ou moins précise les actions illustrées. Certaines présentent notamment des approximations sémantiques issues des recueils de productions spontanées constitués par Duvignau (2002). Une attention particulière est attribuée à la composante N400, afin d'étudier l'organisation conceptuelle des jeunes enfants. Nous testons l'hypothèse selon laquelle la flexibilité conceptuelle et l'immaturation conceptuelle des jeunes enfants sont à l'origine des approximations sémantiques. Enfin, une expérimentation contrôle a été menée auprès d'adultes afin d'assurer que les caractéristiques des réponses électrophysiologiques recueillies sont bien dues à une organisation conceptuelle spécifique aux enfants plutôt qu'à des aspects non contrôlés de notre matériel expérimental.

CHAPITRE 5 : LES ANALOGUES SUPERFICIELLEMENT DIFFERENTS SONT-ILS PLUS FACILEMENT EVOQUES QUE LES DISANALOGUES SUPERFICIELLEMENT SIMILAIRES ?

1.1. INTRODUCTION

Les études qui ont cherché à évaluer le rôle respectif des similitudes de surface et de structure ont, pour une grande partie d'entre elles, visé à comparer les taux d'évocations analogiques d'analogues avec et sans similitude de surface. Gick et Holyoak (1980 ; 1983) reportent notamment des taux d'évocations très faibles de l'analogue superficiellement différent du général d'armée face au problème de radiation. En comparaison, Keane (1987) met en évidence de très hauts taux de récupération en mémoire de l'analogue superficiellement similaire du chirurgien opérant une tumeur au cerveau lors de la résolution du même problème de radiation. Blanchette et Dunbar (2000) comparent également les taux d'évocation d'analogues superficiellement similaires et d'analogues superficiellement différents, bien que les résultats reportés contrastent fortement avec ceux qui ont été obtenus dans les études précédentes. Rappelons que les participants devaient produire des analogies avec des situations provenant leur expérience afin de convaincre du bien-fondé d'une stratégie politique. Les résultats ont montré que les participants produisaient majoritairement des analogies ne présentant pas de similitude de surface entre la source et la cible. Trench et Minervino (2015), qui contestent la validité du paradigme de production emprunté par Blanchette et Dunbar, construisent un design similaire puisqu'ils présentent des cibles analogues avec (ex : le scénario du clonage de mammoths) ou sans similitude de surface (le scénario de la reproduction des tempêtes martiennes) et observent si une source spécifique d'intérêt (ex : le film Jurassic Park) est reportée par les participants. Dans l'ensemble de ces études, le rôle des similitudes de structure et de surface est investigué en testant l'effet de l'introduction de similitude de surface au sein d'analogues. Ce type de manipulation apporte un éclairage important pour étudier le rôle facilitateur des similitudes de surface dans l'évocation analogique. En revanche, il ne permet pas de déterminer si les similitudes de surface ou de structure prédominent dans l'évocation analogique. En effet, la comparaison n'est pas équitable dans la mesure où les

analogues superficiellement différents ont davantage de traits en commun avec leur correspondance relativement aux analogues superficiellement différents. En outre, comme cela a déjà été abordé, la forte proportion de similitudes entre ces analogues rend leur évocation particulièrement pertinente, notamment pour produire des inférences valides à propos d'une situation cible. Enfin, tester le rôle des similitudes de surface en testant l'effet de leur introduction au sein d'un analogue superficiellement différent repose sur le présupposé très questionnable qu'il soit possible d'ajouter ou d'enlever des similitudes de surface sans influencer la nature des similitudes de structure (nous reviendrons sur ce point dans la Discussion Générale).

Un certain nombre d'études ont préféré une approche consistant à faire varier le nombre de similitudes de surface et de structure afin de tester l'effet de la manipulation sur les taux d'évocation analogique. Holyoak et Koh (1987) ont ainsi fait varier le nombre de similitudes de surface et de structure entre l'analogue impliquant une opération sur les filaments d'une ampoule. La diminution des similitudes de surface et celle des similitudes de structure réduisaient les taux d'évocation analogique de façon comparable. Dans le même esprit, Catrambone (2002) a fait varier le nombre de relations d'ordre faible, la présence d'une relation d'ordre élevé et le nombre de traits de surface communs entre des histoires écrites. L'augmentation du nombre de similitudes relationnelles (en présence d'une relation d'ordre élevé) ainsi que celle du nombre de similitudes de surface avait un impact significatif sur l'évocation analogique. Afin de déterminer si les similitudes de surface prédominent sur les similitudes de structure dans l'évocation analogique, Gentner et al. (1993) ont construit des histoires partageant uniquement des similitudes de surface (correspondance de simple apparence) ou uniquement des similitudes de structure (voir Tableau 4). Le fait que les correspondances de simple apparence étaient davantage évoquées que les analogues superficiellement différents a mené à la conclusion que les similitudes de surface avaient un rôle plus important que les similitudes de structure dans l'évocation analogique.

Dans la présente étude, nous argumentons qu'un biais expérimental a favorisé les évocations de correspondances de simple apparence. En effet, les histoires ne reflètent pas une séparation convaincante des similitudes de surface et des similitudes de structure. Cette séparation est pourtant nécessaire à l'évaluation de leur effet respectif sur l'accès en mémoire. Plus précisément, il est défendu que les correspondances de simple apparence préservent des

similitudes de structure et introduisent donc un facteur confondant rendant impossible de conclure quant à l'origine des évocations qui semblent superficielles. Dans le cas des correspondances de simple apparence présentées dans le Tableau 4, une proportion importante des deux histoires préservent la même structure (i.e. *faire un pacte dans le but d'éviter une situation non souhaitable*). Ainsi, il apparait que les deux histoires sont en fait des analogues superficiellement similaires jusqu'au retournement final de situation où les scénarios diffèrent (i.e. trahison ou respect du pacte). Il est donc envisageable que ce recouvrement structurel entre les correspondances de simple apparence soit responsable de leur fort taux d'évocation.

Tableau 4 : Exemple de correspondance de simple apparence utilisée dans Gentner et al., 1993, Expérience 1 and 2).

| Source |
|---|
| Karla, un vieux faucon, vivait en haut d'un grand chêne. Un après-midi, il vit un chasseur à terre avec un arc et des flèches grossières qui n'avaient pas de plumes. Le chasseur visa et tira sur le faucon mais rata. Karla savait que le chasseur voulait ses plumes alors il plana jusqu'au sol et proposa au chasseur de lui en donner quelques-unes. Le chasseur était si reconnaissant qu'il s'engagea à ne plus jamais attaquer de faucon. Il s'en alla et tira sur des chevreuils à la place |
| Cible |
| Il était une fois un aigle nommé Zerdia qui donna quelques-unes de ses plumes à un amateur de chasse pour qu'il promette de ne plus attaquer d'aigle. Un jour, Zerdia était haut perché sur une falaise rocailleuse quand il vit l'amateur de chasse arriver avec une arbalète. Zerdia vola à la rencontre de l'homme, mais ce dernier l'attaqua et l'abattit d'une seule fléchette. En chute libre, Zerdia réalisa que la fléchette possédait ses propres plumes. |

Dans la dernière expérimentation de leur article, Gentner et al. (1993) introduisent un nouveau type d'histoires destiné à ne préserver que des similitudes d'objets (correspondance d'objet seulement). Néanmoins, ces histoires aussi partagent une certaine proportion de leur structure. C'est par exemple le cas des deux histoires impliquant trois pays adjacents (i.e. similitude de surface). Dans les deux histoires, deux pays peu puissants sont en compétition et l'un d'eux tente de faire un pacte avec un pays voisin plus puissant. Une nouvelle fois, la structure des histoires ne diverge réellement que plus tard dans le texte. Dans un cas, le pays plus puissant finit par envahir les deux petits pays, alors que dans l'autre, un ouragan rase les trois pays. Il n'a donc pas été démontré que les similitudes de surface seules dominent les

similitudes de structure dans l'évocation analogique. Les expériences qui vont suivre ont pour objectif de tester le rôle respectif des similitudes de surface et de structure en les introduisant dans des stimuli différents. Dans le cadre d'une tâche de rappel d'histoires, des similitudes de surface seule ont été introduites entre deux disanalogues superficiellement similaires et des similitudes de structure seule au sein de deux analogues superficiellement différents. Un paramètre déterminant est que les histoires partageant des similitudes de surface ont été construites de façon à ce que leurs structures diffèrent dès le début du texte.

1.2. EXPERIENCE 1A

Le but de l'Expérience 1A était d'évaluer l'hypothèse de la supériorité de la structure en testant si les analogues superficiellement différents sont plus fréquemment évoqués que les disanalogues superficiellement similaires. Les deux types d'histoires sources étaient présentés au sein d'un ensemble de disanalogues superficiellement différents (i.e. distracteurs).

1.1.1. Méthode

Participants

Quatre-vingt-huit étudiants de l'université de Paris 8 (âge moyen = 21 ; 3, 62 femmes) ont pris part à l'expérimentation en début de cours.

Matériel

Suivant les préconisations de Wharton et al. (1994 ; 1006), une compétition à l'évocation a été introduite entre les différentes sources dont la récupération en mémoire était testée. En d'autres termes, un analogue superficiellement différent et un disanalogue superficiellement similaire étaient tous deux présents au sein de chaque ensemble d'histoires sources lues par un même participant. Six histoires sources étaient présentées : quatre distracteurs, un analogue superficiellement différent et un disanalogue superficiellement similaire. La manipulation de la présence/absence de similitude de structure consistait à introduire une structure relationnelle abstraite ou au contraire à réduire au maximum le recouvrement relationnel entre les histoires. Les similitudes de surface étaient manipulées à travers l'introduction de personnages similaires ou différents entre deux histoires. Deux

versions des trois histoires impliquées dans les correspondances d'intérêt (la source analogue, la source superficiellement similaire et la cible) ont été construites afin de tester notre hypothèse sur un matériel varié. L'ensemble d'histoires reçu par chaque participant ne contenait que l'une des deux versions de chaque histoire d'intérêt. Il y avait donc deux ensembles d'histoires différents.

Au sein de l'un de ces ensembles, la cible présentant l'histoire de Luigi et Lorenzo partageait avec l'histoire source analogue de Julie et Victor la structure *une situation de compétition touche à sa fin lorsque l'un des rivaux aide l'autre à se perfectionner* (voir Tableau 5). La source superficiellement similaire était à propos d'Alessandro et Fabio, qui présentait une structure très différente de celle de l'histoire de Luigi et Lorenzo. En effet, elle relatait le scénario de deux pizzaiolos faisant mine d'être italiens dans l'espoir de vendre plus de pizzas. Dans le second ensemble d'histoires, la cible « Elyse et Charles » partageait la structure de la source analogue « Paulo et Giorgio », toutes deux incarnant une situation où *le contexte oblige à rester auprès d'un partenaire qui a commis une trahison*. La source superficiellement similaire était celle de Julie et Victor (présentée plus haut), qui partage des similitudes de surface avec l'histoire d'Elyse et Charles en ce qu'elle implique également deux amoureux, tout en présentant une structure largement différente dès le début du texte.

Procédure et design expérimental

Chaque participant recevait un livret comportant les consignes complètes ainsi que les histoires écrites. Il était tout d'abord demandé aux participants de ne pas tourner les pages pour anticiper le contenu du livret, ni de revenir en arrière une fois qu'ils auraient tourné une page (indiqué également en entête du livret). Ils étaient ensuite invités à lire les consignes inscrites sur la première page. Les deux premières pages du livret comportaient les six histoires sources. Une page blanche les séparait d'une autre page comportant l'histoire cible. Les histoires sources étaient présentées dans un ordre semi-aléatoire. En bas de chaque histoire, une consigne invitait les participants à noter la facilité qu'ils avaient eue pour en imaginer le contenu durant la lecture sur une échelle à 5 points. Cette procédure répliquait celle qui est utilisée dans des études de rappel d'histoires (Wharton et al., 1994 ; Wharton et al., 1996), y compris celles qui ont attribué un rôle important aux similitudes de surface (Catrambone, 2002). La page qui contenait l'histoire cible présentait également la consigne d'indiquer si celle-ci leur rappelait l'une des

Tableau 5 : Exemples d'histoires utilisées dans l'Expérience 1A

| Sources analogues superficiellement différentes | Sources disanalogues superficiellement similaires | Cibles |
|---|---|---|
| Ensemble 1 | | |
| <p>Julie est amoureuse de Victor, son camarade de classe, et s'en rapproche progressivement afin de le séduire. Mais Diane intègre la classe en cours d'année et convoite également Victor. Julie remarque que Diane n'est pas très apprêtée sur le plan de son apparence et va jusqu'à lui donner des conseils en relooking, lui montrant des photos de mannequins et l'emmenant faire du shopping. Diane est maintenant tendance et éblouissante. Diane en est si reconnaissante qu'elle déclare à Julie qu'elle arrêtera de draguer Victor.</p> | <p>Au marché, le camion « Chez Alessandro & Fabio » détient un vaste étalage de pizzas faites maison. L'importante clientèle qui le fréquente raffole de l'ambiance authentique se dégageant de ce traiteur tenu par les deux hommes à l'air heureux, en tenue traditionnelle italienne. Seulement, une fois qu'ils auront défait leur stand, les deux hommes se rendront à un second marché et enfileront un accoutrement allemand traditionnel pour vendre des spécialités de saucisses. L'écriteau indiquera alors « Chez Hans & Hendrich ».</p> | <p>Luigi tient un camion à pizza sur une place très prisée entre deux bancs publics. Lorenzo, un autre pizzaiolo ambulante, est venu placer son camion juste à côté et nuit à son chiffre d'affaires. Luigi s'aperçoit que la pâte des pizzas de Lorenzo est fade. Luigi prie Lorenzo de venir s'asseoir sur une des chaises à côté des tables disposées au sol devant son camion, et lui donne spontanément sa recette personnelle pour qu'il améliore la qualité de son produit. Depuis, la pâte de ses pizzas est délicieusement goûteuse. Le soir-même, Lorenzo annonce à Luigi que pour lui signifier à quel point il a trouvé son intention plaisante, il déplacerait son camion dans un autre secteur. Il ouvre la porte de son camion et s'en va.</p> |
| <p><i>Structure</i> : une compétition touche à sa fin lorsque l'un des rivaux aide l'autre à se perfectionner <i>Surface</i> : deux amoureux</p> | <p><i>Structure</i> : simuler l'authenticité pour mettre la situation à son avantage <i>Surface</i> : deux pizzaiolos</p> | <p><i>Structure</i> : une compétition touche à sa fin lorsque l'un des rivaux aide l'autre à se perfectionner <i>Surface</i> : deux pizzaiolos</p> |
| Ensemble 2 | | |
| <p>Paulo et Giorgio connaissent un franc succès avec leur camion à pizzas. Ils prévoient désormais d'accomplir leur rêve d'acquérir une vraie auberge italienne. Un jour, en consultant les relevés, Paulo se rend compte que Giorgio lui a toujours masqué la réelle étendue de leurs bénéfices, et que ce dernier s'en approprie en fait bien davantage que la moitié. Hors de lui, Paulo décide d'abord de mettre un terme à leur coopération. Mais ses revenus dépendant de la collaboration avec Giorgio, il change d'avis et décide de continuer à travailler avec lui.</p> | <p>Julie est amoureuse de Victor, son camarade de classe, et s'en rapproche progressivement afin de le séduire. Mais Diane intègre la classe en cours d'année et convoite également Victor. Julie remarque que Diane n'est pas très apprêtée sur le plan de son apparence et va jusqu'à lui donner des conseils en relooking, lui montrant des photos de mannequins et l'emmenant faire du shopping. Diane est maintenant tendance et éblouissante. Diane en est si reconnaissante qu'elle déclare à Julie qu'elle arrêtera de draguer Victor.</p> | <p>Elyse et Charles sont comblés depuis qu'ils se sont épousés et ont donné naissance à Antoine, leur premier enfant. Ils envisagent d'acheter une belle maison avec un grand jardin bordé d'arbres. Mais Elyse découvre en utilisant le téléphone de Charles qu'il côtoie une autre femme. Sonnée par la nouvelle, Elyse lâche son verre, se tient quelques temps à la fenêtre, puis se précipite dans la chambre. Elle pose une valise sur le lit et la remplit de vêtements afin de quitter le domicile. Après quelques minutes, elle réalise finalement qu'elle n'a pas d'autres choix que de rester pour prendre soin de son petit Antoine.</p> |
| <p><i>Structure</i> : le contexte oblige à rester auprès d'un partenaire qui a commis une trahison <i>Surface</i> : deux pizzaiolos</p> | <p><i>Structure</i> : une compétition touche à sa fin lorsque l'un des rivaux aide l'autre à se perfectionner <i>Surface</i> : deux amoureux</p> | <p><i>Structure</i> : le contexte oblige à rester auprès d'un partenaire qui a commis une trahison <i>Surface</i> : deux amoureux</p> |

histoires lues précédemment (en cohérence avec Gentner et al., 1993). Si c'était le cas, les participants devaient reporter tous les éléments dont ils se souvenaient au sujet de cette histoire. Il était mentionné que la tâche durerait approximativement dix minutes, bien qu'aucune limite temporelle n'ait été imposée. À la fin de l'expérimentation, les enjeux de l'étude étaient brièvement présentés aux étudiants.

1.1.2. Résultats et discussion

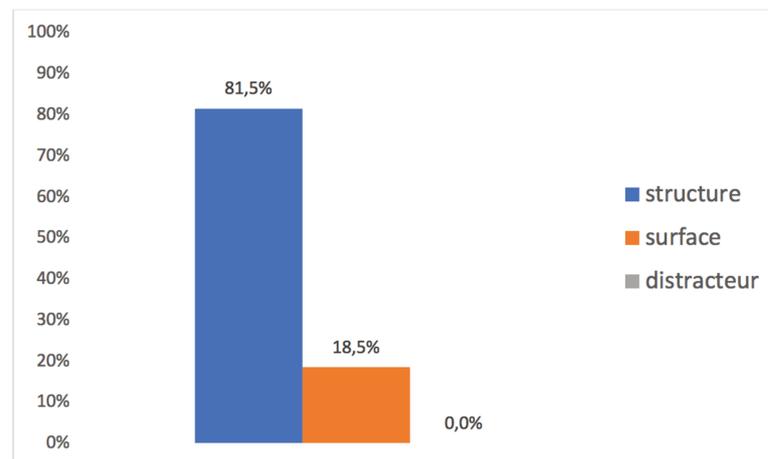
La source à laquelle chaque participant faisait référence dans sa description écrite était identifiée sur la base du report de mots présents dans cette histoire. Les synonymes étaient acceptés. Par exemple, la description d'une « coopération entre deux cuisiniers » au lieu des termes « collaboration » entre « deux pizzaiolos » mentionnés dans le texte, était acceptée. Suite à l'identification de la source reportée, un score de 1 était attribué au type de source auquel cette dernière appartenait. Si aucun terme ne pouvait mener à l'identification d'une histoire source, ou si aucune évocation n'était reportée par le participant, la réponse était classée comme une absence d'évocation. Les réponses reportant l'évocation de plusieurs sources n'étaient pas considérées dans les analyses postérieures du fait qu'elles ne permettent pas de déterminer quelle similitude domine l'accès en mémoire. Parmi les 85 participants dont la réponse menait à une identification claire d'au moins une histoire source, quatre ont été exclus pour cette raison (ils reportaient tous à la fois l'histoire analogue et l'histoire superficiellement similaire).

Les analyses se focalisaient sur le nombre de participants ayant récupéré soit la source superficiellement similaire, soit la source analogue, soit l'un des distracteurs. Comme cela apparaît sur la Figure 1, les participants reportaient très fréquemment l'évocation d'un analogue superficiellement différent (81, 5%) et seulement marginalement celle d'une source superficiellement similaire (18, 5%). Aucun distracteur n'a été évoqué. Le test statistique du Chi carré a été appliqué afin de comparer le nombre d'évocations d'analogues superficiellement différents avec le nombre d'évocations de disanalogues superficiellement similaires, faisant apparaître une différence significative ($\chi^2(1, N=80) = 32,10, p < 0,01$).

Les résultats confirment donc l'hypothèse de la supériorité de la structure puisqu'ils démontrent que les similitudes de structure prédominent sur les similitudes de surface lorsque les deux types de similitudes sont introduits dans des sources différentes. Les similitudes de

structures seules s'avèrent être suffisamment saillantes pour que les participants évoquent des analogues en l'absence de similitude superficielle. Les données recueillies suggèrent que la

Figure 1 : Proportion d'évocations en fonction du type de similitude entre histoires dans l'Expérience 1A



prépondérance d'évocations de correspondances de simple apparence dans les études de rappel d'histoire antérieures (Gentner et al., 1993 ; Gentner & Landers, 1985) trouve son origine dans la présence de similitudes structurelles résiduelles au début des histoires (ex : *faire un pacte pour éviter une situation non souhaitée*) avant que leur scénario ne diverge (ex : respect ou trahison du pacte). L'expérience 1B est destinée à fournir une mesure du recouvrement structurel entre les correspondances de simple apparence et les correspondances d'objets seulement utilisées dans les études antérieures démontrant la supériorité de la surface (Gentner et al., 1993 ; Gentner & Landers, 1985), ainsi que celui des disanalogues superficiellement similaires que nous avons introduits dans l'expérience 1A.

1.3. EXPERIENCE 1B

Il est généralement admis dans la littérature que la mise en correspondance est principalement orientée sur les similitudes structurelles partagées par les analogues. Cela a été mis en évidence dans le domaine de la résolution de problème par analogie, où les participants parviennent généralement à transférer une solution une fois avoir été invités à utiliser un problème source analogue (Gick & Holyoak, 1980). Une autre tâche qui a révélé les compétences des participants à apprécier les similitudes structurelles est celle de jugement de

validité des correspondances entre histoires (Gentner & Landers, 1985 ; Gentner et al., 1993). Alors que les participants évoquaient plus fréquemment des correspondances de simple apparence que des analogues superficiellement différents, le pattern était inversé dans leur jugement de validité de la correspondance. En effet, les histoires préservant des similitudes structurelles étaient en moyenne mieux notées que celles qui n'en partageaient pas. La tâche de jugement de validité a déjà été utilisée dans le but d'évaluer les similitudes de structure de paires d'histoires présentant un recouvrement partiel (Johnson & Seifert, 1992). Dans l'expérimentation qui suit, la tâche de jugement de validité a été adaptée afin de déterminer si les participants percevaient une certaine proportion des histoires superficiellement similaires comme étant structurellement similaire. Il était demandé aux participants d'indiquer si la cible comportait une correspondance valide avec la source superficiellement similaire, et si c'était le cas, jusqu'où dans le texte. Nous leur avons présenté les sources superficiellement similaires utilisées dans notre étude, celles qui ont été employées par Gentner et Landers (1985) et Gentner et al. (1993, Expériences 1 et 2, i.e. les correspondances de simple apparence) ainsi que celles présentées dans l'Expérience 3 de Gentner et al. (1993, i.e. les correspondances d'objets seulement).

1.1.1. Méthode

Participants

Vingt-sept étudiants (âge moyen = 30 ; 1, 22 femmes) ont participé à l'expérimentation pendant un cours à l'Université CY Paris-Cergy.

Matériel

Le matériel expérimental était constitué de deux paires reliées par une correspondance de simple apparence, deux paires reliées par une correspondance d'objets seulement (voir Tableau 6) et deux paires de disanalogues superficiellement similaires. Les paires reliées par une correspondance de simple apparence et de correspondance d'objets seulement sont celles qui sont décrites dans Gentner et al. (1993). Les paires de disanalogues superficiellement similaires sont issues de l'Expérience 1A. Étant donné que l'une des histoires d'une paire instanciant un type de correspondance (ex : de simple apparence) était parfois utilisée dans une paire d'un autre type (ex : d'objets seulement), deux ensembles d'histoires séparés ont été

constitués de sorte qu'une histoire ne puisse pas apparaître dans deux paires différentes. Ainsi, chaque ensemble était composé d'une paire instanciant une correspondance de simple apparence, d'une paire présentant une correspondance d'objets seulement et d'une paire de disanalogues superficiellement similaires.

Procédure et design expérimental

Quatorze participants ont reçu le premier ensemble d'histoires et 13 ont reçu le second. La première page du livret comportait les consignes qui débutaient avec l'explication de ce que constitue une correspondance valide, selon un format identique à celui employé dans leur tâche par Gentner et Landers (1985) et Johnson et Seifert (1992). Le paragraphe suivant indiquait aux participants qu'ils devraient tracer un court trait vertical (un curseur) à l'endroit du texte de la seconde histoire où ce qui suit ne trouve pas de correspondance valide avec la première histoire. Il était mentionné que le curseur pouvait être placé (i) avant le premier mot de la seconde histoire s'ils pensaient qu'elle n'avait pas de correspondance valide avec la première histoire dès le début du texte, ou (ii) entre deux mots de la seconde histoire s'ils pensaient que la correspondance était valide avant leur curseur mais qu'elle n'était plus valide après celui-ci, ou enfin (iii) après le dernier mot de la seconde histoire s'ils pensaient que la seconde histoire avait une correspondance valide avec la première histoire jusqu'à la fin. Notre première prédiction est qu'un nombre plus important de participants placeraient le curseur avant le premier mot de l'histoire cible dans le cas des disanalogues superficiellement similaires plutôt que face à une correspondance de simple apparence ou une correspondance d'objets seulement. En effet, les disanalogues superficiellement similaires devraient plus fréquemment être considérés comme étant structurellement différents dès le début des textes que les correspondances de simple apparence ou d'objets seulement, qui, quant à elles, devraient être considérées structurellement similaires au moins au début des textes. La seconde prédiction concernait la proportion de l'histoire cible qui allait précéder le curseur tracé par les participants. Nous faisons l'hypothèse qu'une plus grande proportion du texte cible précéderait le curseur dans le cas des correspondances de simple apparence et des correspondances d'objets seulement que dans celui des disanalogues superficiellement similaires.

Tableau 6 : Correspondances de simple apparence et correspondances d'objets seulement (Gentner et al., 1993) utilisées dans l'Expérience 1B

Note: Les disanalogues superficiellement similaires utilisés en Expérience 1A ont également été présentés dans l'Expérience 1B (voir Tableau 5).

Sources

Cibles

Correspondances de simple apparence

Version 1

Percy le moineau a passé toute la saison chaude à chanter et à gazouiller. Quand il commença à faire froid, Percy visita un écureuil et lui chanta une chanson, en espérant qu'il lui donne un peu de ses graines de tournesol en échange. Cependant, l'écureuil fut très déçu de lui.
« Tu es un terrible chanteur ! » Cria-t-il. « Je ne te donnerai rien du tout de mon blé. »
Une larme coula sur la joue de Percy, et il jura de ne plus jamais chanter.

Un pivert appelé Sam chanta tout l'été. Quand l'hiver arriva, il alla visiter un campagnol. Cependant, le campagnol n'était pas du tout satisfait de Sam.
« Tu n'as rien fait de l'été alors que j'ai travaillé dur ! », lui dit-il. Sam lui joua une ballade en espérant qu'il lui donne des noisettes en échange. Mais il n'était pas content. « Je ne te donnerai rien du tout de mes noisettes » déclara-t-il.

Version 2

Karla, un vieux faucon, vivait en haut d'un grand chêne. Un après-midi, il vit un chasseur à terre avec un arc et des flèches grossières qui n'avaient pas de plumes. Le chasseur visa et tira sur le faucon mais rata. Karla savait que le chasseur voulait ses plumes alors il plana jusqu'au sol et proposa au chasseur de lui en donner quelques-unes. Le chasseur était si reconnaissant qu'il s'engagea à ne plus jamais attaquer de faucon. Il s'en alla et tira sur des chevreuils à la place.

Il était une fois un aigle nommé Zerdia qui donna quelques-unes de ses plumes à un amateur de chasse pour qu'il promette de ne plus attaquer d'aigle. Un jour, Zerdia était haut perché sur une falaise rocailleuse quand il vit l'amateur de chasse arriver avec une arbalète. Zerdia vola à la rencontre de l'homme, mais ce dernier l'attaqua et l'abattit d'une seule fléchette. En chute libre, Zerdia réalisa que la fléchette possédait ses propres plumes.

Correspondances d'objets seulement

Version 1

Deux petits pays, le Bolon et le Salam, étaient adjacent à un pays guerrier appelé le Mayonia. Bolon avait décidé de tirer le meilleur parti de la situation en envahissant le Salam. Salam commençait à chercher de l'aide de la part de pays puissants mais bientôt, le Bolon réussit à l'envahir. Ensuite, le Bolon, victorieux, proposa au pays guerrier, le Mayonia, de signer un traité. Le Bolon proposa au Moyonia de lui donner le contrôle sur le Salam en échange de la garantie que Bolon resterait indépendant. Le Mayonia répondit en envahissant à la fois le Bolon et le Salam. Le Bolon était tellement occupé à maintenir le contrôle sur le Salam qu'il ne put rien faire pour arrêter le Mayonia. Dès lors, le Mayonia installa un gouvernement de marionnettes au Bolon et au Salam, et prit contrôle des journaux et des stations de radio.

Deux nations faibles, le Lincoln et le Moreland, s'avoisinaient. La richesse des deux pays reposait fortement sur leur activité touristique afin de maintenir leur économie. Ils étaient en compétition vis-à-vis de celui qui obtiendrait le plus de touristes. Pendant ce temps, un autre pays avoisinant, le Chad, avait une économie très développée avec une activité touristique florissante. Des croisières touristiques affluaient vers ses ports, et des avions remplis de visiteurs atterrisaient constamment à ses aéroports. De ce fait, le Moreland essayait de joindre ses forces avec le Chad dans ses campagnes publicitaires pour attirer encore plus de touristes. Malheureusement, un ouragan frappa la côte et ruina les trois nations.

Version 2

Percy le moineau a passé toute la saison chaude à chanter et à gazouiller. Quand il commença à faire froid, Percy visita un écureuil et lui chanta une chanson, en espérant qu'il lui donne un peu de ses graines de tournesol en échange. Cependant, l'écureuil fut très déçu de lui.
« Tu es un terrible chanteur ! » Cria-t-il. « Je ne te donnerai rien du tout de mon blé. »
Une larme coula sur la joue de Percy, et il jura de ne plus jamais chanter.

Durant une vague de chaleur inhabituelle en février, Sam le pivert pensa « Je dois saisir ma chance ! ». Il s'éleva sur le bord de son nid et commença à jacasser fièrement. Sa chanson était si puissante et joyeuse que cela réveilla un campagnol voisin. Le campagnol demanda une autre chanson. Il était si ému par le talent de Sam qu'il oublia que c'était toujours l'hiver, et il décida d'aller chercher des noisettes pour les stocker.

1.1.2. Résultats et discussion

Dans un premier temps, le nombre de mots précédant le curseur tracé a été extrait pour les réponses à chaque paire d'histoires. Nous avons calculé le pourcentage de participants qui ont placé le curseur avant le premier mot du texte cible pour chaque type de paires d'histoires. Ensuite, la proportion du texte cible partageant une similitude structurelle avec l'histoire source a été mesurée pour chaque type de paires d'histoires. Elle a été calculée en divisant le nombre de mots précédant le curseur par le nombre total de mots du texte cible. Une proportion moyenne a été mesurée pour chaque type de paires d'histoires. Les protocoles des participants ne fournissant aucune réponse ou ayant tracé plusieurs curseurs ont été exclus des analyses. Deux protocoles ont été exclus pour ces raisons.

Nous présentons d'abord le nombre de participants qui ont placé le curseur avant le premier mot du texte cible pour chaque type de paires d'histoires. C'était le cas de 8, 0 % des participants face aux correspondances de simple apparence, 24, 0 % des participants face aux correspondances d'objets seulement et 64, 0 % des participants pour les disanalogues superficiellement similaires. Un test du Chi carré a été appliqué pour comparer le nombre de participants ayant placé le curseur avant le premier mot face aux disanalogues superficiellement similaires relativement aux correspondances de simple apparence, ainsi que par rapport aux correspondances d'objets seulement. L'analyse a révélé qu'un nombre significativement plus élevé de participants ont tracé le curseur avant le premier mot de la cible dans le cas des disanalogues superficiellement similaires que dans celui des correspondances de simple apparence ($\chi^2(1, N=24) = 10,88, p < 0,001$) ou celui des correspondances d'objets seulement ($\chi^2(1, N=24) = 4,55, p < 0,05$).

Les analyses concernant la proportion moyenne de texte se trouvant avant le curseur tracé par les participants face aux différents types de paires d'histoires sont maintenant considérées. 65, 4 % du texte cible des correspondances de simple apparence était considéré comme ayant une correspondance valide avec sa source. C'était également le cas de 43, 7 % des textes cibles reliés par une correspondance d'objets seulement. En revanche, seulement 8, 6 % des textes cibles disanalogues superficiellement similaires était perçu comme ayant une correspondance valide avec la source correspondante. Un t-test pour échantillon apparié a été appliqué pour comparer ces proportions moyennes. Une différence significative a été obtenue

dans la comparaison des disanalogues superficiellement similaires avec les correspondances de simple apparence ($t(24) = 7,51, p < 0,001$), ainsi qu'avec les correspondances d'objets seulement ($t(24) = 4,78, p < 0,001$).

L'expérience 1B a mis en évidence que les participants perçoivent une similitude structurelle importante entre les paires d'histoires qui ont été considérées comme étant uniquement superficiellement similaires dans les études antérieures. À l'inverse, les disanalogues superficiellement similaires utilisés dans notre première expérimentation sont considérés comme étant structurellement distincts dès le début des scénarios. Pris dans l'ensemble, les résultats issus de l'Expérience 1A et de l'Expérience 1B confortent la possibilité que des similitudes structurelles résiduelles aient été à l'origine de la fréquence d'évocation des sources considérées comme étant simplement superficiellement similaires dans les études antérieures.

Comme cela a été noté par Wharton et al. (1994), la plupart des expériences traitant de l'évocation analogique, ce qui est également le cas de l'Expérience 1A, ne fournissent qu'une seule source superficiellement similaire pour chaque cible. Cependant, en contexte naturel, une multitude de sources superficiellement similaires a généralement été rencontrée par le passé une fois face à une situation cible. Par exemple, il semble très probable que de nombreux souvenirs impliquant des scénarios autour de pizzas soient disponibles en mémoire au moment où l'on entre dans une pizzeria. L'Expérience 2 a été menée afin de reproduire les caractéristiques de cette compétition à l'évocation entre les sources en mémoire.

1.4. EXPERIENCE 2

Compte tenu du fait que les analogies sont particulièrement utiles dans les cas où peu de chose est connu au sujet du domaine cible, on pourrait penser que des conditions expérimentales dans lesquelles une unique source superficiellement similaire est stockée en mémoire promeut l'évocation d'un analogue. Dans les termes de Hammond et al. (1991) : « Lorsque nous avons peu d'exemples en mémoire qui partagent des traits, on peut s'attendre à ce que les similitudes abstraites jouent un plus grand rôle dans l'évocation » (p. 127). La dominance structurelle pourrait donc être atténuée au sein de contextes fréquents où davantage de connaissances sont disponibles sur la situation cible. Néanmoins, l'hypothèse de la supériorité de la structure prédit que les analogues superficiellement similaires demeurent prioritairement évoqués lorsque plusieurs sources superficiellement similaires sont disponibles

en mémoire, tant que celles-ci ne partagent pas de similitudes de structure avec la cible (i.e. tant qu'elles constituent des disanalogues superficiellement similaires). Dans l'Expérience 2, plusieurs disanalogues superficiellement similaires seront présentés avec l'analogue superficiellement différent et des distracteurs. Notre prédiction est que l'analogue sera plus fréquemment évoqué que tous les disanalogues superficiellement similaires pris ensemble.

1.1.1. Méthode

Participants

Soixante-seize étudiants (âge moyen = 22 ; 1 , 52 femmes) ont pris part à l'expérimentation dans les bibliothèques universitaires de Paris 5 et Paris 8.

Matériel

Les histoires cibles, les histoires sources superficiellement similaires et les histoires sources structurellement similaires de l'Expérience 1A ont été utilisées dans cette nouvelle expérimentation. Au sein de chacun des deux ensembles d'histoires, les quatre distracteurs utilisés dans l'Expérience 1A ont été retirés. Deux d'entre eux ont été remplacés par deux disanalogues superficiellement similaires (partageant ainsi des traits de surface avec la cible et la source superficiellement similaire empruntées de l'Expérience 1A). Deux nouveaux distracteurs ont également été introduits (partageant des similitudes de surface avec l'analogue superficiellement différent afin de respecter une symétrie avec les trois disanalogues superficiellement similaires ; mais ne partageant pas sa structure). Au sein de l'ensemble d'histoires dans lequel le scénario de Luigi et Lorenzo est la cible, et celui à propos de Julie et Victor est l'analogue source superficiellement différent, les deux nouveaux disanalogues superficiellement similaires avaient à voir avec des pizzaiolos et les deux nouveaux distracteurs décrivaient des histoires à propos d'amoureux. Dans l'ensemble où l'histoire d'Elyse et Charles est la cible et celle de Paulo et Georgio est l'analogue source superficiellement différent, les deux nouveaux disanalogues superficiellement similaires décrivaient des amoureux et les deux nouveaux distracteurs impliquaient des pizzaiolos. En résumé, trois disanalogues superficiellement similaires et trois histoires superficiellement différentes (un analogue et deux distracteurs) étaient présentés avant la cible. Le Tableau 7 offre une vision d'ensemble sur les différentes histoires utilisées dans la présente expérimentation.

Tableau 7 : Vue d'ensemble des histoires utilisées dans l'Expérience 2

| Premier ensemble | Second ensemble |
|--|--------------------------------|
| Cibles | |
| Histoire de Luigi et Lorenzo | Histoire d'Elyse et Charles |
| Sources | |
| <i>Disanalogues superficiellement similaires</i> | |
| Histoire de Claudio et Franco | Histoire d'Arnaud and Zoe |
| Histoire d'Alessandro and Fabio | Histoire de Claire and Quentin |
| Histoire de Paulo and Giorgi | Histoire de Julie and Victor |
| <i>Analogues superficiellement différents</i> | |
| Histoire de Julie et Victor | Histoire de Paulo and Giorgio |
| <i>Distracteurs</i> | |
| Histoire de Arnaud et Zoe | Histoire de Claudio et Franco |
| Histoire de Claire et Quentin | Histoire d'Alessandro et Fabio |

Procédure et design expérimental

La procédure et le design expérimental de l'Expérience 1A ont été répliqués.

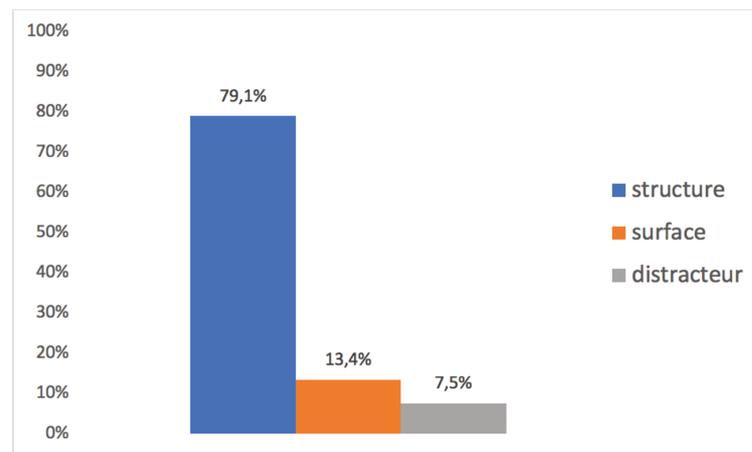
1.1.2. Résultats et discussion

La procédure de codage était la même que celle utilisée en Expérience 1A. Cinq participants mentionnant deux sources (l'analogue superficiellement différent et le disanalogue superficiellement similaire) ont été exclus des analyses.

Nous avons comparé le nombre de participants évoquant l'une des sources superficiellement similaires, l'analogue superficiellement différent ou l'un des distracteurs. Comme illustré sur la Figure 2, les analyses montrent qu'une grande majorité de participants rappelle l'analogue superficiellement différent (79, 1 %) et peu d'entre eux évoquent l'un des

disanalogues superficiellement similaires (13,4%). Un test du Chi carré appliqué sur le nombre de participants reportant l'une des sources superficiellement similaires et le nombre de participants reportant l'analogue superficiellement différent a mis en évidence une différence significative ($\chi^2(1, N=61) = 31,23, p < 0,01$).

Figure 2 : Proportion d'évocations en fonction du type de similitude entre histoires dans l'Expérience 2



Les résultats sont congruents avec ceux qui ont été obtenus dans l'Expérience 1A au sujet de la prédominance des évocations structurelles sur les évocations superficielles. Ils montrent que l'hypothèse de la supériorité de la structure demeure valide dans un contexte où plusieurs disanalogues superficiellement similaires sont stockés en mémoire.

Il est envisageable que les résultats de l'Expérience 1A et de l'Expérience 2 aient été influencés par la présentation successive des histoires sources et de l'histoire cible. Dans la plupart des expériences traitant des processus d'évocation (ex : Catrambone, 2002 ; Gentner et al., 1993 ; 2003 ; Wharton et al., 1994 ; 1996), l'attention des participants est déplacée des histoires sources avant la présentation de l'histoire cible (par l'introduction d'un délai temporel ou d'une tâche distractive). Il peut aussi être défendu que, contrairement aux tâches de rappel d'histoires dans lesquelles un grand nombre d'histoires sources sont présentées aux participants, celles que nous avons employées permettaient aux participants de se remémorer chacune des six sources présentées afin de les mettre en correspondance les unes après les autres avec la cible. Bien qu'il semble peu vraisemblable que les participants déploient tant d'effort dans les cas où une correspondance de surface pourrait être reportée et répondrait aux exigences

de la tâche, la possibilité que les résultats des expériences précédentes ne soient pas dus à de vraies instances d'évocation analogique est adressée dans l'Expérience 3. Dans cette expérimentation, une tâche distractive est interposée entre la présentation des sources et celle de la cible, et le nombre d'histoires sources est augmenté.

1.5. EXPERIENCE 3

1.1.1. Méthode

Participants

Quatre-vingt-douze participants (âge moyen = 22, 4 ; 56 femmes) ont pris part à l'expérimentation dans les bibliothèques universitaires de Paris 5 et Paris 8.

Matériel

Sur le modèle de Wharton et al. (1994), une tâche distractive de cinq minutes a été introduite entre les phases d'encodage des sources et d'évocation face à la cible. Il s'agissait d'une tâche classique d'utilisation alternative d'objets où les participants devaient imaginer le plus d'usages possibles de différents objets. Compte tenu de la critique majeure adressée contre le paradigme de rappel d'histoire concernant l'induction d'un encodage superficiel (Blanchette & Dunbar, 2000 ; Hammond et al., 1991), la présentation d'un nombre excessif d'histoires sources semble susceptible de dissuader les participants de s'engager dans une compréhension profonde des scénarios décrits par les histoires. Pour cette raison, un nombre limité d'histoires sources a été ajouté aux ensembles utilisés dans l'Expérience 1A. Cela permettait de rendre d'autant plus improbable la possibilité de réactiver chaque source pour la mettre en correspondance avec la cible, tout en évitant d'induire une augmentation significative du coût attentionnel de la tâche. Deux distracteurs ont été ajoutés à chaque ensemble d'histoires utilisé en Expérience 1A. Dans la présente expérimentation, les participants recevaient ainsi huit histoires sources (six distracteurs, un analogue superficiellement différent et un disanalogue superficiellement similaire) avant de procéder à la tâche distractive et à la tâche d'évocation.

Procédure et design expérimental

La procédure et le design expérimental ont été répliqués de ceux employés dans l'Expérience 1A et 2.

1.1.2. Résultats et discussion

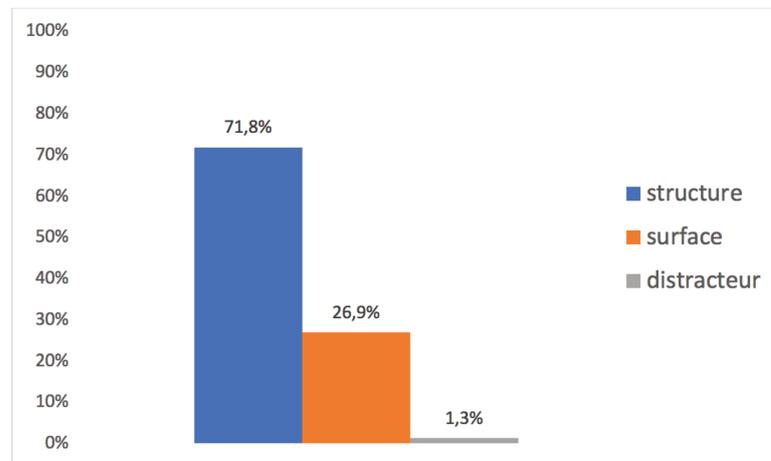
Quatre-vingt-dix-neuf participants ont reporté au moins une évocation. Parmi eux, les réponses de 14 participants n'ont pas fait l'objet d'analyses postérieures du fait qu'elles mentionnaient l'évocation de plusieurs sources (dix ont reporté à la fois l'analogue superficiellement différent et le disanalogue superficiellement similaire, deux ont reporté l'analogue superficiellement différent et un distracteur, et deux ont reporté un disanalogue superficiellement similaire et un distracteur).

De nouveau, nous avons comparé le nombre de participants évoquant le disanalogue superficiellement similaire avec le nombre de participants évoquant l'analogue superficiellement différent. Les analogues superficiellement différents étaient majoritairement évoqués (71, 8 %), alors que les disanalogues superficiellement similaires étaient marginalement évoqués (26, 9 %, voir Figure 3). Un seul participant a évoqué un distracteur (1, 3 %). Un test du Chi carré a révélé que la différence entre le nombre d'évocations d'analogues superficiellement différents et de disanalogues superficiellement similaires était significative ($\chi^2(1, N=76) = 15,91, p < 0,01$).

Les résultats de l'Expérience 3 confortent une fois de plus l'hypothèse de la supériorité structurelle. Ils confortent l'interprétation des résultats de l'Expérience 1A et de l'Expérience 2 selon laquelle la grande proportion d'analogues superficiellement différents reportée par les participants était bien due au rôle prédominant des similitudes de structure dans le processus d'évocation analogique.

Les expériences testant l'évocation analogique introduisent généralement un délai allant de quelques minutes (Johnson & Seifert, 1992 ; Wharton et al., 1994) à plusieurs jours (Gentner et al., 1993 ; Wharton et al., 1996) entre la présentation des histoires sources et celles des cibles. Dans l'Expérience 4, nous avons introduit un délai temporel plus important que dans les expériences précédentes de la présente étude afin de fournir une mesure plus pure de l'accès en MLT. Un délai de 45 minutes a été interposé entre la phase d'encodage et la phase d'évocation.

Figure 3 : Proportion d'évocations en fonction du type de similitude entre histoires dans l'Expérience 3



1.6. EXPERIENCE 4

1.1.1. Méthode

Participants

Quatre-vingt-trois participants (âge moyen = 22 ; 0, 37 femmes) ont accepté de passer l'expérimentation à la bibliothèque universitaire de Paris 5.

Matériel

Le matériel expérimental est répliqué de l'Expérience 3, mis à part le fait que la tâche distractive a été remplacée par un délai de 45 minutes entre la présentation des histoires sources et celle des histoires cibles.

Procédure et design expérimental

La procédure et le design expérimental de l'Expérience 3 ont été en grande partie reproduits dans cette expérimentation, mais cette fois-ci, il était expliqué que l'expérimentation comprenait deux parties différentes, séparées d'un délai de 45 minutes. Un premier livret comprenant les histoires sources ainsi que les consignes pour la première partie de l'expérimentation était distribué aux participants. Celui-ci comprenait les huit histoires sources de l'Expérience 3, mais pas l'histoire cible. Le livret était prélevé une fois la lecture des histoires

sources terminée. L'expérimentateur revenait auprès des participants 45 minutes plus tard avec le second livret présentant la cible et les consignes d'évocation. Tous les autres aspects de la procédure étaient identiques à ceux de l'Expérience 3.

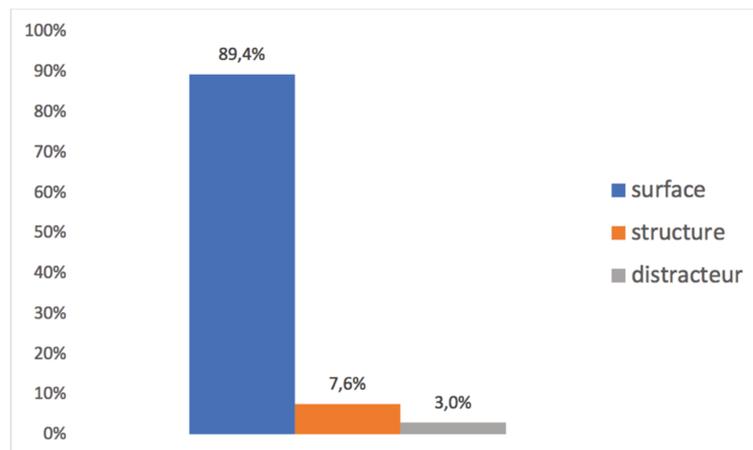
1.1.2. Résultats et discussion

Quatre-vingt-un participants ont reporté au moins une évocation. Parmi eux, les réponses de 15 participants n'ont pas été incluses dans les analyses car elles renvoyaient à plusieurs histoires sources (dix participants ont évoqué à la fois le disanalogue superficiellement similaire et l'analogue superficiellement différent, un participant a reporté le disanalogue superficiellement similaire, l'analogue superficiellement différent et un distracteur, un participant a reporté le disanalogue superficiellement similaire, l'analogue superficiellement différent et deux distracteurs, trois participants ont reporté le disanalogue superficiellement similaire, l'analogue superficiellement différent et trois distracteurs).

Le nombre de participants évoquant l'analogue superficiellement différent a été comparé avec le nombre de participants reportant le disanalogue superficiellement similaire. En cohérence avec les résultats de l'Expérience 1A, 2 et 3, le nombre d'évocations d'analogues superficiellement différents (89, 4 %) surpassait celui des évocations de disanalogues superficiellement similaires (7, 6 %), ou de distracteurs (3, 0 %) (Figure 4). Un test du Chi carré a été utilisé et montre que les analogues superficiellement différents sont significativement plus souvent évoqués que les disanalogues superficiellement similaires ($\chi^2(1, N=63) = 45,56, p < 0,001$).

Les résultats de cette expérimentation démontrent que la présence d'un délai temporel plus élevé entre la présentation des sources et de la cible n'affecte pas la supériorité de la structure dans l'évocation analogique. En effet, les similitudes structurelles prédominent sur les similitudes de surface lorsque la cible est présentée 45 minutes après les sources. Ces résultats apportent de nouvelles preuves expérimentales confortant l'idée selon laquelle les similitudes structurelles jouent un rôle crucial dans l'accès à des expériences passées stockées en MLT.

Figure 4 : Proportion d'évocations en fonction du type de similitude entre histoires dans l'Expérience 4



1.7. DISCUSSION DE L'ETUDE

Les études expérimentales qui se sont focalisées sur l'évocation analogique ont mis en évidence des échecs massifs à évoquer des analogues en l'absence de similitude de surface (Gick & Holyoak, 1980). D'autres études ont montré que les similitudes structurelles jouaient un certain rôle dans l'évocation analogique, favorisant l'évocation de sources présentant à la fois un fort (Wharton et al., 1994) ou un faible degré de similitude superficielle (Wharton et al., 1996). Ce rôle joué par les similitudes de structure est néanmoins considéré comme étant secondaire relativement à l'influence prépondérante des similitudes de surface. Cette vision est supportée par les résultats expérimentaux qui ont montré que des correspondances de simple apparence, présentant des similitudes de surface sans similitude de structure, sont plus fréquemment évoquées que des analogues superficiellement différents (Gentner & Landers, 1985 ; Gentner et al., 1993). Dans la présente étude, nous avons questionné la validité des expériences dont découlent ces résultats, en argumentant que des similitudes de structures résiduelles au sein des stimuli expérimentaux présentant des similitudes superficielles pouvaient avoir été à l'origine de leur fort taux d'évocation. Nous avons testé l'hypothèse alternative de la supériorité de la structure en instaurant une compétition à l'évocation entre des sources présentant uniquement des similitudes de surface ou uniquement des similitudes de structure. Pour ce faire, nous avons construit un paradigme expérimental de rappel d'histoire très proche de celui employé dans les études mettant en avant la dominance de la surface.

Dans l'expérience 1A, un analogue superficiellement différent et un disanalogue superficiellement similaire étaient présentés avec quatre distracteurs en tant que sources candidates à l'évocation. Les résultats ont montré que les similitudes de surface guidaient l'évocation de façon marginale, alors que les similitudes de structure déclenchaient des évocations dans la quasi-totalité des cas. Dans l'expérimentation 1B, nous avons recueilli des mesures de jugement de validité auprès de participants afin d'évaluer le recouvrement structurel des paires d'histoires supposées ne partager que des similitudes de surface dans notre expérimentation ainsi que les expériences d'études antérieures. Les réponses des participants indiquaient qu'ils percevaient une grande proportion des correspondances de simple apparence et des correspondances d'objets seulement utilisées dans les études antérieures comme étant structurellement similaire. À l'inverse, les scénarios décrits par les disanalogues superficiellement similaires leur apparaissaient structurellement différents dès le début, suggérant un meilleur contrôle du facteur confondant de la présence résiduelle de similitudes structurelles au sein de nos stimuli expérimentaux. L'expérience 2 visait à évaluer la validité de l'hypothèse de la supériorité de la structure dans les conditions où plusieurs situations superficiellement similaires à la cible ont été rencontrées par le passé. Les évocations structurelles sont restées prépondérantes après l'introduction de plusieurs disanalogues superficiellement similaires dans l'ensemble de sources expérimentales. Ces données suggèrent que l'évocation d'analogues superficiellement différents domine lorsque davantage de sources superficielles sont disponibles en mémoire, tant que celles-ci ne partagent pas de similitude de structure avec la cible. Une troisième expérimentation a été menée afin d'exclure la possibilité que nos résultats soient dus à une stratégie de réactivation-mise en correspondance de chaque source avec la cible et d'assurer que la dominance structurelle persiste lorsque l'attention des participants est déplacée des sources avant le traitement de la cible. Dans cette expérimentation, les ensembles de sources comportaient huit histoires et la cible était traitée après l'accomplissement d'une tâche distractive. L'Expérience 4 restituait des conditions plus typiques d'accès en MLT en augmentant le délai entre la présentation des sources expérimentales et celle de la cible. Les similitudes de structure prédominaient sur les similitudes de surface après que ces contrôles expérimentaux ont été ajoutés. Il pourrait être argumenté que la stratégie de réactivation-mise en correspondance demeurerait possible du fait de la présentation d'un nombre limité de sources expérimentales (i.e. huit sources) et de la cible au cours d'une même session expérimentale. Néanmoins, la dominance de la surface a été mise en évidence

dans des expériences présentant moins de sources expérimentales (ex : sept sources dans Gentner et al., 2009, Expérience 4), ainsi que dans des conditions où les sources et les cibles étaient présentées au sein de la même session expérimentale (Catrambone, 2002 ; Ross, 1987). De ce fait, le contraste observé entre nos résultats et ceux des études antérieures semble mieux pouvoir s'expliquer par la mise en œuvre d'un meilleur contrôle expérimental concernant l'absence de similitude de structure au sein des histoires partageant des similitudes de surface.

D'un côté, nos résultats mettent en évidence que les analogues superficiellement différents sont plus fréquemment évoqués que les disanalogues superficiellement similaires. De l'autre, la littérature présente de nombreux cas où les analogues superficiellement similaires sont mieux évoqués que les analogues superficiellement différents. Pris dans l'ensemble, ces données suggèrent que l'évocation analogique privilégie la récupération d'analogues superficiellement similaires, mais que dans les cas où de telles sources ne sont pas disponibles en mémoire, les similitudes de surface sont mises de côté et laissent place à l'évocation d'analogues superficiellement différents. Le pattern décrit par ces évocations analogiques est celui d'un *focus structurel et d'une érosion de la surface* : une focalisation sur la structure lors de l'encodage permet d'évoquer une source partageant un degré élevé, modéré ou faible de similitude de surface, tant que celle-ci préserve des similitudes de structure avec la situation considérée.

La comparaison des stimuli expérimentaux utilisés dans les différentes études expérimentales concernés par l'évocation analogique pose également la question du type de similitude de surface qui est manipulé. Le nombre de traits de surface reliant les stimuli varie d'un nombre modéré (ex : trois pays dans Gentner et al., 1993, Expérience 3, deux pizzaiolos dans nos expériences) à un plus grand nombre (ex : les termes *royal, guerre, troupes, conseiller, rénovation, et fuite*, Catrambone, 2002). De plus, les similitudes de surface introduites sont des termes identiques dans certaines expériences (ex : Catrambone, 2002), alors qu'elles réfèrent à des éléments plus ou moins sémantiquement proches dans d'autres (ex : mammoths/dinosaures et glacier/fossile de moustique, Trench et Minervino, 2015). Trench, Tavernini, Olguin et Minervino (2020) ont très récemment publié une étude employant un paradigme similaire à celui emprunté dans la présente étude afin de tester si la supériorité structurelle était toujours valable lorsque les disanalogues superficiellement similaires partageaient un grand nombre de traits de surface. Les auteurs ont mis en compétition un

analogue superficiellement différent, soit avec une correspondance de simple apparence, soit avec une correspondance d'objets seulement. Suivant notre recommandation, les deux types de correspondances superficielles étaient construits de manière à ne pas préserver la structure de la cible. Par exemple, une cible décrivait une personne économe qui avait décidé de réparer provisoirement la porte de son four avec du scotch et d'avoir recours à un professionnel lorsqu'elle aura plus d'argent de côté, mais elle finit par se contenter de sa solution sur le long terme. La correspondance de simple apparence préservait des objets et des relations d'ordre faible qui étaient introduits au sein d'une structure relationnelle différente. La correspondance de la cible décrite plus haut décrivait une personne économe qui avait un problème d'électricité chez elle et qui, malgré ses économies modestes, avait fait appel à un électricien auprès duquel elle avait beaucoup appris, de sorte qu'elle put par la suite réparer des appareils électroménagers par elle-même. La correspondance d'objets seulement décrivait une personne économe qui avait peur qu'un électricien qu'elle recevait chez elle découvre combien elle avait mis de côté lorsqu'elle se souvint qu'elle avait laissé ses économies à découvert. Enfin l'analogue superficiellement différent était à propos d'une personne qui avait rafistolé provisoirement un gant qui n'était plus à sa taille en planifiant d'avoir recours à une couturière lorsqu'elle aurait plus de temps, mais elle finit par se contenter de sa propre solution. Les résultats montrent que les correspondances de simple apparence sont plus souvent évoquées que les analogues superficiellement différents. En revanche, en cohérence avec nos résultats, les analogues superficiellement différents sont plus fréquemment évoqués que les correspondances d'objets seulement, bien que la différence soit seulement marginalement significative. D'un point de vue descriptif, les taux d'évocations d'analogues superficiellement différents (79%) sont beaucoup plus similaires à ceux observés dans la présente étude (environ 80%) que dans Gentner et al. (1993, environ 20%). Néanmoins, la supériorité des correspondances de simple apparence, préservant des objets et des relations d'ordre faible mais pas de relations d'ordre élevé, pose questions. Compte tenu de l'absence de mesure du recouvrement structurel perçu par les participants dans cette étude, il reste tout à fait envisageable que ces correspondances soient en fait considérées comme préservant une partie de leur structure. Pour reprendre l'exemple présenté plus haut, les deux histoires manifestant une correspondance de simple apparence entrent dans la catégorie des situations dans lesquelles *une personne ayant des moyens financiers modestes doit solliciter un service onéreux pour résoudre un problème ménager*. Aussi, les deux types de correspondances superficielles décrivent les comportements

d'une personne explicitement décrite comme étant *économe*. Or, selon Jamrozik et Gentner (2020), la présentation de labels relationnels tels que celui-ci influence un encodage uniforme de la structure relationnelle des situations.

Plus généralement, la littérature reporte de nombreux cas d'échecs d'évocation analogique en l'absence de similitude de surface, notamment dans des contextes de résolution de problème. Des performances beaucoup plus élevées émanent de conditions expérimentales favorisant la construction d'un schéma abstrait commun aux deux analogues (Catrambone & Holyoak, 1989 ; Gentner et al., 2003 ; 2009). Il a été suggéré que la difficulté à détecter des similitudes de structure au sein d'un unique analogue source trouve son origine dans le fait que les participants ne disposent pas des connaissances nécessaires pour encoder sa structure. En effet, les connaissances développées par les experts leur permettent d'encoder la structure et de l'utiliser comme indice d'évocation (Novick, 1988). D'autres études ont dévoilé que les participants novices utilisaient également leurs connaissances afin d'extraire des structures interprétées des énoncés de problèmes (Bassok et al., 1995). Au centre de l'hypothèse de la supériorité de la structure réside l'idée que tout un chacun développe les connaissances nécessaires à l'encodage profond des situations qu'il rencontre dans son quotidien. La capacité à extraire des schémas au cours de la répétition d'expériences analogues alimente une compréhension abstraite des situations rencontrées. La présente étude montre que les structures familières auxquelles font référence les stimuli utilisés dans les paradigmes de rappel d'histoires, telles que les structures proverbiales, sont effectivement encodées par les participants. Leur expertise du quotidien semble donc leur permettre de percevoir des similitudes structurelles entre des situations aux apparences différentes.

Les résultats obtenus sont particulièrement intéressants à la lumière de la critique qui a été faite à l'égard du paradigme expérimental classique concernant le manque de validité écologique des conditions d'encodage qu'il restitue (Blanchette & Dunbar, 2000 ; Hammond et al. 1991). En effet, Dunbar (2001) a suggéré que les conditions naturelles d'encodage en dehors du cadre expérimental favorisaient une compréhension profonde des situations. Notre étude montre que, même dans des conditions moins favorables à la mise en œuvre d'un encodage structurel, les participants peuvent utiliser des concepts familiers de manière à comprendre en profondeur les situations qui leur sont présentées. D'autre part, les études qui documentent des échecs à fonder l'évocation d'expériences personnelles sur la structure

illustrent que le fait d'avoir rencontré une situation en dehors du contexte expérimental n'est pas une condition suffisante à son évocation ultérieure. Le fait que les analogues fassent écho à des connaissances abstraites familières semble constituer un critère important pour permettre l'évocation analogique en l'absence de similitude de surface.

La thèse défendue est que l'analogie est au centre de la compréhension des situations que nous rencontrons au quotidien. Il semble donc nécessaire de ne pas limiter l'investigation de l'évocation analogique à celle d'histoires écrites et de considérer les analogies spontanées effectuées avec des situations présentant un format plus proche de celles que tout un chacun rencontre à chaque instant dans son quotidien. Évidemment, les événements présentés au format écrit sont omniprésents dans notre environnement. Le potentiel du mécanisme de l'analogie serait néanmoins limité s'il opérait de façon moins efficace sur la base de situations présentant des données perceptives plus riches. Le chapitre suivant reporte une étude empirique qui s'est focalisée sur l'évocation de situations filmées, dont le format restitue plus fidèlement la richesse perceptive que peuvent présenter les expériences de vie quotidienne.

CHAPITRE 6 : SUPERIORITE STRUCTURELLE DANS L'EVOCATION ANALOGIQUE DE SITUATIONS FILMEES

1.1. INTRODUCTION

La contribution empirique qui est visée dans cette étude est de déterminer si l'évocation analogique se fonde sur des similitudes structurelles lorsque les situations traitées présentent une richesse perceptive proche de celle manifestée par les expériences de vie quotidienne. L'hypothèse selon laquelle l'analogie est omniprésente dans nos activités quotidiennes serait considérablement affaiblie si celle-ci n'intervenait pas dans des situations perceptivement riches. Néanmoins, si l'on considère que les concepts familiers sont en grande partie issus d'expériences quotidiennes répétées, il semble pertinent de penser que les expériences perceptivement riches constituent en fait un terrain de jeu privilégié pour les analogies spontanées.

La littérature qui a porté sur les analogies basées sur des animations visuelles apporte un éclairage important pour comprendre les caractéristiques des expériences quotidiennes qui sont susceptibles d'influencer l'évocation analogique (voir chapitre 2). Holyoak et ses collègues ont mis en évidence que l'utilisation d'animations visuelles dynamiques favorise le transfert spontané (Kubricht et al., 2017 ; Pedone et al., 2001). Dans leurs expériences, le format d'un analogue source au problème de radiation est manipulé et le transfert spontané face au fameux problème était observé. Il s'est avéré que les animations visuelles (ex : un analogue source simulant la solution de convergence accompagnée d'une description verbale auditive), à la différence des diagrammes statiques, étaient particulièrement efficaces pour stimuler le transfert spontané. Il est suggéré que le caractère dynamique d'une scène visuelle permette d'améliorer la compréhension de la structure relationnelle en ancrant la description verbale dans une expérience perceptive et en focalisant, à travers les mouvements décrits, sur les relations pertinentes de la situation. Comme noté par les auteurs, le faible niveau de détails superficiels des simulations épurées utilisées est probablement un paramètre critique favorisant la focalisation sur la structure abstraite. Ce point de vue est partagé par Goldstone et ses collègues, qui pointent les avantages et les inconvénients associés à la présentation d'un matériel concret (Fyfe et al., 2014). Un matériel concret approprié est construit de sorte que les informations

perceptives saillantes correspondent à des informations abstraites importantes (Goldstone & Son, 2005). Une animation concrète peut permettre de construire un modèle mental perceptif incarnant les relations abstraites d'un problème, et ainsi généralisable vers des analogues superficiellement différents (Day & Goldstone, 2011). Malgré un ensemble d'avantages, le matériel concret peut également présenter des obstacles au transfert puisqu'il décrit un niveau important de détails non pertinents, renvoyant à des éléments fortement associés à un contexte particulier. Goldstone et Son (2005) fournissent des données expérimentales illustrant que la présentation d'une simulation dans un format purement concret (niveau de détails plus élevé) n'est pas optimale en comparaison à une condition où une version concrète de la simulation est succédée d'une autre simulation moins dense en trait de surface, et donc moins directement associée à un contexte spécifique. À la lumière de la littérature existante, les situations perceptivement riches présentent donc des avantages et des inconvénients pour servir de support aux analogies.

Une autre étude qui semble pertinente pour envisager les particularités du format des expériences quotidiennes ayant potentiellement une influence sur l'évocation analogique est celle de Markman et al. (2007). Les auteurs suggèrent que les performances d'évocation analogique aient pu être sous-estimées du fait du format de présentation écrit des stimuli dans la plupart des études expérimentales documentant l'évocation analogique. Il est mis en évidence que la présentation de proverbes sur la modalité auditive mène à des taux d'évocation plus élevés que leur présentation au format écrit. Une interprétation proposée est que l'activité de lecture impose une charge cognitive plus importante que la compréhension du langage oral. Les interactions quotidiennes reposent fondamentalement sur des dialogues entre différents agents. Le traitement des expériences quotidiennes, reposant sur la réception d'informations visuelles et auditives, pourrait donc imposer une charge cognitive réduite relativement à la lecture de leur transcription écrite.

Les expériences qui ont été menées n'ont pas pour vocation de discerner les paramètres associés aux expériences quotidiennes perceptivement riches qui ont une influence positive ou négative sur l'évocation analogique. L'objectif est plutôt de tester si des situations partageant le format typique des expériences rencontrées au quotidien peuvent donner lieu à des évocations analogiques fondées sur les similitudes de structure.

L'étude s'inscrit dans la continuité de notre approche empirique plus générale. Celle-ci met en avant le fait que l'évaluation du rôle des similitudes de structure relativement à celui des similitudes de surface ne peut se faire qu'en isolant ces deux types de similitudes dans des stimuli distincts. Pour un ensemble de raisons qui ont été esquissées dans le chapitre précédent, la dominance de l'évocation des analogues superficiellement similaires sur celle des analogues superficiellement différents ne fournit pas une évaluation adéquate du rôle respectif des similitudes de surface et de structure. En effet, nous avons suggéré que le rôle dominant attribué aux similitudes de surface relativement aux similitudes de structure trouve son origine dans un manque de contrôle expérimental conduisant les stimuli expérimentaux superficiellement similaires à préserver systématiquement des similitudes de structure résiduelles. Lorsque ces similitudes de structure résiduelles sont neutralisées au sein des situations superficiellement similaires, les sources alternatives qui partageant exclusivement des similitudes structurelles sont majoritairement évoquées.

Dans la présente étude, un paradigme expérimental de rappel de situations filmées a été mis au point afin de tester l'hypothèse de la supériorité de la structure alors que des situations perceptivement riches sont présentées aux participants. Les similitudes de structure sont placées en compétition avec les similitudes de surface en introduisant ces dernières dans des vidéos sources différentes. Nous prédisons que les catégories abstraites construites au cours des expériences quotidiennes des participants leur permettent de mettre en œuvre un encodage abstrait à partir de situations perceptivement riches.

1.2. EXPERIENCE 1

L'Expérience 1 vise à déterminer si les similitudes de structure prédominent sur les similitudes de surface lorsque celles-ci sont introduites dans des situations filmées différentes. Les vidéos sources superficiellement ou structurellement similaires ont été présentées au sein d'un ensemble de vidéos distractives ne présentant pas de similitude particulière avec la vidéo cible.

1.1.1. Méthode

Participants

Cent vingt neuf participants (âge moyen = 21, 9 ; 59 femmes) ont été recrutés au sein de la bibliothèque universitaire de Paris 5.

Matériel

Chaque participant recevait l'un de deux ensembles de vidéos. Chaque vidéo durait approximativement 30 secondes. Les deux ensembles étaient constitués de six vidéos sources et d'une vidéo cible. Toutes les vidéos sources décrivaient des acteurs et des contextes différents qui sont typiquement rencontrés dans la vie quotidienne. Afin de tester la capacité à établir des évocations sur la base de similitudes de structure diverses, deux ensembles de vidéo ont été constitués dans lesquels la structure commune à la vidéo source analogue et à la vidéo cible était différente. Pour des raisons pragmatiques liées à l'organisation des tournages de vidéos, les acteurs et le contexte des deux versions des vidéos sources analogues et de la vidéo cible étaient les mêmes. La vidéo source superficiellement similaire était identique au sein des deux ensembles.

La vidéo cible du premier ensemble décrivait une jeune femme qui, lors d'une fête d'anniversaire entre amis, va se servir une part de gâteau, y découvre un cheveu, remarque qu'une autre jeune femme veut se servir une part de gâteau, lui offre la part avec le cheveu dessus sans lui indiquer sa présence, et se sert la dernière part de gâteau (sans cheveux) (voir Tableau 8). La vidéo source analogue présente un contexte largement différent, mais la même structure. Il s'agit d'un scénario où un étudiant s'installe en classe, réalise que la chaise sur laquelle il s'est assis est bancale, remarque qu'une autre personne arrive en classe et cherche une place, lui propose de s'installer sur sa chaise bancale sans lui indiquer ce défaut, et s'installe à la dernière chaise disponible (non bancale). Ces deux scénarios présentent la structure *user de politesse pour se débarrasser d'un objet non désirable et s'attribuer le dernier exemplaire désirable*. La vidéo cible du second ensemble met en scène une jeune femme qui, lors d'une fête d'anniversaire entre amis, va se servir la dernière part de gâteau, remarque qu'une autre jeune femme voulait se servir du gâteau et lui propose la part qu'elle vient de se servir. Les deux scénarios incarnent une même structure *céder le dernier élément d'une ressource que l'on convoitait à une personne qui la convoitait également*. La vidéo source superficiellement

similaire décrivait un jeune homme qui indique à sa compagne qu'ils sont en couple depuis deux ans et que cela valait le coup d'être fêté. La jeune fille acquiesce et le prie d'aller chercher le gâteau pour qu'ils soufflent des bougies. Ils allument les bougies et les soufflent ensemble. La vidéo présente donc un contexte d'anniversaire similaire à celui de la cible. Visuellement, un gâteau d'anniversaire et des bougies apparaissent dans les deux vidéos. En revanche la vidéo superficiellement similaire présente un scénario très différent de celui introduit dans la vidéo cible (anniversaire de couple/fête d'anniversaire entre amis). Ces deux vidéos manifestent ainsi des structures contrastées dès les premières secondes.

Procédure et design expérimental

Les participants ayant accepté de prendre part à l'étude étaient dirigés dans un box individuel où un ordinateur portable les attendait avec un casque audio. Toutes les consignes étaient introduites par la séquence vidéo. Il était simplement expliqué aux participants qu'ils devaient suivre les instructions à l'écran et répondre aux questions sur leur livret. Il était également précisé que les pages du livret ne devaient pas être tournées à l'avance, et qu'il était défendu de rebobiner les vidéos ou de faire pause pendant la totalité de la séquence vidéo. Bien que le volume sonore ait été ajusté avant chaque passation, les participants pouvaient le moduler à leur convenance.

La séquence vidéo durait un peu moins de 15 minutes au total. Une fois mise en route, elle conduisait les participants dans la réalisation de l'expérimentation. Ces derniers étaient amenés à regarder six vidéos sources, à effectuer une tâche distractive de 5 minutes (usages alternatifs d'objets), à regarder la vidéo cible, puis à répondre à la tâche d'évocation. Cette séquence vidéo présentait toutes les consignes sous format écrit.

Un livret papier était également distribué au début de la passation expérimentale afin de recueillir les réponses des participants. Après chaque vidéo, les participants disposaient d'une minute pour répondre à deux questions inspirées d'études antérieures de rappel d'histoire (Catrambone, 2002 ; Wharton et al., 1994), qui alternaient entre : « À quel point avez-vous trouvé l'histoire facile à comprendre ? », « À quel point avez-vous trouvé l'histoire réaliste ? », « À quel point avez-vous trouvé l'histoire intéressante ? », « À quel point avez-vous apprécié l'histoire ? ». Une fois la minute écoulée, la séquence vidéo passait à la vidéo source suivante.

Tableau 8 : Présentation des vidéos superficiellement similaires et structurellement similaires de l'un des deux ensembles

Exemples de vidéos sources

Analogie superficiellement différent

Le personnage 1 découvre que la chaise est bancale



Le personnage 1 encourage le personnage 2 à s'asseoir sur la chaise bancale



Le personnage 1 s'assoit sur la dernière chaise (non bancale)



Dialogues

Personnage 1 : « Salut, il y a une chaise là-bas si tu veux... » Personnage 2 : « Tu es sûr que ça ne te dérange pas ? » - Personnage 1 : « Absolument pas » - Personnage 2 : « Merci »

Disanalogie superficiellement similaire

Le personnage 1 va chercher un gâteau



Le personnage 2 allume les bougies



Les personnages soufflent les bougies



Dialogues :

Personnage 1 : « Bon, on va souffler nos bougies ? » - Personnage 2 : « ouais ! » - Ça fait quand même deux ans qu'on est ensemble, il faut fêter ça ! » - Personnage 2 : « Tu veux bien ramener le gâteau ? » - Personnage 1 : « J'y vais » - Personnage 1 et 2 : « un, deux, trois (soufflent les bougies) »

Exemple de vidéo cible

Le personnage 1 découvre un cheveu sur sa part de gâteau



Le personnage 1 propose sa part de gâteau au personnage 2



Le personnage 1 se sert la dernière part de gâteau (sans cheveux)



Dialogues :

Personnage 1 : « Je vais aller me servir une part de gâteau moi » - « Tu voulais une part ? » - Personnage 2 : « euh ouais » - Personnage 1 : « ben tiens prends celle-ci » - Personnage 2 : « ah c'est cool ! »

Les consignes d'évocation étaient ensuite présentées aux participants. Il était indiqué qu'ils allaient visionner une dernière vidéo et qu'ils devraient indiquer si celle-ci leur rappelait l'une des six vidéos vues précédemment. À la fin de la vidéo cible, les participants étaient invités à indiquer si la vidéo leur rappelait l'une des vidéos sources. La consigne de Gentner et al. (1993) de sélectionner la meilleure correspondance dans les cas où plusieurs situations seraient évoquées était également introduite. Les participants étaient invités à reporter tous les éléments dont ils se souvenaient à propos la vidéo rappelée. Globalement, les participants indiquaient que la réalisation de la tâche était stimulante et agréable.

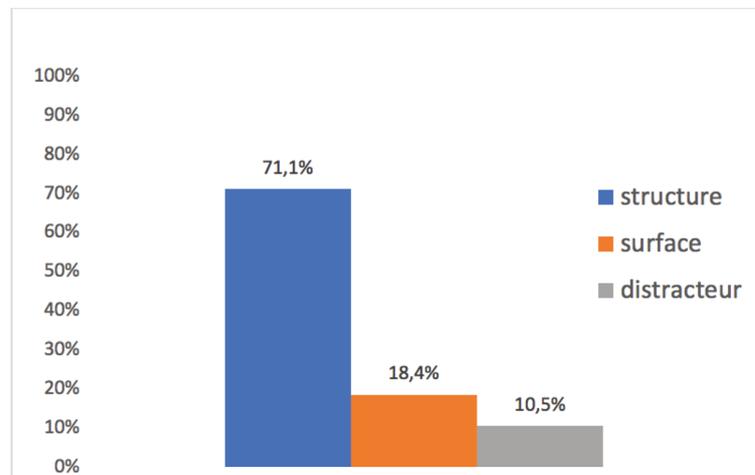
1.1.2. Résultats et discussion

La vidéo rappelée était identifiée sur la base de mots clefs concernant les éléments contextuels présents dans les vidéos (ex : *gâteau*, *anniversaire*, *amoureux* pour la source superficiellement similaire, et *salle de classe*, *chaise*, *étudiant*, pour la source analogue). Un score de 1 était attribué à la vidéo source reportée. Les descriptions ne mentionnant aucune vidéo ou ne permettant pas l'identification d'une vidéo précise étaient classées comme des absences d'évocation. Celles qui indiquaient l'évocation de plusieurs sources n'étaient pas traitées puisqu'elles ne permettent pas de déterminer le type de similitude qui domine l'évocation. 122 des 129 participants interrogés ont mentionné au moins une évocation. Parmi ceux-ci, cinq participants ont reporté deux sources (quatre ont reporté la vidéo analogue et la vidéo superficiellement similaire, un participant a reporté deux distracteurs).

Les analyses étaient donc focalisées sur les participants reportant une vidéo distractive, la vidéo analogue ou la vidéo superficiellement similaire. Les résultats ont mis en évidence que les participants évoquaient plus fréquemment la vidéo analogue (71, 1%) que la vidéo superficiellement similaire (18, 4%) ou la vidéo distractive (10, 5%) (voir Figure 5). Un test du Chi carré mené pour comparer la proportion de participants reportant l'évocation de l'analogie contre la proportion de participants évoquant la vidéo superficiellement similaire a mis en évidence une différence significative ($\chi^2(1, N=101) = 35,29, p < 0,001$).

Les résultats montrent que les participants sont capables de se focaliser sur la structure abstraite de situations perceptivement riches de manière à fonder majoritairement leurs évocations sur des similitudes de structure plutôt que de surface. Ils suggèrent que des analogies

Figure 5 : Proportion d'évocations en fonction du type de similitude entre vidéos dans l'Expérience 1



spontanées peuvent être mises en œuvre dans des contextes quotidiens présentant des données visuelles riches. L'hypothèse de la supériorité de la structure est confortée puisque les disanalogues superficiellement similaires ne s'imposent pas vis-à-vis des analogues superficiellement différents dès lors que leur structure apparaît comme étant largement différente de celle de la cible. Compte tenu de notre objectif général de déterminer le rôle des similitudes de structure dans les évocations analogiques mises en œuvre en contexte naturel, il paraît nécessaire de tester si celles-ci prévalent également dans des conditions où plusieurs souvenirs superficiellement similaires sont disponibles en mémoire (ex : plusieurs souvenirs d'anniversaire face à une situation cible d'anniversaire). C'est pour cette raison que nous testons l'hypothèse de la supériorité de la structure dans une expérimentation supplémentaire, où les participants recevaient plusieurs sources superficiellement similaires. Les vidéos en question sont structurellement distinctes de la cible de façon à placer les similitudes de surface en compétition avec les similitudes de structure en les introduisant au sein de stimuli expérimentaux différents.

1.3. EXPERIENCE 2

1.1.1. Méthode

Participants

Cent trente et un participants (âge moyen = 23 ; 7, 62 femmes) ont accepté de passer l'expérimentation à la bibliothèque universitaire de Paris 5.

Matériel

Les analogues superficiellement différents, les disanalogues superficiellement similaires et les cibles qui ont été utilisés dans cette expérimentation sont les mêmes que ceux qui ont été employés en Expérience 1. Les quatre distracteurs ont été remplacés par de nouvelles vidéos sources. Deux distracteurs ont été remplacés par deux disanalogues superficiellement similaires partageant ainsi des similitudes de surface avec la cible et le disanalogue superficiellement similaire initial. L'un des nouveaux disanalogues superficiellement similaires décrivait un jeune homme qui souhaite son anniversaire à un ami à la mauvaise date alors qu'il lui avait même préparé un gâteau pour l'occasion. L'autre était à propos d'un jeune homme qui, en rentrant chez lui avec une copine, se plaignait qu'aucun de ses amis ne lui ait souhaité son anniversaire, mais qui découvre que ces derniers lui ont en fait préparé un anniversaire surprise et l'attendent chez lui avec un gâteau. Ainsi, ces deux disanalogues superficiellement similaires présentent le même contexte et le même trait de surface saillant du gâteau d'anniversaire que la cible. Les deux autres distracteurs ont été remplacés par des situations partageant le contexte de la source analogue superficiellement différente. L'une d'entre elle décrivait une jeune étudiante qui se dirige à vive allure vers la salle où elle a cours, mais réalise en y parvenant que la salle est vide et que le cours est en fait annulé. L'autre met en scène deux étudiantes qui, en sortant de cours, sont démotivées à l'idée de devoir aller réviser à la bibliothèque, et finissent par décider de sortir se promener. Chaque participant visionne donc trois disanalogues superficiellement similaires et trois vidéos superficiellement différentes (un analogue, deux distracteurs) avant de voir la vidéo cible. La tâche distractive de 5 minutes s'interposant entre la phase d'encodage et la phase d'évocation est la même que celle utilisée lors de l'Expérience 1.

Procédure et design expérimental

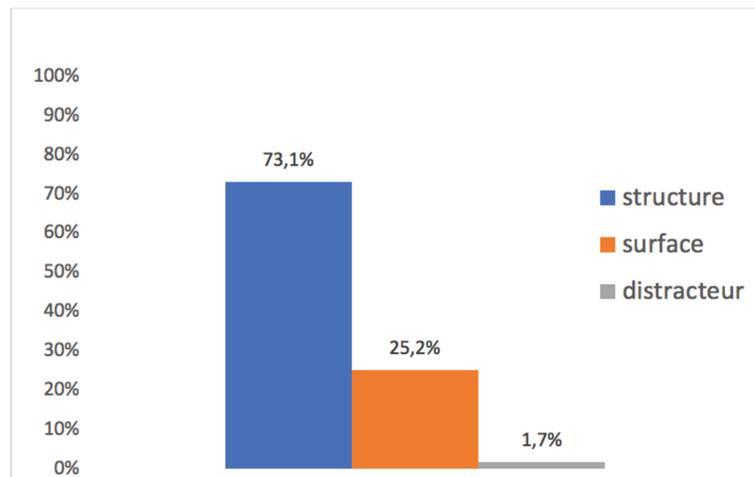
La procédure et le design expérimental sont répliqués de l'Expérience 1.

1.1.2. Résultats et discussion

Selon le même schème de codage utilisé en Expérience 1, huit des 127 participants ayant évoqué au moins une source ont été exclus pour en avoir reporté plusieurs (quatre ont évoqué la source superficiellement similaire et la source analogue, un participant a évoqué une source superficiellement similaire et un distracteur). Nos analyses se focalisent donc sur les participants ayant reporté un analogue superficiellement différent, un disanalogue superficiellement similaire ou un distracteur. Il est apparu que les analogues superficiellement différents étaient majoritairement évoqués (73, 1%), alors que les disanalogues superficiellement similaires (25, 2 %) et les distracteurs (1, 7%) étaient rarement évoqués (voir Figure 6). Un test du Chi carré comparant le nombre de participants reportant l'analogue superficiellement différent et le nombre de participants reportant le disanalogue superficiellement similaire a mis en évidence une différence significative ($\chi^2(1, N=116) = 27,8, p < 0,001$).

Les données de cette expérience répliquent le pattern observé dans l'Expérience 1 et démontrent ainsi que la supériorité de la structure demeure valide dans des conditions où plusieurs situations superficiellement similaires sont disponibles en mémoire. Étant donné que les vidéos superficiellement similaires présentent toutes, dans une certaine mesure, des éléments visuels différents, leur faible taux d'évocation au profit de celle de l'analogue superficiellement différent illustre que les similitudes de structure prédominent sur différentes variations de la similitude de surface. Que le contexte d'anniversaire se traduise dans une situation d'anniversaire de couple, d'anniversaire surprise, ou de cas où un anniversaire est souhaité le mauvais jour, celui-ci n'est pas utilisé comme indice d'évocation dominant lorsqu'une similitude plus profonde incite à évoquer un souvenir provenant d'un contexte différent. Le très faible taux d'évocation de distracteurs impliquant le même contexte universitaire que l'analogue source confirme également le fait que les taux élevés d'évocations de ce dernier ne peuvent être dus à des similitudes contextuelles.

Figure 6 : Proportion d'évocations en fonction du type de similitude entre vidéos dans l'Expérience 2



L'expérience 3 vise à répliquer les résultats de l'Expérience 1 dans une condition où un nombre plus important de sources sont en compétition pour l'évocation. Dans cette expérimentation, trois vidéos distractives ont été introduites dans l'ensemble de source candidates afin d'amoindrir la possibilité que la dominance de la structure observée dans nos expériences soit due à une réactivation-mise en correspondance de chaque source avec la cible. L'expérimentation qui suit vise ainsi à confirmer que le processus de récupération en mémoire est responsable de la prévalence des analogues superficiellement différents dans les réponses des participants.

1.4. EXPERIENCE 3

1.1.1. Méthode

Participants

Cent vingt participants (âge moyen = 21 ; 6, 63 femmes) ont accepté de passer l'expérimentation à la bibliothèque universitaire de Paris 5.

Matériel

Le matériel expérimental est le même que celui qui a été utilisé en Expérience 1, mis à part le fait que trois nouveaux distracteurs impliquant un contexte et une structure différentes des vidéos initiales ont été joints aux sources en compétition pour l'évocation.

Procédure et design expérimental

La procédure et le design expérimental sont ceux qui ont été employés dans l'Expérience 1 et 2.

1.1.2. Résultats et discussion

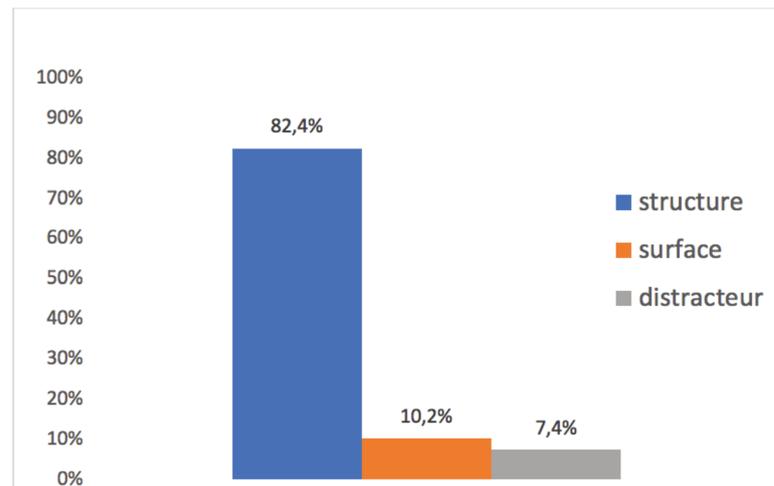
Parmi les 118 participants qui ont reporté l'évocation d'au moins une vidéo source, 10 ont été exclus des analyses postérieures pour avoir mentionné deux sources (sept participants ont évoqué le disanalogue superficiellement similaire et l'analogue superficiellement différent, deux ont évoqué le disanalogue superficiellement similaire et un distracteur, un participant a évoqué deux distracteurs).

Les analyses se sont centrées sur les participants évoquant le disanalogue superficiellement similaire, l'analogue superficiellement différent ou un distracteur. Une prévalence importante des analogues superficiellement différents sur les autres types d'évocation a été observée. 82, 4% des participants évoquaient un analogue superficiellement différent contre seulement 10, 2% qui évoquaient un disanalogue superficiellement similaire et 7, 4% qui reportaient un distracteur (voir Figure 7). Le test du Chi carré appliqué à la comparaison entre le nombre de participants évoquant l'analogue superficiellement différent ou le disanalogue superficiellement similaire a révélé une différence significative ($\chi^2(1, N=99) = 60, 8, p < 0, 001$).

Les résultats de l'Expérience 3 montrent que les similitudes de structure demeurent prédominantes relativement aux similitudes de surface dans des conditions où de nombreuses situations sources sont en compétition pour l'évocation. Ils affaiblissent la probabilité qu'une stratégie de réactivation-mise en correspondance de chaque source avec la cible soit à l'origine des taux élevés d'évocation d'analogues superficiellement similaires. La démonstration de la dominance des similitudes de structure dans des conditions où les situations en compétition à l'évocation sont multiples et perceptivement riches confirme expérimentalement la possibilité

que les évocations d'analogues superficiellement différents soient fréquentes dans la vie quotidienne.

Figure 7 : Proportion d'évocations en fonction du type de similitude entre vidéos dans l'Expérience 3



1.5. DISCUSSION DE L'ETUDE

La présente étude visait à évaluer empiriquement la possibilité de fonder l'évocation analogique sur la structure plutôt que sur les propriétés superficielles des situations perceptivement riches assimilables à celles que l'on rencontre dans notre quotidien. Pour ce faire, nous avons cherché à créer des stimuli expérimentaux préservant au mieux la richesse perceptive des expériences quotidiennes. Des scènes filmées dans une variété de contextes rencontrés par tout un chacun ont ainsi été utilisées dans les expériences. Un ensemble de vidéos sources a été présenté aux participants avant l'introduction de la cible évocatrice. Dans l'optique de tester l'hypothèse de la supériorité structurelle, certaines vidéos sources étaient exclusivement structurellement similaires à la cible, alors que d'autres partageaient uniquement des traits de surface avec celle-ci, impliquant un scénario bien distinct de celui de la cible. Dans l'Expérience 1, six vidéos sources ont été présentées aux participants, dont l'attention était ensuite déplacée sur une tâche distractive avant de traiter la cible. Les participants évoquaient majoritairement les analogues superficiellement différents au détriment des disanalogues superficiellement similaires qui n'étaient que rarement évoqués. L'expérience 2 visait à évaluer la supériorité de la structure dans des conditions fréquentes en dehors du contexte expérimental où plusieurs situations superficiellement similaires sont stockées en mémoire au moment où

une cible est rencontrée. L'analogie source a été mise en compétition à l'évocation avec trois disanalogues superficiellement similaires. Dans ces conditions, les similitudes de structure demeurent l'indice privilégié d'évocation des participants. Cela suggère que les analogues superficiellement différents dominent les évocations tant que les sources compétitrices superficiellement similaires ne préservent pas la structure de la cible. L'Expérience 3 avait pour objectif de rejeter la possibilité que les analogues superficiellement différents soient reportés par les participants suite à une stratégie de réactivation-mise en correspondance de chaque source tour à tour avec la cible de façon à conserver la meilleure correspondance. Les participants traitant neuf sources candidates à l'évocation avant de considérer la cible évoquaient toujours préférentiellement l'analogie superficiellement différente, suggérant que le processus d'accès en MLT est orienté sur les similitudes de structure. Dans l'ensemble, ces résultats répliquent ceux qui ont été obtenus dans l'étude présentée au chapitre 5. Ils suggèrent que la dominance des similitudes de surface qui a été documentée dans la littérature trouve son origine dans un manque de contrôle expérimental, suite auquel des similitudes de structure résiduelles ont favorisé l'évocation des sources superficiellement similaires au détriment des analogues superficiellement différents. Ils prolongent également les résultats obtenus dans notre précédente étude en dévoilant que des situations perceptivement riches sont tout autant susceptibles de servir de base à l'évocation analogique que des textes écrits.

Nos résultats sont compatibles avec les études antérieures qui ont mis en évidence que les animations dynamiques mettant en lumière les relations pertinentes d'un problème sont particulièrement adaptées pour donner lieu à une représentation généralisable vers des problèmes superficiellement différents (Kubricht et al., 2017 ; Pedone et al., 2001). Ils offrent une nouvelle confirmation expérimentale à l'idée selon laquelle le matériel concret est apte à supporter l'extraction d'informations abstraites (Day & Goldstone, 2011). Néanmoins, il a été argumenté que le matériel concret présente de nombreux aspects ayant une influence négative sur le transfert spontané, fournissant typiquement beaucoup de détails non pertinents et fortement associés à un contexte spécifique (Fyfe et al., 2014 ; Goldstone & Son, 2005). Or, les évocations structurelles mises en œuvre par les participants de notre étude ne semblent pas refléter de difficultés liées à la présence de nombreuses données perceptives. Une explication probable à ce constat est que les schémas abstraits développés par les participants au cours de leurs expériences leur permettent de se focaliser sur les informations pertinentes à la compréhension de la structure des situations. La présence de nombreux détails visuels semble

donc avoir un impact négatif sur l'encodage de concept auxquels les participants n'ont jamais été confrontés auparavant (ex : *spécialisation par compétition*, Goldstone & Son, 2005), alors qu'ils semblent relativement aisément négligés, ou utilisés de façon optimale pour inférer la structure, dans les expériences quotidiennes.

Il a été proposé que les échecs d'évocation analogique documentés dans la littérature trouvent leur origine dans un mécanisme d'encodage principalement axé sur la surface des situations. Gentner et al. (2003) résumant la situation comme suit : « Pour faire court, notre capacité à bénéficier de nos expériences antérieures est hautement limitée. Une explication à la faible proportion d'évocations appropriées est que les événements sont souvent encodés de façon situation-spécifique, en se focalisant principalement sur leurs traits de surface. » (p. 393). Les données issues de la présente étude s'opposent fermement à cette conclusion. Les situations filmées présentées aux participants contenaient une très grande quantité de traits de surface. Or, l'encodage des participants semblait suffisamment abstrait pour mener majoritairement à l'évocation de situations intervenant dans un contexte différent. En outre, une vision qui stipule que l'encodage est orienté sur les propriétés de surface, et qui ne précise pas de principe guidant l'attention sur certains objets plus que d'autres, ne semble pas tenable dès lors que l'on considère le traitement de situations perceptivement riches. Le nombre d'objets qui ornent les situations que nous rencontrons au quotidien rend impossible un encodage guidé par le seul principe du traitement des éléments de surface. Cet aspect soulève la question adressée par Chalmers et al. (1992) à propos des processus impliqués dans la *perception de haut niveau*. Il s'agit d'essayer de comprendre comment des données sensorielles réceptionnées par nos organes perceptifs sont transformées en représentations structurées. Deux problèmes sont mis en avant : celui de filtrer, à partir de l'ensemble des données perceptives disponibles, celles qui doivent figurer au sein de la représentation, et celui d'organiser ces informations filtrées de façon à constituer une représentation structurée. La perception de haut niveau (par opposition à la perception de bas niveau) serait impliquée dans la construction de représentations de niveau de complexité variable, allant de la reconnaissance d'objet, à la perception de relations plus ou moins abstraites, jusqu'à la construction de représentations d'événements. Si les processus impliqués dans la construction d'une représentation à partir de données perceptives restent encore largement à explorer, notre étude apporte une démonstration expérimentale à l'intervention de la perception de haut niveau dans le filtrage et l'organisation de données perceptives en une représentation abstraite généralisable à travers les contextes.

La première étude expérimentale qui a été présentée avait pour objectif d'évaluer l'hypothèse de la supériorité de la structure en n'apportant qu'une modification fine au design classique de rappel d'histoire : celle de séparer les similitudes de surface et de structure dans des stimuli expérimentaux distincts. L'étude qui a été reportée dans le présent chapitre a cherché à reproduire le design utilisé en modifiant le format perceptif des stimuli expérimentaux. Ces études montrent que la suppression des similitudes de structure résiduelles au sein des sources superficiellement similaires fait apparaître la capacité à évoquer des analogues superficiellement différents. La dominance de la structure dans ce type de paradigmes expérimentaux suggère que les connaissances antérieures permettent de mettre en œuvre un encodage profond, même dans des conditions qui lui sont peu favorables. L'étude expérimentale sur laquelle nous nous focaliserons dans le chapitre suivant a été construite en tenant compte des critiques récentes qui ont été formulées à l'égard du paradigme expérimental classique d'étude de l'évocation analogique. Dans cette étude, l'évocation de sources issues des expériences personnelles des participants sera étudiée.

CHAPITRE 7 : SUPERIORITE STRUCTURELLE AU SEIN D'UN PARADIGME D'EVOCATION LIBRE

1.1.INTRODUCTION

Le paradigme expérimental classique consiste à tester l'évocation analogique à partir de stimuli distribués aux participants dans le cadre d'une expérimentation. La validité écologique des conditions d'encodage qu'il restitue a été questionnée par différents auteurs (Dunbar, 2001 ; Goldstone & Day, 2012 ; Hammond et al., 1991, Sander, 2000). Il a été proposé que les conditions d'encodage en dehors du cadre expérimental permettent de mettre en œuvre un encodage plus profond des situations. Cette hypothèse a été corroborée par un ensemble d'études qui ont consisté à observer les analogies qui sont produites en milieu naturel par des professionnels de différents domaines tels que des biologistes (Dunbar, 1996), des économistes (Kretz & Krawczyk, 2014), des enseignants (Richland et al., 2004), des professionnels en management (Bearman et al., 2007) ou encore par des ingénieurs en design (Christensen & Schunn, 2007). Ces différentes études ont mis en évidence que les analogies produites en milieu naturel semblent plus profondes que celles qui ont été documentées dans le contexte expérimental. Que les domaines impliqués dans la source et la cible soient sémantiquement proches ou non, les sujets semblent user d'analogies spontanées pour mettre en avant des similitudes relationnelles profondes entre le nouveau et le familier (Dunbar, 1996 ; 2001).

Dans l'optique de restituer des conditions d'encodage plus valides au sein d'un contexte expérimental contrôlé, Blanchette et Dunbar (2000) ont construit un paradigme de production au sein duquel les participants pouvaient produire leurs propres analogies. Dans ce contexte, les analogies produites présentaient le plus souvent un faible degré de similitude de surface. Ce paradigme semble donc permettre aux participants d'exprimer leur capacité à évoquer des situations sur la base de similitudes purement structurelles. Chen et al. (2004) fournissent des données qui vont dans le même sens. Les participants semblent capables d'évoquer des contes populaires associés à des stratégies de résolution de problème pour résoudre des problèmes présentant un faible degré de similitude de surface qui sont rencontrés des années plus tard.

Néanmoins, d'autres études documentant l'évocation de sources personnelles ont dévoilé des échecs à se fier uniquement aux similitudes de structure. Gentner et al. (2009)

montrent que des conseillers en management échouent à récupérer des souvenirs analogues provenant de leurs propres expériences face à une cible incarnant un nouveau principe de négociation. Trench et Minervino (2015) ont proposé que le paradigme de production utilisé par Blanchette et Dunbar (2000) mène à surestimer les évocations structurelles des participants. Les sources produites par les participants pourraient constituer des inventions plutôt que des évocations de vrais souvenirs, et les analogues superficiellement différents stockés en mémoire pourraient être plus nombreux que les analogues superficiellement différents. Se focalisant sur l'évocation d'un analogue superficiellement différent et d'un analogue superficiellement similaire dont la disponibilité en mémoire est contrôlée, les auteurs montrent que les analogues évoqués par les participants présentent le plus souvent des similitudes de surface. La dominance de la surface dans l'évocation analogique serait donc valable en contexte naturel où les participants reposent sur leurs propres sources.

Les résultats obtenus par Gentner et al. (2009) et Trench et Minervino (2015) sont en fait en accord avec une approche considérant que les évocations analogiques profondes dépendent de l'utilisation de schémas familiers encodés au cours des expériences quotidiennes. L'étude de Gentner et al. (2009) est très informative sur le plan des dispositifs pédagogiques qui peuvent favoriser l'apprentissage de nouvelles notions. Il semble difficile de fonder l'évocation sur des similitudes purement structurelles lorsque celles-ci concernent un concept qui est en cours d'apprentissage. Le fait que les participants qui sont amenés à comparer des analogues y parviennent mieux montre que cette activité a une fonction éducative prometteuse. Il semble néanmoins que le design expérimental ne soit pas adapté pour documenter les processus d'évocation analogique tels qu'ils sont mis en œuvre la plupart du temps, dans les activités quotidiennes qui impliquent des situations dont la structure a été rencontrée une multitude de fois auparavant.

Trench et Minervino (2015) montrent que les films populaires, tels que Jurassic Park, sont rarement évoqués face à une cible analogue superficiellement similaire, telle que le scénario de la tempête martienne où un scientifique a l'intention de convier ses collègues à venir étudier les tempêtes martiennes qu'il a réussi à reproduire dans une zone expérimentale. Les cibles superficiellement similaires, telles que le scénario de reproduction de mammoths, décrivant un businessman qui a l'intention d'ouvrir un Park touristique afin d'exhiber les mammoths qu'il a réussi à reproduire à partir d'embryons congelés, sont plus efficaces pour

mener à l'évocation du film. Pour comprendre ces résultats, il est nécessaire d'appréhender le schéma familier à travers lequel le film Jurassic Park est le plus probablement encodé. La représentation collective des dinosaures, véhiculée par les musées, les livres, les jouets pour enfants ou encore les films, les présente comme des espèces disparues, fascinantes, parfois agressives et qui seraient dangereuses pour l'Homme. Il est donc probable que le film Jurassic Park ait été encodé à travers un schéma de *reproduction d'une espèce disparue présentant un danger pour l'Homme*. Ce schéma serait suffisamment abstrait pour inclure non seulement des analogues superficiellement relativement similaires tel que l'épisode de la reproduction des mammoths, mais également des analogues superficiellement différents (ex : reproduction de plantes dangereuses, de légendes anciennes, etc). Mais le scénario de la tempête martienne demeure en dehors de ce schéma puisqu'il ne partage avec Jurassic Park qu'un concept très général de *reproduction de phénomène dangereux*. En d'autres termes, le matériel expérimental utilisé peut avoir mené à sous-estimer les capacités d'évocation analogique en ne testant que l'évocation d'analogues superficiellement différents partageant des similitudes très abstraites avec la cible. Dans l'expérimentation qui suivra, nous avons présenté des situations incarnant des schémas familiaux tels que *procrastination* et ou *donner une excuse*, afin de tester la capacité des participants à évoquer des analogues superficiellement différents s'inscrivant dans ce même schéma.

Récemment, Jamrozik et Gentner (2020) ont fourni des données expérimentales illustrant que l'introduction d'un label relationnel décrivant la structure des stimuli permettait aux participants de structurer l'encodage à travers les schémas invoqués de manière à favoriser l'évocation d'analogues superficiellement différents. L'utilisation spontanée de tels labels serait l'apanage de l'expert, alors que le novice souffrirait de la variabilité de l'encodage, qui décrit l'utilisation de concepts spécifiques aux différents contextes. Notre position est que le novice est un expert des situations quotidiennes et que l'utilisation de schémas familiaux constitue la norme dans les situations qui sont rencontrées au quotidien.

Un autre élément méthodologique de l'étude de Trench et Minervino (2015) qui est susceptible de constituer un obstacle à l'appréciation des capacités d'évocation analogique est que l'évocation d'un seul analogue source, prédéterminé par l'expérimentateur, est considérée. Dans l'Expérience 2 par exemple, la cible présente une personne qui, adorant le fruit de la passion, décide de l'introduire sous toutes ses formes dans diverses préparations culinaires et

risque ainsi de s'en dégouter. L'évocation d'un seul analogue superficiellement différent spécifique (ex : le souvenir de jouer intensivement à un jeu vidéo jusqu'à s'en lasser) et d'un seul analogue superficiellement similaire spécifique (ex : le souvenir d'avoir consommé un aliment au point d'en être dégouté) est considérée. Cet aspect de la méthodologie peut sembler pertinent pour supprimer la possibilité que la supériorité de la structure soit due au fait qu'un nombre plus important d'analogues superficiellement différents que d'analogues superficiellement similaires soient stockés en mémoire. Cependant, le fait que l'analogue superficiellement différent dont l'évocation est considérée soit déterminé par les expérimentateurs semble limiter les avantages que constituait le paradigme de production de Blanchette et Dunbar (2000), vis-à-vis des paradigmes classiques. D'une part, une caractéristique primordiale de la production d'analogies est justement que le participant peut sélectionner, parmi de nombreuses sources potentielles en mémoire, celle qui lui semble la plus pertinente (Sander & Richard, 1998). D'autre part, le nombre de points de vue qui peuvent avoir été pris lors de l'encodage d'une même situation, qui constitue l'une des conséquences de la flexibilité de l'encodage, fait qu'il est difficile de supposer a priori qu'une situation ait été encodée d'une certaine manière (Chalmers et al., 1992). Enfin, les autres analogues superficiellement différents qui auraient été évoqués ne sont pas considérés, et entrent même en compétition avec l'analogue superficiellement différent considéré. Ces observations nous ont mené à construire un paradigme expérimental dans lequel toutes les sources évoquées par les participants sont considérées.

Un autre élément distinctif de notre expérimentation vis-à-vis de celle de Trench et Minervino (2015) est la conséquence d'un objectif poursuivi qui est différent. Alors que les auteurs en question ont cherché à informer le rôle des similitudes de surface dans l'évocation d'analogues, notre objectif principal est d'identifier si les similitudes de structure prédominent sur les similitudes de surface dans l'évocation. Les évocations d'analogues superficiellement différents seront donc comparées à celles de disanalogues superficiellement similaires. Nous ne faisons pas d'hypothèses concernant la prévalence des analogues superficiellement différents ou des analogues superficiellement similaires dans l'évocation. Il est possible que les analogues superficiellement similaires prédominent dans la mesure où ils contractent le plus de traits communs avec la cible, ce qui rend leur évocation pertinente. D'un autre côté, il est envisageable que la familiarité avec les schémas abstraits incarnés par les situations permette

une focalisation telle sur la structure des situations qu'elle soit utilisée seule en tant qu'indice d'évocation.

1.2. METHODE

1.1.1. Participants

Quatre-vingt-dix-sept étudiants (âge moyen = 24 ; 3 ans, 78 femmes) ont participé à l'étude dans le cadre d'un cours à l'Université CY Paris-Cergy.

1.1.2. Matériel

Le matériel expérimental était constitué d'un livret présentant sur sa première page les consignes ainsi qu'une situation cible au format écrit. La moitié des participants recevait l'une des deux cibles qui ont été construites, la seconde moitié recevait l'autre cible. Ces dernières présentaient une situation incarnant soit le concept familier de *procrastination*, soit celui de *donner une excuse* (voir Tableau 9). Il doit être noté que le label de la catégorie n'était pas présenté aux participants. Huit emplacements étaient réservés aux descriptions de souvenirs des participants (page 1 et 2 du livret).

Tableau 9 : Les deux situations cibles

Procrastination

Je devais aller au magasin de bricolage pour acheter une ampoule, mais je me disais tous les jours que j'irais plutôt le lendemain, et ce n'est qu'au bout de deux semaines que j'y suis enfin allé.

Donner une excuse

J'ai eu l'idée de répondre que j'avais oublié mes lunettes lorsque le photographe m'a proposé d'aller voir son exposition. En réalité j'avais mes lunettes sur moi mais je n'avais aucune envie d'y aller.

1.1.3. Procédure et design expérimental

Contrairement aux paradigmes de production employés par Blanchette et Dunbar (2000) et Trench et Minervino (2015), nous n'avons pas explicitement demandé aux participants de produire des analogies. La première raison à ce choix est que la consigne de produire des analogies est adéquate pour évaluer le rôle des similitudes de surface dans l'évocation d'analogues, mais pas pour positionner l'influence des similitudes de surface relativement à celle des similitudes de structure dans l'évocation en général. En effet, la consigne de produire des analogies invite les participants à évoquer des situations structurellement similaires. Le second motif est que la consigne explicite de produire des analogues peut inciter les participants à inventer des situations dont la structure serait conforme à celle de la situation cible, plutôt que d'évoquer de vrais souvenirs d'expériences personnelles. Ainsi, notre tâche était présentée comme une activité de rappel de souvenirs. Les consignes invitaient les participants à reporter un maximum de souvenirs que la situation cible leur rappelait et de reporter tous les souvenirs qui leur venaient à l'esprit. Aucun but de produire des analogies n'était donc susceptible de prendre le pas sur la consigne explicite de reporter de vrais souvenirs et non des souvenirs inventés durant la tâche.

1.3. RESULTATS ET DISCUSSION

Les réponses étaient codées selon la présence ou l'absence de similitudes de surface et de structure entre un souvenir reporté et la situation cible (voir Tableau 10). Le souvenir pouvait donc être classé comme un analogue superficiellement similaire, un analogue superficiellement différent, un disanalogue superficiellement similaire ou un disanalogue superficiellement différent (ni similitude de surface, ni similitude de structure). Il était considéré qu'un souvenir préservait la structure de la cible incarnant le concept de procrastination s'il contenait les trois éléments suivants : (i) une activité qui devrait être faite maintenant (ii) est intentionnellement (iii) remise à plus tard. Pour être considéré comme structurellement similaire à la cible incarnant la catégorie *donner une excuse*, un souvenir devait contenir les trois éléments suivants : (i) prétendre (ii) un empêchement (iii) afin d'éviter une situation donnée. Les souvenirs reportés qui préservaient seulement un ou deux élément(s) de la structure étaient codés comme disanalogues. Bien qu'il soit probable qu'un certain recouvrement structurel ait été impliqué dans leur évocation, cela a été fait de façon à permettre une comparaison directe entre les souvenirs respectant entièrement la structure de la cible et ceux ne préservant pas toute l'essence

du concept impliqué. Un souvenir était considéré comme superficiellement similaire dès lors qu'il présentait un objet sémantiquement proche d'un des éléments de la cible. Dans le cas de la cible *procrastination*, chaque souvenir faisant mention d'un magasin, de bricolage ou de lumière était codé superficiellement similaire. Les évocations étaient considérées superficiellement similaires face à la cible *donner une excuse* lorsqu'elles faisaient référence à une activité culturelle, à un élément relatif à la photographie ou à des lunettes. Un double codage des réponses a été réalisé par deux des trois auteurs à l'origine de l'étude.

Tableau 10 : Un exemple de chaque type de souvenirs reporté par les participants

Analogie superficiellement différent

« Ça me rappelle une situation dans laquelle j'étais il y a quelques mois, quand je devais m'inscrire à l'Université et demander une bourse. J'ai tellement eu la flemme que j'ai remis ça à plus tard plein de fois et j'ai fini par le faire en octobre. »

Analogie superficiellement similaire

« Je devais aller au magasin de bricolage pour acheter un cadeau pour une amie, mais je me suis d'abord dit que je pourrais y aller plus tard, à la fin du mois, et finalement j'ai pris six mois pour y aller. »

Disanalogie superficiellement similaire

« Je suis allé au magasin de bricolage il y a quelques mois avec mon père pour passer un peu de temps avec lui, mais je l'ai finalement laissé quand ma copine m'a téléphoné. »

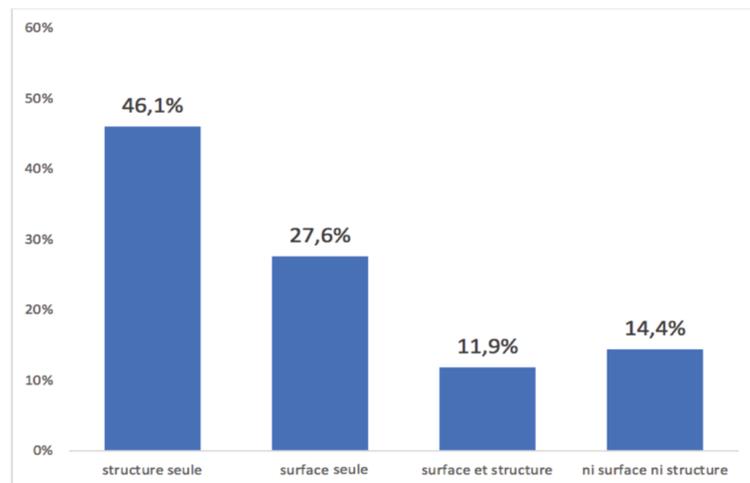
Disanalogie superficiellement différent

« Ma mère voulait que je range ma chambre, mais je n'en avais pas envie, alors elle a jeté mes affaires à la poubelle »

Quatre participants qui ont rendu des protocoles sans aucune inscription ont été exclus des analyses postérieures. Un total de 312 souvenirs a été reporté par l'ensemble des participants. Chaque participant reportait en moyenne 3, 4 souvenirs. Les deux juges indépendants sont tombés d'accord sur la classification de 89, 4% des 312 souvenirs dans les

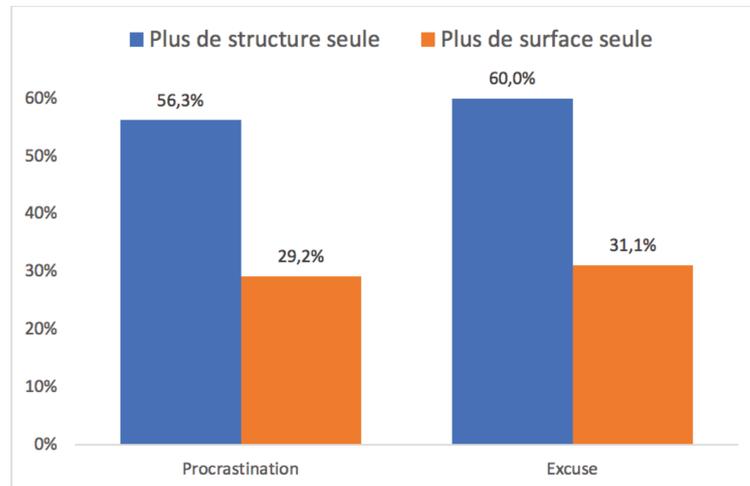
quatre catégories mentionnées plus haut. Les désaccords ont été résolus par discussion. Parmi l'ensemble des souvenirs récoltés, 46,1% étaient des analogues superficiellement différents, 27,6% étaient des disanalogues superficiellement similaires, 11,9% étaient des analogues superficiellement similaires et 14,4% étaient des disanalogues superficiellement différents (voir Figure 8).

Figure 8 : Proportion de chaque type de souvenirs au sein de l'ensemble des évocations recueillies



Les analyses qui suivent ont visé à assurer que la prépondérance d'analogues superficiellement différents relativement aux disanalogues superficiellement similaires, qui apparaît dans le nombre total d'évocations reportées par l'ensemble des participants, n'était pas due à la tendance des participants reportant des analogues superficiellement différents à proposer plus de souvenirs que les autres participants. Nous avons donc comparé le nombre de participants reportant plus d'analogues superficiellement différents que de disanalogues superficiellement similaires au nombre de participants reportant plus de disanalogues superficiellement similaires que d'analogues superficiellement différents. Il s'est avéré que la plupart des participants reportaient plus d'analogues superficiellement différents que de disanalogues superficiellement similaires (58,1%, voir Figure 9). Une minorité des participants reportaient plus de disanalogues superficiellement similaires que d'analogues superficiellement différents (31,1%). Un Chi carré a mis en évidence une différence significative entre ces deux proportions de participants ($\chi^2(1, N=81) = 8,26, p < 0,05$).

Figure 9 : Proportion de participants évoquant plus d’analogues superficiellement différents (structure seule) que de disanalogues superficiellement similaires (surface seule) et inversement

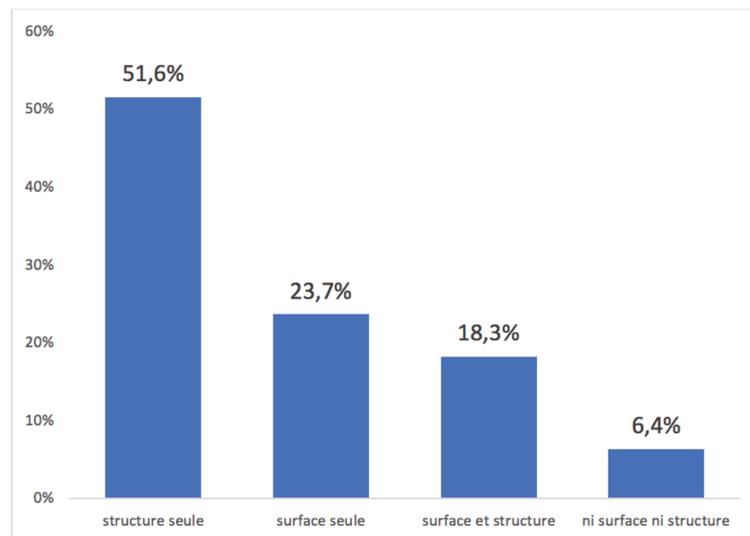


Ces résultats confortent l’hypothèse de la supériorité de la structure en ce que les participants évoquaient généralement une proportion plus grande d’analogues superficiellement différents que de disanalogues superficiellement similaires et non l’inverse. Ils suggèrent donc que les similitudes de structure prédominent sur les similitudes de surface dans l’accès en mémoire. Nous avons également cherché à sonder le nombre de participants qui, à en juger par leurs évocations, avaient mis en œuvre un encodage abstrait de la cible présentée. L’indice que nous avons utilisé est le fait d’avoir évoqué au moins un analogue superficiellement différent. Les analyses ont mis en évidence que 74, 2% des participants ont évoqué au moins un analogue superficiellement différent. Cela suggère que la grande majorité des participants ont spontanément encodé la cible à travers un schéma abstrait.

Nous nous sommes ensuite intéressés à la première évocation reportée par les participants. L’objectif de cette analyse était de mettre en évidence si les participants avaient encodé la structure de la cible dès le premier encodage, ou si la focalisation sur la structure était un processus plus progressif, se manifestant d’abord par des évocations préservant des traits de surface, puis par des évocations purement structurelles dans un second temps. Parmi les premières évocations reportées par les participants, 51, 6% étaient des analogues superficiellement différents, 23, 7% étaient des disanalogues superficiellement similaires, 18, 3% étaient des analogues superficiellement similaires et 6, 4% étaient des disanalogues

superficiellement différents (voir Figure 10). Un Chi carré comparant le nombre de premières évocations d'un analogue superficiellement différent au nombre de premières évocations d'un disanalogue superficiellement similaire a mis en évidence une différence significative ($\chi^2(1, N=69) = 9,66, p < 0,01$). Ces données suggèrent un encodage direct de la structure de la cible.

Figure 10 : Proportion de chaque type de souvenirs pour la première évocation reportée



1.4. DISCUSSION DE L'ETUDE

En cohérence avec les questionnements qui ont été levés au sujet de la validité des conditions d'encodage au sein des paradigmes classiques, notre étude avait pour objectif de tester l'hypothèse de la supériorité structurelle dans l'évocation de souvenirs issus des expériences personnelles des participants. Nous avons élaboré un paradigme expérimental d'évocation libre qui, à la différence des paradigmes de production où il est explicitement demandé aux participants de produire des analogies, invitait ces derniers à reporter tous les souvenirs qui leur venaient à l'esprit face à une situation donnée. Ce design expérimental nous a permis de comparer la fréquence d'évocation d'analogues superficiellement différents avec celle de disanalogues superficiellement similaires. En effet, il s'agit du moyen qui semble le plus fiable pour évaluer le rôle respectif des similitudes de surface et de structure. Un paramètre important du paradigme d'évocation libre est que les participants pouvaient utiliser toutes les sources qui étaient pertinentes à leurs yeux. Cela permettait de ne pas restreindre les possibilités d'évocations à des sources superficiellement similaires dont la structure serait plus abstraite

que le schéma impliqué dans l'encodage. Face à des cibles incarnant des schémas familiers, les similitudes structurelles jouaient un rôle plus important que les similitudes de surface dans l'évocation. Différentes mesures ont convergé vers cette conclusion. L'ensemble des souvenirs recueillis auprès des participants présentaient une proportion plus grande d'analogues superficiellement différents que de disanalogues superficiellement similaires. Les participants évoquant davantage d'analogues superficiellement différents que de disanalogues superficiellement similaires étaient plus nombreux que les participants évoquant plus de disanalogues superficiellement similaires que d'analogues superficiellement différents. Enfin, une analyse centrée sur le premier souvenir reporté par les participants a mis une nouvelle fois en évidence une proportion plus grande d'analogues superficiellement différents que de disanalogues superficiellement similaires, suggérant un encodage direct de la structure. Le fait que les trois quarts des participants reportaient au moins un analogue superficiellement différent semble dévoiler le caractère quasi-systématique de la mise en œuvre d'un encodage abstrait.

Les résultats de cette étude abondent dans le sens des données issues des observations écologiques et des paradigmes de production mettant en évidence une capacité à fonder des analogies sur des similitudes purement structurelles avec des expériences personnelles encodées en milieu naturel (Blanchette & Dunbar, 2000 ; Chen et al., 2004). Alors que le but explicite de produire des analogies a pu être à l'origine de la supériorité de la structure dans l'étude de Blanchette et Dunbar (2000), la tâche d'évocation libre semble amoindrir la possibilité qu'un tel facteur explique les résultats. Dunbar (2001) rapporte des données expérimentales démontrant que la consigne de produire des analogies au moment de la phase d'évocation a un effet positif sur l'évocation analogique. Les données issues de notre paradigme suggèrent que l'analogie constitue un mécanisme naturel de compréhension des situations puisque, même en l'absence de consigne explicite de les produire, celles-ci sont fréquemment reportées par les participants. Il semble que des schémas familiers de vie quotidienne permettent d'encoder spontanément la structure des expériences rencontrées dans la vie de tous les jours.

Un résultat intéressant qui est ressorti de nos analyses concerne la comparaison de la fréquence d'évocations des analogues superficiellement différents et des analogues superficiellement similaires. Cette comparaison ne constituait pas l'objectif premier de notre étude et nous n'avions pas d'hypothèse précise à son égard. Il s'est avéré que les analogues superficiellement différents étaient beaucoup plus fréquemment évoqués que les analogues

superficiellement similaires. Cela peut paraître surprenant dans la mesure où les analogues superficiellement similaires contractent un taux élevé de similitudes et sont en cela particulièrement pertinents pour appréhender la nouveauté. Différentes explications peuvent être à l'origine de ce pattern. La première est que les participants ne disposaient pas d'analogues superficiellement différents en mémoire. En effet, leur disponibilité n'était pas contrôlée puisque l'objectif de l'étude était de comparer le rappel d'analogues superficiellement différents à celui de disanalogues superficiellement similaires. Alors qu'il paraît incontestable que les participants disposaient d'analogues superficiellement différents (ex : souvenirs de procrastination) et de disanalogues superficiellement similaires (ex : souvenir en lien avec un magasin), la disponibilité d'analogues superficiellement similaires n'était pas assurée. Étant donné que des critères laxistes de similarité de surface ont été adoptés lors du codage, il est néanmoins probable que les participants disposent d'analogues sémantiquement proches en mémoire. Une autre explication possible à la supériorité des analogues superficiellement différents relativement aux analogues superficiellement similaires est que l'utilisation d'un schéma abstrait familier accentue la focalisation sur la structure de sorte que les indices superficiels paraissent non pertinents, même dans les cas où ils accompagnent une structure commune.

Certains travaux récents ont commencé à adresser le rôle des catégories dans la mise en œuvre des analogies. Jamrozik et Gentner (2020) ont montré que l'introduction d'un label relationnel (ex : *boucle de rétroaction positive*) décrivant la structure des situations permettait d'augmenter les taux d'évocations d'analogues superficiellement différents. Les auteurs suggèrent que ces labels sont habituellement utilisés par les experts, ce qui leur permet de produire des analogies profondes. Dans le même esprit, Kurtz et Honk (2019) ont mis en évidence que des paramètres expérimentaux favorisant l'attribution du statut de catégorie à des situations sources permettaient d'améliorer les taux de transfert. Nos résultats suggèrent que les catégories abstraites sont en fait spontanément impliquées dans l'encodage que tout un chacun opère des expériences qu'il rencontre au quotidien. En effet, les participants de notre étude ne semblaient pas dépendre de l'introduction d'un label par une source externe (i.e. par un tiers), ni d'une activité de catégorisation des sources, pour encoder la structure à travers un schéma familier. Ce constat donne du poids à l'idée que les participants tout venants, qui ont souvent été opposés aux experts sur le plan de la profondeur de l'encodage dispensé, sont en fait des experts des situations quotidiennes. L'encodage superficiel semble donc réservé au cas où la

structure des situations, tels que les problèmes utilisés dans de nombreuses expériences testant l'évocation analogique, ne fait pas écho à des connaissances familières pour le participant.

Le langage joue un rôle primordial dans l'approfondissement de l'encodage. Les études développementales montrent bien que l'utilisation de label oriente l'attention vers des propriétés pertinentes à la catégorisation (Markman, 1989). Les labels constituent en eux-mêmes une invitation à comparer et les propriétés sémantiques associées aux mots influencent l'encodage des situations (Gentner et al., 2011 ; Son et al., 2012). Notre étude mène à considérer la possibilité que les participants aient fait spontanément usage des labels décrivant les catégories impliquées dans les situations (ex : *procrastination*) afin de supporter l'évocation analogique. Comme cela a été mentionné plus haut, l'effet du langage a principalement été mis en évidence à travers l'introduction d'un label par une source externe, un paramètre absent de notre expérimentation. L'utilisation spontanée de labels mènerait donc à envisager que le langage aurait un rôle encore plus important que celui qui lui a été attribué jusqu'ici. Néanmoins, les études antérieures suggèrent que les concepts abstraits disponibles en mémoire ne bénéficient pas tous d'une étiquette lexicale. Les catégories ad hoc, telles que celles qui rassemblent les *moyens de se faire des amis* ou les *moyens d'échapper à la mafia*, en sont de bons exemples. Les schémas identifiés par Schank (1999), tels que les proverbes, ne semblent également pas toujours pouvoir être résumés en un label. Hofstadter et Sander (2013) mentionnent une grande quantité de catégories qui ne bénéficient pas de labels conventionnels, tels que *le dernier morceau qui reste dans le plat chez des invités*, *les projets que l'on cultive mais qui restent inachevés*, ou encore *les choses que l'on oublie toujours d'acheter lorsqu'on va au supermarché*. Nous suggérons que, si le langage constitue effectivement un outil primordial permettant d'augmenter les capacités analogiques, les concepts non verbaux peuvent également être utilisés pour supporter l'évocation analogique.

Notre vision est donc que des catégories abstraites construites au cours des interactions quotidiennes sont utilisées par les adultes pour alimenter des analogies créatives. Dans la section suivante, nous emprunterons une approche développementale en nous intéressant au processus d'acquisition de ces catégories chez le jeune enfant. Compte tenu du rôle prédominant du langage dans le développement des concepts, les catégories lexicales seront au centre de l'étude présentée. Il est argumenté que l'acquisition de catégorie procède d'analogies successives par lesquelles le jeune enfant étend ses concepts vers de nouvelles situations

présentant certaines relations en commun. Les approximations sémantiques constituent un phénomène langagier particulièrement révélateur de ce processus.

CHAPITRE 8 : LES APPROXIMATIONS SEMANTIQUES CHEZ L'ENFANT D'AGE PRESCOLAIRE : UNE ETUDE DES POTENTIELS EVOQUES

1.1. INTRODUCTION

L'étude empirique qui sera présentée dans ce chapitre a pour objectif d'interroger les processus cognitifs et neuronaux impliqués dans les approximations sémantiques produites par les jeunes enfants au cours du développement lexical. Les approximations sémantiques constituent un objet d'étude particulièrement intéressant à la lumière des travaux pointant la difficulté initiale des jeunes enfants à décontextualiser le sens des premiers mots qu'ils apprennent (Gentner, 2006). Il a notamment été mis en évidence que l'apprentissage et la généralisation de nouveaux verbes vers des situations préservant une similitude relationnelle représentent un défi pour le très jeune enfant (Childers & Tomasello, 2002 ; Imai et al., 2005 ; Kerstern & Smith, 2002). La trajectoire développementale des concepts semble dessiner une progression allant de significations contexte-spécifiques vers des notions plus abstraites (Gallivan, 1988 ; Meints et al., 2008), combinant avec de plus en plus de précisions les différentes composantes associées à un mot (Forbes & Poulin-Dubois, 1998). Le caractère progressif de cette évolution répond à la complexité des données sémantiques que chaque langue distille au sein des mots qui la composent (Bowerman, 2012, Majid et al., 2008 ; Pye et al., 1996). La comparaison analogique et le développement du langage constituent deux outils indispensables au jeune enfant pour appréhender la profondeur des catégories lexicales (Loewenstein & Gentner, 2005 ; Gentner et al., 2011 ; Son et al., 2012). L'enfant se familiarise avec certains concepts suite à une exposition répétée avec les exemplaires les constituant et devient capable de s'appuyer spontanément sur des analogies créatives pour interpréter le nouveau dans les termes du familier (Goswami & Brown, 1990 ; Inagaki & Hatano, 1987 ; Sander, 2001). Cette capacité à percevoir des similitudes relationnelles profondes, tout en disposant de conceptions qui se raffineront avec l'avancée en âge, semble être à l'origine des approximations sémantiques qui transparaissent dans les productions langagières des jeunes enfants. Le recouvrement sémantique partiel de certains concepts voisins, (Saji et al., 2011), l'incitation véhiculée par la labellisation commune de situations perceptivement différentes (Bowerman, 2005) et le caractère arbitraire des distinctions opérées par une langue (Gentner & Bowerman, 2009) semblent constituer autant de facteurs influençant l'établissement des

frontières catégorielles conventionnelles. L'origine des approximations sémantiques semble donc se situer au niveau de la flexibilité conceptuelle/immaturité conceptuelle des jeunes enfants.

Dans la présente étude, nous nous sommes intéressés aux composantes des PE sous-tendant le traitement des approximations sémantiques par de jeunes enfants. Il est reconnu que cette méthode peut apporter des informations complémentaires cruciales qui étayent les données comportementales recueillies dans les études menées sur le sujet. En effet, le fait que la majorité des mesures utilisées dans les études antérieures concernent des recueils de productions verbales spontanées ou provoquées laisse ouverte la possibilité que les approximations sémantiques ne résultent pas des particularités du système conceptuel/lexical du jeune enfant. Des erreurs de récupération ou des métaphores intentionnelles pourraient donner lieu aux approximations sémantiques, alors que les concepts impliqués seraient parfaitement maîtrisés par l'enfant (Gershkove-Stowe et al., 2006 ; Hudson & Nelson, 1984 ; Mendelsohn et al., 1984 ; Pouscoulous, 2011). La méthode de l'EEG allège le traitement des approximations sémantiques des contraintes imposées par la production orale et constitue donc une mesure complémentaire adaptée pour étudier les conceptions sous-tendant les productions langagières des jeunes enfants (Torkildsen et al., 2006).

Un intérêt particulier sera accordé à la l'onde N400, reflet de l'intégration sémantique, durant le traitement des approximations sémantiques. L'effet N400, mesuré par l'amplitude, la latence et la topographie de l'onde, est atténué lorsqu'un terme attendu dans une phrase est substitué par un terme appartenant à la même catégorie (ex : lorsque le terme *pins* remplace le dernier mot de la phrase « Ils voulaient que l'hôtel ressemble à un palace. Donc le long de l'allée, ils ont planté des lignes de *palmiers*, Federmeir & Kutas, 1999). Inversement, cet effet est amplifié lorsque le terme attendu est substitué par un terme appartenant à une catégorie différente (ex : lorsque le terme *tulipes* remplace le terme *palmiers* dans la phrase précédente). L'établissement de ce pattern a servi de fondement à l'investigation de l'organisation conceptuelle-lexicale du jeune enfant. En effet, la composante N400 est observable dès 19 mois lorsque dans une phrase, est introduit un terme incongruent ou un pseudo-mot (Friedrich & Friderici, 2005). De plus, la composante N400 est un indicateur pertinent pour étudier l'organisation du système conceptuel-lexical du jeune enfant (Rämä et al., 2013). Par exemple, cette composante a été utilisée pour documenter l'origine des sur-extensions taxonomiques

opérées par les nourrissons de 2 ans (Torkildsen et al., 2006). La présence d'une composante assimilable à l'effet N400 lors du traitement d'énoncé transgressant la frontière de catégories du niveau de base a suggéré que ces sur-extensions ne résultent pas de confusions conceptuelles. Dans notre étude, nous voulons tester l'hypothèse selon laquelle la nécessité de réaliser des distinctions plus fines entre des catégories acquises plus tardivement (ex : entre *casser* et *couper*, Majid et al., 2008 ; Pye et al., 1998) se traduit par des confusions entre des concepts voisins. En effet, certaines études ont montré que les PE sous-tendant le traitement des verbes par l'enfant révélaient des représentations incomplètes (Maguire et al., 2013).

L'expérimentation que nous avons menée visait à recueillir les PE déclenchés par la présentation d'approximations sémantiques faisant intervenir un verbe afin de tester l'hypothèse de la flexibilité conceptuelle/immaturité conceptuelle auprès de jeunes enfants de 4 ans. Les énoncés qui ont été présentés sont issus d'un recueil de productions spontanées d'enfants de 2 à 4 ans (Duvignau, 2002). Un paradigme expérimental classique a été employé dans lequel une image d'action (ex : une personne épluchant une orange) a été présentée accompagnée d'une phrase introduite en modalité auditive (voir Tableau 11). Quatre conditions ont été constituées. Dans une première condition, la phrase comportait un verbe correct (ex : *elle épluche l'orange*). Une deuxième condition consistait à présenter une phrase comportant un verbe approximatif (ex : *elle déshabille l'orange*). Dans la troisième condition, un verbe associé à l'objet décrit, mais inadapté à l'action, a été présenté (ex : *elle presse l'orange*). Cette condition a été conçue pour tester l'hypothèse que l'extension d'un verbe familier était fondée sur les similitudes relationnelles et non les similitudes des objets. Dans la dernière condition, la phrase présentait un pseudo-verbe, respectant les contraintes phonotactiques de la langue française (ex : *elle téport l'orange*).

L'objectif était de comparer les PE associés à l'interprétation de ces différents énoncés et plus particulièrement les patterns différenciés de l'onde N400. À la suite des études antérieures menées dans le domaine, nous avons prédit que :

- lorsqu'une image d'action est présentée simultanément avec une phrase contenant un pseudo-verbe, l'amplitude de la N400 devrait être supérieure à celle provoquée par une phrase contenant un verbe correct (principe de la non congruence),

- lorsqu'une image d'action est présentée simultanément avec une phrase contenant une approximation sémantique, l'amplitude de la N400 ne serait pas différente de celle provoquée par une phrase contenant un verbe correct (principe de l'intégration flexible du sens de l'approximation en l'absence de détection de l'incongruité du fait de conceptions immatures), mais différente de celle déclenchée par le pseudo-verbe.

- lorsqu'une image d'action est présentée simultanément avec une phrase contenant un verbe associé à l'objet, l'amplitude de la N400 serait supérieure à celle provoquée par une phrase contenant un verbe correct (principe d'extension du verbe familier fondée sur les similitudes relationnelles).

Tableau 11 : illustration du design expérimental

| Exemple d'image d'action | Conditions | Exemples de phrases |
|--|--------------------|-------------------------------------|
|  | Verbe correct | « Elle <i>épluche</i> l'orange » |
| | Verbe approximatif | « Elle <i>déshabille</i> l'orange » |
| | Verbe associé | « Elle <i>presse</i> l'orange » |
| | Pseudo-verbe | « Elle <i>téport</i> l'orange » |

1.2. EXPERIENCE 1A

1.1.1. Méthode

Participants

Trente-cinq jeunes enfants (âge moyen = 4 ; 0, écart type = 1, 8 mois, 18 filles) issus de familles monolingues françaises ont participé à l'étude. Les enfants ont été recrutés à partir d'une base de données répertoriant les coordonnées de parents ayant accepté de participer avec leurs enfants à des études développementales. Tous les enfants étaient nés à terme et ne présentaient ni trouble de l'audition, ni trouble du langage. Les parents ont signé un formulaire de consentement éclairé avant la passation expérimentale. Trente autres jeunes enfants sont venus au laboratoire mais leurs données n'ont pas pu être analysées suite à un refus de porter

le bonnet EEG, une interruption précoce de la passation suite au souhait de l'enfant ou du fait de données bruitées.

Matériel

Les stimuli audio étaient des phrases enregistrées auprès d'une locutrice française. 40 phrases comportant un verbe correct, un verbe approximatif, un verbe associé ou un pseudo-verbe ont été enregistrées, pour un total de 160 phrases (c.f. Annexes). La compréhension et la production des verbes par les enfants ont été contrôlées par le biais d'un questionnaire envoyé quelques jours avant la passation expérimentale et que les parents nous apportaient remplis le jour de l'expérimentation. La durée moyenne des verbes présentés dans l'étude était de 473,7 ms. Quatre photographies d'action correspondant à chaque verbe correct ont été prises de sites internet ou ont été créées pour les besoins de l'expérimentation. Cent-soixante photographies ont ainsi été utilisées. Chaque image n'était présentée qu'une fois, en association avec une seule phrase. L'association des photographies représentant une même action (ex : quatre photographies différentes d'éplucher une orange) avec les quatre phrases correspondantes issues des différentes conditions (ex : *elle épluche/déshabille/presse/téport l'orange*) était randomisée. Un exemplaire du questionnaire MCDI était distribué aux parents (en plus du questionnaire comportant les verbes présentés au cours de l'expérimentation) avec une enveloppe timbrée afin que ceux-ci le complètent à la maison et nous le retournent, mais aucune analyse n'a pu être menée, dû à un trop faible taux de retours.

Procédure

La passation expérimentale durait environ 20 minutes et avait lieu dans un box insonorisé avec une lumière tamisée. Les jeunes enfants étaient assis seuls ou sur les genoux d'un parent devant un écran d'ordinateur. Les parents avaient pour consigne de ne communiquer ni verbalement ni non verbalement avec leur enfant. À chaque essai, la description audio était introduite suite à un délai variable de 750 ou de 1250 ms après le début de la présentation de l'image. L'expérimentateur suivait le déroulement de la passation dans le box par l'intermédiaire d'une webcam et déclenchait l'apparition de chaque image en veillant à ce que le regard de l'enfant soit orienté vers l'écran. Un écran coloré présentant une animation composée de formes non distinctes et d'une mélodie attractive permettait de capter l'attention de l'enfant si nécessaire. Avant l'expérimentation, le système de webcam était présenté à

l'enfant en lui expliquant qu'il pouvait faire un geste pour demander une pause ou mettre un terme à la passation quand il le souhaitait. Une pause était également effectuée si l'enfant montrait des signes d'agitation ou de fatigue.

Enregistrement EEG

L'EEG enregistrait l'activité de façon continue par l'intermédiaire d'un bonnet Geodesic Sensor Net (GSN, NetStation EGIS V2.0) à 128 capteurs (bande-passe = 0, 1 – 100 Hz) référencé à l'électrode du vertex. L'expérimentation commençait lorsque l'impédance de toutes les électrodes se trouvait en dessous de 50 Ω . Le signal recueilli recevait un ensemble de traitements de façon postérieure à l'enregistrement. Les fréquences inférieures à 0, 3 Hz et supérieures à 30 Hz étaient filtrées (filtering). Les segments étaient extraits du signal continu 100 ms avant le début du verbe et 1000 ms après le début du verbe (segmentation). L'amplitude du signal était recalculée en fonction de l'activité de base enregistrée 100 ms avant le début du verbe (baseline correction). L'algorithme de rejet des artefacts était appliqué afin d'exclure le signal dû aux mouvements et clignements des yeux (artefact removal). Un essai était exclu si une électrode mesurait une activité de moins -150 μ v de plus de 150 μ v ou si l'enregistrement de 40 électrodes était bruité. En dessous de ce seuil, le signal d'une électrode bruitée était remplacé par la moyenne du signal des électrodes alentour (bad channel replacement). Les essais étaient d'abord moyennés pour chaque participant et chacune des quatre conditions. Une activité de référence mesurée à partir de la moyenne du signal recueilli par l'ensemble des électrodes (mesure référence relativement inactive) était soustraite au signal de chaque électrode. Les essais issus de la présentation de verbes qui ont été indiqués par les parents comme n'étant pas compris par leur enfant ont été exclus (moyenne = 12,1, écart type = 7, 6). Un grand moyennage était enfin effectué afin d'obtenir les PE correspondant à chaque condition pour l'ensemble des participants. Les données issues des participants pour lesquels moins de dix essais par conditions étaient valables ont été exclues.

1.1.2. Résultats et discussion

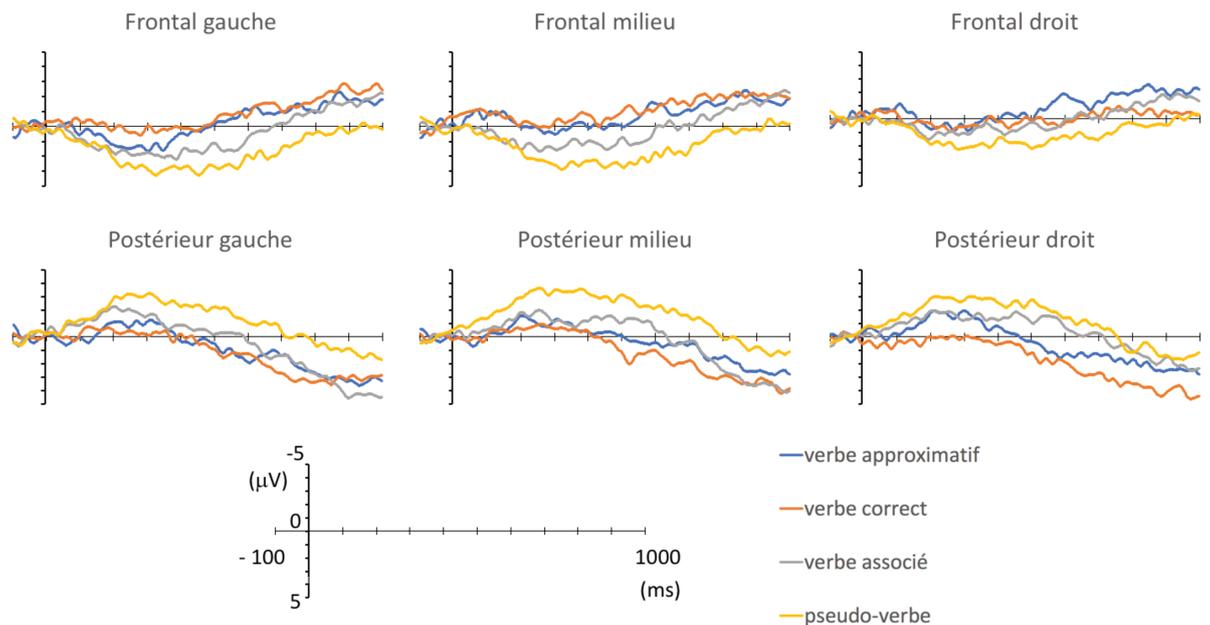
Six regroupements de dix électrodes chacun ont été constitués recouvrant une zone postérieure gauche (60, 66, 70, 73, 69, 65, 59, 58, 64, 68), postérieure milieu (61, 78, 77, 76, 82, 74, 75, 71, 67, 72), postérieure droite (85, 91, 96, 95, 94, 89, 88, 83, 84, 90), frontale gauche (22, 23, 19, 24, 20, 13, 29, 28, 27, 26), frontale milieu (21, 14, 15, 16, 10, 18, 11, 5, 12, 6) et

frontale droite (9, 2, 3, 4, 124, 123, 117, 118, 112, 111). Dans le système 10-10 de positionnement international des électrodes, le capteur 58 en région postérieure gauche correspond au capteur P7, le capteur 75 en région postérieure milieu correspond au capteur Oz, le capteur en région postérieure droite 96 correspond au capteur P8, le capteur en région frontale gauche 24 correspond au capteur F3, le capteur en région frontale milieu 11 correspond au capteur Fz, le capteur en région frontale droite 124 correspond au capteur F4. Les tracés des PE issus de chacun des regroupements d'électrodes apparaissent sur la Figure 12.

Les analyses qui seront présentées se focalisent sur la fenêtre de la N400 allant de 300 à 500 ms. Une ANOVA à mesures répétées a été conduite en incluant les facteurs suivants : 4 conditions (verbe correct / approximatif / associé / pseudo-verbe) x 2 postérieur/frontal x 3 gauche/milieu/droite. La correction de sphéricité de Green-House Geisser a été appliquée quand nécessaire. L'ANOVA a révélé une interaction entre le facteur postérieur/frontal et le facteur condition ($F(3, 34) = 5,44, p < 0,01$), un effet significatif du facteur postérieur/frontal ($F(1, 34) = 6,53, p < 0,05$) et un effet marginal tendant vers la significativité du facteur gauche/milieu/droit ($F(2, 34) = 3,22, p = 0,053$). L'effet N400 apparaissait au niveau des régions postérieures, alors que l'effet était inversé dans les régions frontales. Suite à l'interaction significative entre la condition et le facteur postérieur/frontal, des ANOVA ont été réalisées de façon séparée pour tester l'effet de la condition au sein des ensembles d'électrodes postérieures et frontales. Un effet significatif de la condition est apparu dans la région postérieure ($F(3, 34) = 4,90, p < 0,01$) et dans la région frontale ($F(3, 34) = 4,67, p < 0,01$).

Des analyses post hoc de comparaisons de moyennes (t-test pour échantillons appariés) ont été menées au sein de la région postérieure et de la région frontale (voir Figure 13). Les analyses menées dans la région postérieure sont d'abord présentées. La condition pseudo-verbe différait significativement de la condition verbe correct ($t(34) = 3,58, p = 0,001$). La condition verbe approximatif présentait une différence significative relativement à la condition pseudo-verbe ($t(34) = 2,16, p < 0,05$), mais aucune différence significative avec la condition verbe correct ($t(34) = 1,05, p = 0,30$). La condition verbe associé était significativement différente de la condition verbe correct ($t(34) = 2,31, p < 0,05$), mais pas de la condition pseudo-verbe ($t(34) = 1,38, p = 0,18$). Les conditions verbe approximatif et verbe associé ne différaient pas significativement ($t(34) = 0,96, p = 0,35$).

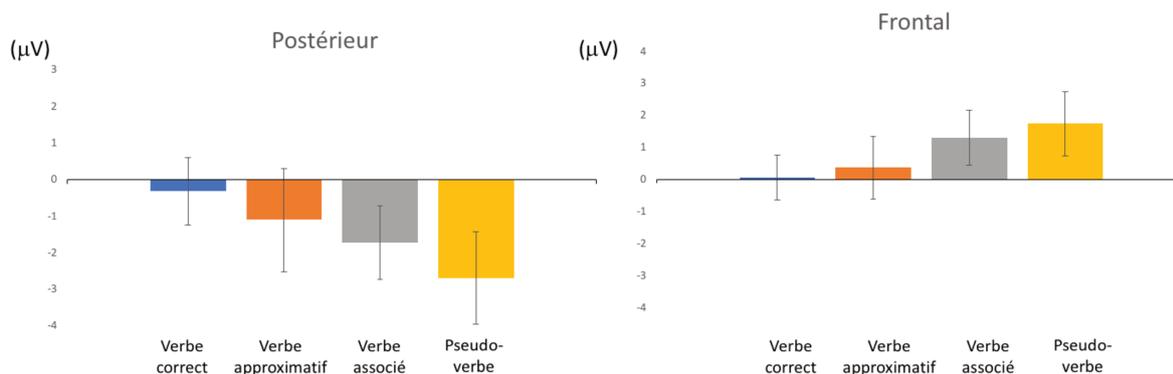
Figure 12 : grand moyennage pour les six regroupements de dix électrodes



Les comparaisons de moyennes dans la région frontale ont dévoilé des effets symétriques. La condition pseudo-verbe présentait une différence significative avec la condition verbe correct ($t(34) = -2,83, p < 0,01$). La condition verbe approximatif différait significativement de la condition pseudo-verbe ($t(34) = -2,17, p < 0,05$), mais pas de la condition verbe correct ($t(34) = -0,49, p = 0,63$). La condition verbe associé présentait une différence significative avec la condition verbe correct ($t(34) = -2,74, p = 0,01$), mais pas avec la condition pseudo-verbe ($t(34) = 0,81, p = 0,48$). La condition verbe approximatif ne différait pas significativement de la condition verbe associé ($t(34) = -1,67, p = 0,11$).

Nos résultats répliquent la présence d'un effet N400 lorsqu'un pseudo-mot est présenté au jeune enfant dans le contexte du traitement d'une image. Conformément à l'hypothèse de la flexibilité conceptuelle/immaturité conceptuelle, le verbe approximatif ne semble pas déclencher d'effet N400. En effet, une différence significative est observée entre la condition approximation sémantique et la condition pseudo-verbe, mais pas entre la condition approximation sémantique et la condition verbe correct. Ces données électrophysiologiques suggèrent que les enfants intègrent le sens des approximations sémantiques de façon fluide et

Figure 13 : Comparaison de moyennes sur la fenêtre 300-500 ms



sans détecter la violation catégorielle. La présence d'un effet N400 en présence d'une phrase contenant un verbe associé (en comparaison avec le verbe correct) confirme également notre prédiction selon laquelle les jeunes enfants détectent le caractère incongruent de l'application d'un verbe associé à un objet lorsque celui-ci ne décrit pas fidèlement la relation présente sur l'image. L'absence de différence entre la condition verbe approximatif et verbe associé suggère que l'association sémantique contenue par le verbe associé induit une réduction de l'amplitude de la N400. Néanmoins, aucune différence significative n'a été trouvée entre la condition verbe associé et pseudo-verbe.

La présente expérimentation suggère que les jeunes enfants ne perçoivent pas la transgression de la frontière catégorielle que recèlent les approximations sémantiques. Toutefois, il est nécessaire de contrôler la présence effective d'une violation catégorielle au sein des approximations sémantiques que nous avons présentées aux jeunes enfants. L'expérience 1B a été menée dans le but de valider le matériel expérimental utilisé en Expérience 1A. Pour ce faire, nous avons répliqué l'expérience auprès de sujets adultes.

1.3. EXPERIENCE 1B

L'Expérience 1A a démontré que l'interprétation des approximations sémantiques par le jeune enfant de 4 ans déclenchait une N400 d'amplitude significativement moins importante que celle provoquée par le traitement des pseudo-verbès, et comparable à celle déclenché par le traitement des verbes corrects. Cela suggère que les jeunes enfants intègrent le sens des approximations sémantiques sans détection la transgression catégorielle qu'elles contiennent.

Les adultes ayant établi les frontières catégorielles conventionnelles entre les catégories lexicales de leur langue devraient quant à eux percevoir le caractère incongruent des approximations sémantiques. Le traitement des approximations sémantiques devrait donc déclencher un effet N400 chez l'adulte. Plus spécifiquement, nos prédictions sont les suivantes :

- lorsqu'une image d'action est introduite simultanément avec une phrase comportant un pseudo-verbe, l'amplitude de la N400 devrait être supérieure à celle provoquée par une phrase présentant un verbe correct (principe de la non congruence),

- lorsqu'une image d'action est présentée simultanément avec une phrase contenant une approximation sémantique, l'amplitude de la N400 devrait être significativement différente de celle provoquée par un verbe correct (principe de détection de l'incongruité face à une transgression catégorielle, du fait de conceptions matures), mais comparable à celle déclenchée par le pseudo-verbe. Cette prédiction diffère de celle qui avait été faite à propos des jeunes enfants.

- lorsqu'une image d'action est présentée simultanément avec une phrase contenant un verbe associé à l'objet, l'amplitude de la N400 serait supérieure à celle provoquée par une phrase contenant un verbe correct (principe d'extension du verbe familier fondée sur les similitudes relationnelles).

1.1.1. Méthode

Participants

Trente deux adultes (âge moyen = 22 ; 3 ans, écart type = 2 ; 5 mois) ont été recrutés aux Universités Paris 8 et Paris 6. Ils ne présentaient ni trouble du langage, ni trouble auditif. Quatorze adultes supplémentaires ont été testés mais n'ont pas pu figurer dans les analyses du fait de données bruitées. Les participants sélectionnés n'ont pas été exposés de façon intensive à une autre langue au cours de leur vie (la langue française était la seule langue parlée à la maison, les participants n'ont pas effectué de séjour de plus de 2 mois à l'étranger). Tous les éléments méthodologiques (matériel, procédure et traitement du signal) ont été répliqués de l'Expérience 1A, mis à part le fait que les participants adultes ne remplissaient aucun questionnaire de vocabulaire.

1.1.2. Résultats et discussion

Les caractéristiques générales de la N400 observée chez l'adulte, relativement à l'effet analysé chez le jeune enfant en terme d'amplitude moins importante et de distribution topographique moins diffuse, ont été retrouvées. L'effet semble concentré sur un groupement d'électrodes placées sur une région milieu centro-postérieure. Un regroupement de 17 électrodes a ainsi été constitué (électrodes 80, 87, 79, 86, 78, 85, 77, 55, 62, 72, 67, 60, 61, 53, 54, 37, 31). Dans le système 10-10 de positionnement international des électrodes, le capteur 62 correspond au capteur Pz. La Figure 14 présente le tracé graphique des PE issus du regroupement d'électrodes.

Une ANOVA à mesures répétées a été effectuée sur la fenêtre 300-500 ms afin de tester l'effet des différentes conditions. Un effet significatif de la condition a été mis en évidence ($F(3, 31) = 3,17, p < 0,05$). Les comparaisons de moyennes (voir Figure 15) ont mis en évidence une différence significative entre la condition pseudo-verbe et la condition verbe correct ($t(31) = 3,04, p < 0,01$). La condition verbe approximatif présentait une différence significative avec la condition verbe correct ($t(31) = 2,12, p < 0,05$), mais pas de différence avec la condition pseudo-verbe ($t(31) = 0,11, p = 0,91$). La condition verbe associé différait significativement de la condition verbe correct ($t(31) = 2,23, p < 0,05$), mais pas de la condition pseudo-verbe ($t(31) = 0,85, p = 0,40$).

Les résultats répliquent les études antérieures ayant mis en évidence le déclenchement d'un effet N400 chez l'adulte en présence d'un pseudo-mot au cours du traitement d'une image. De façon plus centrale à l'objectif visé par l'Expérience 1B, la présence de l'effet N400 au cours du traitement des approximations sémantiques par les adultes suggère que le matériel sélectionné transgresse effectivement les frontières catégorielles de la langue française. L'effet N400 face aux verbes associés conforte également l'idée selon laquelle ces derniers présentent une incongruité relationnelle malgré une similitude d'objet. Les particularités de la composante N400 sous-tendant le traitement des approximations sémantiques chez le jeune enfant telles qu'observées en Expérience 1A semblent donc trouver leur origine dans la flexibilité conceptuelle / immaturité conceptuelle des jeunes enfants.

Figure 14 : grand moyennage pour le regroupement centro-postérieur composé de 17 électrodes

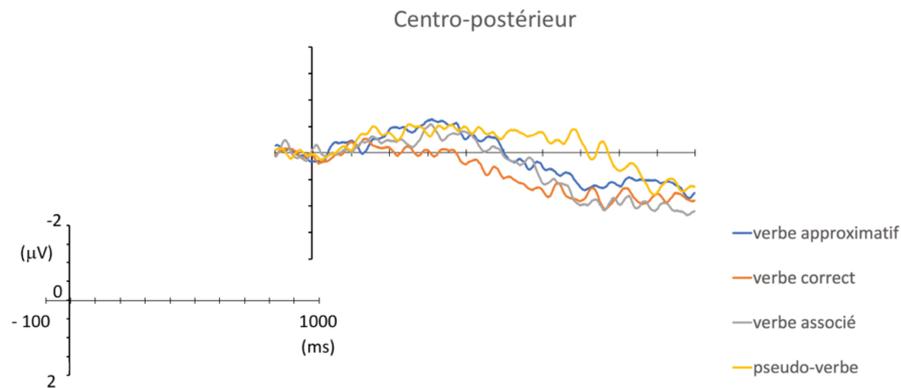
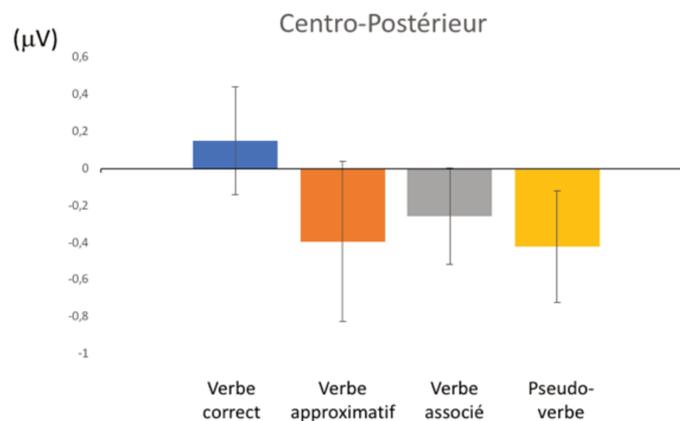


Figure 15 : Comparaisons de moyennes sur la fenêtre 300-500 ms



1.4. DISCUSSION DE L'ETUDE

L'objectif de la présente étude était de renseigner les mécanismes cognitifs et neuronaux sous-tendant le traitement des approximations sémantiques verbales chez le jeune enfant. La production de ces énoncés par le jeune enfant témoigne de la capacité à saisir des similitudes relationnelles abstraites entre différents concepts. La littérature suggère également que ces énoncés trouvent leur origine dans une difficulté de l'enfant à saisir les frontières conventionnelles subtiles qui distinguent ces concepts. Néanmoins, la plupart des études

menées sur le sujet ont utilisé des tâches de production verbale qui laissent ouverte la possibilité que les approximations sémantiques ne résultent pas de confusions conceptuelles de la part de l'enfant, mais de stratégies pragmatiques ou d'erreurs de récupération. Dans le but de renseigner l'origine de la production des approximations sémantiques, nous avons recueilli les PE sous-tendant le traitement de ces énoncés par le jeune enfant de 4 ans. Des phrases contenant un verbe correct, un verbe approximatif, un verbe associé à l'objet ou un pseudo-verbe ont été présentées auditivement suite à la présentation d'une image d'action. L'effet N400 a été mis en évidence dans sa fenêtre temporelle typique d'intervention (300-500ms) au sein d'un ensemble diffus de régions postérieures, alors que les amplitudes étaient inversées dans les régions frontales. Notre hypothèse principale selon laquelle les approximations sémantiques seraient intégrées comme des énoncés corrects a été validée. En effet, la composante N400 déclenchée par les verbes approximatifs était comparable à celle induite par le traitement d'un verbe correct, et significativement différente de celle provoquée par la présentation d'un pseudo-verbe. Notre hypothèse secondaire concernant la capacité des jeunes enfants à se baser sur les similitudes relationnelles abstraites plutôt que sur les similitudes d'objets lors de l'extension de verbes familiers a également été corroborée. En effet, la présentation d'un verbe associé à l'objet décrit par l'image, mais incongruent avec la relation illustrée, déclenche un effet N400. Une expérimentation supplémentaire menée auprès d'adultes a confirmé que les approximations sémantiques présentées aux jeunes enfants traduisaient une transgression catégorielle. L'effet N400 observé était localisé dans une région centro-postérieure. L'amplitude de la N400 déclenchée par le traitement des approximations sémantiques était comparable à celle provoquée par le traitement des pseudo-verbos et significativement différente de celle observée lors de la présentation de verbes corrects. Les résultats suggèrent que les approximations sémantiques verbales ne révèlent pas uniquement la capacité à percevoir des similitudes abstraites, mais également la tendance à confondre les frontières des concepts qui les partagent.

Nos résultats semblent s'opposer à une interprétation des approximations sémantiques en terme de stratégie pragmatique ou d'erreur de récupération, sans faire intervenir les particularités du système conceptuel du jeune enfant. L'absence de signe de détection de l'incongruité lors du traitement des approximations sémantiques n'est pas compatible avec l'explication selon laquelle les approximations sémantiques constitueraient des transgressions intentionnelles de catégories pour faciliter la communication. Cette conception suppose que

l'enfant produisant une sur-extension repose sur un mot familier pour combler un manque de vocabulaire, tout en étant conscient de l'extrapolation de la signification (ex : Bloom, 1973 ; Pouscoulous, 2011). Or, notre étude suggère que l'enfant ne détecte pas la sur-généralisation lorsque le terme familier lui est présenté. Les résultats obtenus semblent également difficilement explicables par le fait que les sur-extensions présentées soient issues d'erreurs de récupération, la tâche ne reposant pas sur les productions langagières des enfants. Si la considération de catégories trop larges semble nécessaire pour expliquer l'origine des approximations sémantiques, cela n'exclut pas que l'intention communicative et les difficultés de récupération jouent tout de même un rôle dans la production d'approximations sémantiques. En effet, les approximations semblent constituer des stratégies efficaces pour interpréter un concept inconnu à travers un concept familier, bien que l'enfant n'ait pas toujours conscience de l'extrapolation opérée. D'autre part, il est probable que le recouvrement des frontières entre deux concepts alimente une activation équivalente de ces derniers au moment de la production, ce qui induit une forte compétition entre ceux-ci pour la récupération.

Une comparaison intéressante peut être faite entre nos résultats et ceux qui ont été obtenus par Torkildsen et al. (2006). Dans cette étude portant sur des nourrissons de 20 mois, le déclenchement d'un effet assimilable à la N400 lors de la présentation d'une image d'objet (ex : un chien) conjointement avec un nom d'objet de la même catégorie taxonomique, mais d'une catégorie de niveau de base différente (ex : *chat*), suggère que les sur-extensions taxonomiques produites à cet âge reflètent une stratégie pragmatique. Dans notre étude, l'amplitude de la N400 déclenchée par les verbes approximatifs différait significativement de celle provoquée par les pseudo-verbes et était comparable à celle observée lors du traitement d'un verbe correct chez de jeunes enfants de 4 ans, suggérant une confusion conceptuelle. Nos résultats confirment que les frontières culturellement spécifiques et fondées sur des critères abstraits des concepts introduits dans la présente étude sont appréhendées avec plus de difficulté que ne le sont les frontières moins culturellement variables des catégories du niveau de base (Bowerman, 2005 ; Gentner & Boroditsky, 2001). Par ailleurs, Torkildsen et al. (2006) ont uniquement manipulé la similitude des concepts du niveau de base en terme d'appartenance à une même catégorie taxonomique (ex : *animaux*). Il demeure donc possible que les jeunes enfants confondent des concepts impliquant une plus grande variété de similitudes (ex : la forme *et* la catégorie taxonomique, Gelman et al., 1998). De futures études en EEG testant

l'effet de différents types de similitudes entre concepts de niveau de base sur leur propension à être confondus par le nourrisson aideraient à clarifier cette possibilité.

Un ensemble d'études a mis en évidence que les conceptions enfantines étaient moins abstraites, plus contexte-spécifiques que les conceptions adultes (Gallivan, 1988 ; Gentner, 2006 ; Maguire et al., 2006). Dans l'étude de Maguire et al. (2013), l'absence d'effet N300 lors du traitement d'un verbe incongruent avec une action chez l'enfant de 8-9 ans a suggéré une difficulté à mettre rapidement en correspondance le verbe avec l'action du fait d'une représentation moins abstraite que chez l'adulte. Notre étude offre une nouvelle perspective sur les particularités des concepts élaborés par le jeune enfant. En effet, ils montrent que celui-ci ne perçoit pas le caractère non conventionnel que recèle les approximations sémantiques. L'étude des approximations sémantiques met donc en avant que les concepts de l'enfant ne sont pas uniquement moins abstraits que ceux de l'adulte, mais qu'ils peuvent être plutôt fondés sur des propriétés abstraites différentes. Il a par exemple été mis en évidence que le jeune enfant avait tendance à appliquer le verbe *ouvrir* (*open*) à l'ensemble des situations dans lesquelles une action révélait une partie cachée (Schaefer, 1979). Il semble donc que le jeune enfant accorde un poids différent de celui attribué par l'adulte à certaines composantes sémantiques de la signification des mots. Néanmoins, ces composantes sémantiques peuvent présenter une abstraction importante.

Saji et al. (2011) ont mis en évidence que les jeunes enfants dépendaient des similitudes d'objets dans les sur-extensions de verbes qu'ils opèrent. Les jeunes enfants chinois avaient tendance à généraliser les verbes *porter/tenir* à des actions impliquant des objets similaires (ex : porter un bol de différentes manières). Les approximations sémantiques documentées par Duvignau (2002) ne semblent pas entrer dans ce pattern d'extension. En effet, celles-ci consistent à associer un verbe (ex : *déshabiller*) à un objet qui ne leur est pas conventionnellement associé (ex : *orange*). Les jeunes enfants qui les produisent ne semblent donc pas reposer sur des similitudes d'objets pour étendre le verbe. L'intégration fluide de leur signification telle que mise en évidence par les PE recueillis pendant leur traitement suggère une capacité à dépasser les similitudes d'objets et à percevoir des similitudes relationnelles abstraites. L'effet N400 déclenché par la présentation du verbe associé à l'objet (ex : *presser*) dévoile également la capacité des jeunes enfants à se fier aux similitudes relationnelles et non uniquement aux similitudes d'objets pour généraliser leurs concepts.

La présente étude contribue à informer la capacité des jeunes enfants à produire des analogies spontanées avec des concepts familiers, ainsi que le rôle de ces dernières dans le développement lexical. La répétition d'exemplaires analogues labellisés de la même manière semble permettre au jeune enfant d'appréhender la profondeur des catégories lexicales et de les généraliser sur la base de similitudes abstraites. De plus, les approximations sémantiques produites par les jeunes enfants illustrent que ces derniers n'attendent pas passivement les comparaisons imposées par des sources externes afin d'extraire le sens des mots. Elles témoignent d'une capacité productive à généraliser les verbes vers de nouveaux référents (Naigles & Hoff, 2009 ; Tomasello & Brandt, 2009). En effet, leur caractère non conventionnel exclut la possibilité d'une simple répétition des formulations de l'adulte. Elles suggèrent que l'enfant produit lui-même, dans une certaine mesure, les analogies qui alimenteront l'évolution de ses concepts. Le rôle des approximations sémantiques dans le développement des catégories sera plus amplement abordé dans la Discussion Générale.

DISCUSSION GENERALE

1.1. RESUME DES APPORTS DE LA THESE

L'analogie est un mécanisme fondamental permettant d'interpréter une nouvelle situation à travers des expériences passées. La thèse a visé à redonner toute sa force à ce postulat en mettant en avant la capacité à percevoir comme essentiellement similaires des expériences d'apparence pourtant différentes. Partant du principe que les analogies constituent un mécanisme naturel par lequel le système cognitif traite l'information nouvelle, nous avons attribué un intérêt particulier à leur manifestation spontanée, telles qu'elles apparaissent à travers l'assimilation de nouvelles expériences à des conceptions familières stockées en MLT.

Un ensemble d'études empiriques a été mené afin d'informer la capacité à récupérer des analogues spécifiques en MLT. La démarche générale a été d'investiguer l'évocation analogique face à des situations les plus proches possibles de celles qui sont généralement rencontrées au quotidien. Nous avons argumenté que la capacité à extraire des schémas abstraits au cours de la répétition d'expériences analogues permettait de focaliser l'encodage sur la structure des situations, de sorte que celle-ci constitue un indice prédominant d'évocation en mémoire. Nous avons testé cette hypothèse de la supériorité de la structure dans le cadre de trois études empiriques employant des stimuli expérimentaux aux formats variés. L'étude présentée dans le chapitre 5 met en avant que la vision dominante de la supériorité de la surface est fondée sur des taux d'évocations importants d'histoires superficiellement similaires qui préservent des similitudes de structure résiduelles. Nous avons employé un paradigme de rappel d'histoire afin de comparer les taux d'évocations de disanalogues superficiellement similaires et d'analogues superficiellement différents. Nos résultats ont mis en évidence que les évocations étaient principalement guidées par les similitudes structurelles et seulement marginalement par les similitudes superficielles.

L'étude reportée dans le chapitre 6 visait à franchir un nouveau pas vers l'idée selon laquelle l'évocation analogique permet de mettre en œuvre des analogies profondes dans la vie de tous les jours. En effet, l'objectif a été de tester si l'hypothèse de la supériorité structurelle était également valide dans le cadre de situations perceptivement riches – présentant une multitude de données visuelles – à l'image de celles que nous rencontrons à chaque instant. Un

paradigme de rappel de situations filmées a été emprunté, au sein duquel des disanalogues superficiellement similaires étaient en compétition à l'évocation avec des analogues superficiellement différents. Une nouvelle fois, les participants fondaient majoritairement leurs évocations analogiques sur les similitudes structurelles. Ces deux premiers chapitres expérimentaux suggèrent que des schémas abstraits issus des expériences quotidiennes des participants leur permettent de mettre en œuvre un encodage abstrait, et ce, même dans le cadre de paradigmes expérimentaux qui ne restituent pas tous les paramètres de l'environnement naturel qui invitent au traitement profond des situations.

L'évocation d'expériences personnelles, encodées tout au long de la vie par les participants, a été l'objet de la recherche expérimentale restituée au chapitre 7. Un paradigme d'évocation libre a été mis au point afin de renseigner les évocations déclenchées par la présentation de situations incarnant des schémas abstraits de vie quotidienne. Le design expérimental permettait au participant de reposer sur n'importe quelles sources analogiques stockées en mémoire préservant des similitudes pertinentes à ses yeux. L'analyse des souvenirs reportés par les participants a mis en évidence une grande proportion d'analogies profondes, dominant les évocations superficielles. Les participants semblaient se fier à la structure dès la première évocation, suggérant une compréhension abstraite lors du premier encodage de la cible. Dans l'ensemble, ces trois chapitres empiriques suggèrent que le processus d'évocation analogique permet à l'analogie de se manifester spontanément et de façon fréquente dans la vie quotidienne. Ils mettent en évidence le rôle crucial des catégories acquises au cours de l'expérience dans l'encodage des situations nouvellement rencontrées.

Une perspective développementale sur l'acquisition des catégories lexicales a été empruntée dans le chapitre 8. Notre étude portait sur les approximations sémantiques, un phénomène langagier riche en informations compte tenu des recherches documentant le caractère initialement contexte-spécifique des conceptions enfantines. En effet, les approximations sémantiques reflètent la capacité grandissante de l'enfant à rapprocher spontanément une situation donnée d'un ensemble d'expériences d'apparences différentes sur la base de relations abstraites partagées. Ces similitudes abstraites semblent être à l'origine de confusions entre des concepts voisins. Un dispositif EEG a été utilisé afin de renseigner les PE sous-tendant le traitement des approximations sémantiques par le jeune enfant de 4 ans. Des images d'actions ont été présentées avant l'introduction de phrases contenant un verbe correct,

un verbe approximatif, un verbe associé à l'objet de l'action ou un pseudo-verbe. L'effet N400 provoqué par le verbe associé à l'objet de l'action décrite suggère la capacité des jeunes enfants à représenter les relations abstraites des verbes et non uniquement les objets auxquels ils s'appliquent généralement. L'amplitude de la N400 déclenchée par les verbes approximatifs et correct était comparable, et significativement différente de celle provoquée par le traitement des pseudo-verbes. Chez l'adulte, un effet N400 apparaissait lors du traitement des approximations sémantiques, dévoilant la détection d'une incongruence sémantique. Ces données démontrent que les adultes perçoivent la transgression catégorielle que présentent les approximations sémantiques. Cela suggère que la mise en oeuvre d'analogies entre de très nombreux exemplaires d'une catégorie, qui sont rencontrés tout au long de la vie, permet d'établir les frontières conceptuelles conventionnellement admises dans une langue donnée. Pour résumer, cette étude illustre la capacité des jeunes enfants à interpréter les approximations sémantiques fondées sur des similitudes relationnelles tout en ne percevant pas leur caractère non conventionnel. Le jeune enfant semble donc reposer sur des analogies spontanées au cours du développement lexical, généralisant des concepts encore immatures de façon productive vers de nouveaux référents.

1.2. IMPLICATIONS THEORIQUES

1.1.1. Implications pour les modèles dominants de l'analogie

Nos études ont mis en évidence la supériorité des similitudes de structure sur les similitudes de surface dans l'évocation analogique. Les taux élevés d'évocations d'analogues superficiellement différents contrastent avec les prédictions issues des modèles dominants de l'analogie. Ces théories postulent que l'identification de la structure commune dépend d'un processus explicite de mise en correspondance entre deux représentations (Goldwater & Schalks, 2016). Le modèle de la mise en correspondance SME initie l'alignement structurel à travers l'établissement d'un réseau de correspondances locales entre les analogues (Forbus et al., 1995). Ce processus peut être mis en place entre deux représentations maintenues en MDT, mais sa mise en oeuvre entre une représentation cible et l'ensemble des sources en MLT impliquerait un coût computationnel qui n'est pas plausible. L'évocation analogique est ainsi modélisée à travers un mécanisme plus élémentaire dépendant principalement de la proportion de traits partagés dans le contenu des représentations. Dans LISA, l'établissement de correspondances structurellement similaires dépend également du maintien de deux

représentations en MDT (Hummel & Holyoak, 1997). En effet, l'établissement de correspondances structurellement cohérentes dépend de l'apprentissage de nouvelles connexions qui a lieu au cours de la mise en correspondance, mais pas lors de l'accès en mémoire. L'évocation analogique est exclusivement fondée sur les similitudes sémantiques entre les représentations. Les similitudes relationnelles ont une certaine influence à travers les similitudes sémantiques entre les rôles abstraits des objets. Néanmoins, sans possibilité d'apprendre de nouvelles connexions, les similitudes de rôles mènent difficilement à l'évocation en l'absence de similitude sémantique entre objets.

Nos résultats posent problème aux conceptions selon lesquelles l'appréciation des similitudes structurelles serait trop coûteuse pour être mise en œuvre durant l'accès en MLT. L'approche répandue d'un raisonnement analogique explicite a été remise en question par différents auteurs (Day & Goldstone, 2012 ; Sander, 2000). Cette vision semble trouver son origine dans le paradigme classique de résolution de problème où la capacité du participant à établir des correspondances entre des représentations déjà construites (par le participant) de façon indépendante est observée. Elle est difficilement conciliable avec l'idée selon laquelle l'analogie est un mécanisme omniprésent permettant d'interpréter de nouvelles situations à travers des connaissances antérieures. Le domaine d'étude des connaissances naïves met ainsi l'accent sur le fait que des savoirs familiers semblent orienter l'interprétation de façon non consciente (Fischbein, 1987 ; Sander, 2001). Par exemple, la conception de la perte influence la compréhension de la soustraction indépendamment d'un effort conscient de la part du participant à rechercher les correspondances entre les deux concepts. Dans cet esprit, différentes études expérimentales ont mis en évidence les manifestations d'analogies inaccessibles à la conscience des participants. Goldstone et Day (2011) ont montré qu'une situation source pouvait donner lieu à un modèle mental qui serait ensuite utilisé pour structurer la compréhension d'une situation cible superficiellement différente. Day et Gentner (2007) ont également mis en évidence qu'un texte source pouvait influencer l'interprétation d'un texte cible analogue lors de son encodage sans que le participant en ait conscience. Dans nos expériences, les participants évoquaient (au moins en grande majorité) consciemment les analogues sources spécifiques. Néanmoins, le point de vue mis en avant est que des catégories familières sont intervenues lors de l'étape cruciale de l'encodage de la situation cible, et que l'évocation d'un cas spécifique en MLT en soit une conséquence (Chalmers et al., 1992 ; Hofstadter & Sander, 2013 ; Schank, 1999). Globalement, l'intervention de l'analogie ne

semble pas pouvoir être limitée à des situations de mise en correspondance explicite en MDT. Si le maintien de deux représentations en MDT semble effectivement permettre de découvrir de nouvelles correspondances entre des représentations construites indépendamment, les manifestations quotidiennes de l'analogie semblent se traduire le plus souvent par un mécanisme automatique d'interprétation du nouveau par le familier.

La supériorité de la structure remet tout particulièrement en question le type de représentations sur lequel l'évocation analogique repose. Dans MAC/FAC, l'évocation est essentiellement un processus d'appariement entre le contenu des représentations. Ce contenu est considéré comme étant dominé par des concepts concrets peu propices à l'évocation d'analogues superficiellement différents. Il s'agit d'une liste renvoyant au nombre d'occurrences de chaque mot dans un texte. Au sein des modèles classiques, l'extraction de schémas abstraits a le plus souvent été envisagée comme la conséquence d'une activité de comparaison explicite de deux analogues ou de l'intervention de connaissances expertes (Catrambone & Holyoak, 1989 ; Gentner et al., 2003 ; 2009). Hammond et al. (1991) argumentent contre la plausibilité de représentations limitées à des traits de surface et mettent en avant les processus inférentiels permettant d'interpréter les relations abstraites impliquées dans un scénario. Nos résultats suggèrent fortement que des schémas familiaux interviennent lors de la construction de représentations des situations, ne se limitant pas à leur surface. Lors de la lecture de textes analogues, il paraît probable que les participants aient ainsi construit une représentation ne se limitant pas aux termes présentés, mais comprenant des concepts abstraits généralisables à travers les contextes. L'idée d'un mécanisme d'évocation analogique fondé sur des représentations répertoriant le contenu concret des situations paraît encore moins tenable dès lors que l'on considère la richesse perceptive des expériences rencontrées à chaque instant. Une représentation intégrant l'ensemble des concepts concrets disponibles dans de telles situations comporterait une liste infinie de traits. Un mécanisme de perception de haut-niveau est nécessaire pour filtrer et organiser les données perceptives de façon à aboutir à une signification abstraite de la situation (Chalmers et al., 1992). En effet, les participants de l'une de nos études (chapitre 6) semblaient à même de construire une représentation schématique de situations filmées présentant des données visuelles abondantes. Nos études suggèrent que l'intervention dans la structuration de représentations abstraites des catégories développées antérieurement a été largement sous-estimée.

1.1.2. À propos de l'hypothèse du monde conciliant (*kind world hypothesis*)

Un mécanisme d'évocation analogique récupérant fréquemment des disanalogues superficiellement similaires attribuerait une place mineure aux analogies spontanées dans la compréhension de nouvelles situations. Néanmoins, Gentner et Medina (1998) ont proposé qu'un processus d'évocation primitif axé sur la surface pourrait en fait constituer une stratégie optimale pour le système cognitif du fait de la nature conciliante du monde (*kind world hypothesis*). L'argument repose sur le fait que la surface est souvent corrélée à la structure dans notre environnement, et que par conséquent, les évocations fondées sur la surface permettent généralement de récupérer des cas qui sont également structurellement similaires (i.e. des analogues superficiellement similaires). Les auteurs formulent leur proposition de la manière suivante : « Dans la majorité de nos expériences, les informations superficielles sont fortement corrélées avec les informations structurelles. Si quelque chose ressemble à un tigre, c'en est probablement un. Les informations perceptives étant omniprésentes et faciles à traiter, cela constitue probablement une bonne stratégie de mettre à profit cette corrélation pour une personne possédant un large ensemble de connaissances. » (p 567-568). L'homogénéité des traits de surface (ex : la forme) des exemplaires d'une même catégorie est effectivement exploitée par le jeune enfant qui les utilise comme un indice de catégorisation (Landau et al., 1988). En fait, il a été suggéré que les corrélations entre la surface et la structure ne soient pas uniquement mises à profit en se fiant aveuglément aux similitudes de surface, mais en les utilisant pour inférer les structures qui leurs sont associées (Bassok et al., 1995). L'encodage d'un scénario ne repose pas uniquement sur la considération d'entités tels que des *pizzas* et *étudiants*. Ces dernières sont utilisées pour inférer le schéma d'obtention qui les relie habituellement. Les schémas extraits au cours des expériences nous permettent de percevoir l'essence des situations de vie quotidienne. Le monde semble donc également conciliant d'une manière alternative, en présentant des situations suffisamment structurellement redondantes pour que la capacité humaine à extraire des schémas abstraits rende à même de classifier comme relevant de catégories familières la plupart des expériences vécues.

Par ailleurs, l'hypothèse du monde conciliant suppose que l'évocation d'analogues superficiellement similaires repose sur un mécanisme d'évocation fondée sur la surface. Ce parti pris est questionnable dès lors que l'on considère la richesse des similitudes structurelles que partagent généralement ces analogues (Vosniadou, 1989). Il peut même être avancé que

deux analogues superficiellement similaires sont susceptibles de partager un degré plus fort de similitudes structurelles que deux analogues superficiellement différents. Cette idée peut être illustrée avec les stimuli utilisés par Trench et Minervino (2015, Expérience 2). La cible décrit une situation où une personne adore les fruits de la passion, décide de les introduire sous toutes leurs formes dans diverses préparations culinaires, au risque de s'en dégouter. Les sources analogues superficiellement similaires investiguées sont celles qui ont à voir avec une consommation excessive d'un aliment qui mène au dégoût. Les sources analogues superficiellement différentes considérées par les auteurs sont celles qui décrivent une situation où quelqu'un a joué de manière excessive à un jeu vidéo de sorte qu'il finit par s'en lasser. Il peut être noté que les analogues superficiellement similaires ne présentent pas uniquement davantage de similitudes de surface que les analogues superficiellement différents, mais qu'ils préservent également un ensemble de caractéristiques abstraites pertinentes. Par exemple, le fait que le protagoniste soit potentiellement un gourmet, ou qu'il risque de tomber malade ou de prendre du poids, sont autant d'informations qui ne sont pas présentes dans l'analogue superficiellement différent. La prise en compte par le participant de l'étendue du recouvrement structurel des analogues superficiellement similaires peut constituer une explication à la fréquence avec laquelle ils sont évoqués (Keane, 1987, Trench & Minervino, 2015), ainsi qu'à la rareté des évocations des disanalogues superficiellement similaires (Chapitre 5, 6, 7). En effet, les similitudes structurelles des analogues superficiellement similaires ont probablement un rôle déterminant dans l'évocation de ces situations.

1.1.3. Encodage initial et recodage

La littérature sur l'évocation analogique fait apparaître aussi bien des cas de réussite que des cas d'échec à récupérer des analogues superficiellement différents en MLT. Alors que la grande majorité des participants de nos études évoquaient des analogues superficiellement différents, des échecs massifs ont été mis en évidence dans d'autres études (Gick & Holyoak, 1980 ; Trench & Minervino, 2015). Nous avons suggéré que les participants de nos études étaient à même d'encoder les situations à travers des schémas abstraits familiers. Une explication possible aux échecs d'évocation analogique documentés dans les études antérieures est que le concept utilisé par les participants dans leur encodage initial de la source ne soit pas suffisamment abstrait pour englober l'analogue cible testé.

Selon Gick et Holyoak (1980), l'une des difficultés à appliquer la solution de convergence au problème de radiation est que la propriété de divisibilité n'est pas spontanément associée au concept de rayon. Sander et Richard (1997) ont argumenté que, pour que cette propriété soit attribuée aux rayons, ceux-ci doivent être reconsidérés à travers le concept très abstrait d'objets concrets. En effet, la relation partie-tout associée aux objets concrets permet de concevoir leur séparation et leur regroupement. La difficulté à recoder un élément à travers une catégorie d'un niveau d'abstraction important semble donc pouvoir expliquer les échecs à transférer spontanément la solution de convergence au problème de radiation. De la même façon, dans l'expérience de Trench et Minervino (2015), nous avons proposé que le film Jurassic Park ait pu être encodé à travers le schéma de la reproduction d'une espèce disparue présentant un danger pour l'Homme, qui engloberait le scénario de la reproduction de mammoths, mais pas celui de la tempête martienne. Il semble donc que les catégories utilisées dans l'encodage initial englobent certains analogues, mais ne permettent pas de percevoir les similitudes structurelles à un niveau d'abstraction plus élevé. Pour percevoir la similitude entre les analogues superficiellement différents de l'étude de Trench et Minervino (2015), un recodage plus abstrait que l'encodage initial aurait été nécessaire.

L'idée selon laquelle les schémas antérieurs permettent un encodage abstrait, mais pas le plus abstrait possible, apparaît bien dans l'étude de Bassok et al. (1995). Le schéma d'obtention activé par un analogue source permettait le transfert vers des analogues préservant ce schéma, mais pas vers les analogues ne partageant que des similitudes sur le plan de la structure formelle du problème. Le transfert vers ces derniers problèmes nécessite un recodage sémantique permettant d'envisager la structure formelle (Clément, 2020 ; Gros, Thibaut & Sander, 2020). Les résultats de Clément et al. (1994) sont pertinents ici puisqu'ils montrent que le remplacement de certains termes de textes analogues par des concepts plus généraux améliore les taux d'accès en mémoire. Ils suggèrent qu'un mécanisme de re-représentation à travers des concepts plus abstraits peut être nécessaire pour évoquer des analogues superficiellement différents. Trench et al. (2020) ont également fourni des résultats intéressants à ce sujet. Ils ont montré que les forts taux d'évocations d'analogues superficiellement différents mis en évidence (Expérience 1) diminuaient lorsque les similitudes structurelles étaient placées à un niveau plus important d'abstraction (Expérience 2). Il est suggéré que les analogues partageant des similitudes très abstraites requièrent un mécanisme de re-représentation qui rend l'évocation analogique moins évidente.

Ainsi, un consensus qui semble émerger des différentes approches concerne le fait que les analogies qui reposent sur le recodage d'analogues à travers une structure abstraite peuvent être difficiles à mettre en œuvre spontanément. Le recodage peut intervenir de façon spontanée, mais plus l'abstraction requise est importante, plus le recodage est difficile (Sander & Richard, 1997 ; 1998). Néanmoins, ce que les approches dominantes semblent avoir négligé est l'abstraction de l'encodage initial que nous appliquons à la plupart des situations rencontrées au quotidien, et par conséquent, l'aisance avec laquelle de nombreuses analogies sont mises en œuvre spontanément.

1.1.4. Le rôle de l'analogie dans le développement des catégories

Les théories développementales de l'analogie ont mis en évidence un basculement relationnel traduisant une focalisation initiale sur les similitudes d'objets puis une considération croissante des similitudes relationnelles. Différentes origines ont été attribuées à cette progression. Il est néanmoins admis que ce pattern développemental soit au moins en partie impliqué dans la difficulté des enfants à construire des catégories relationnelles. Cela expliquerait notamment pourquoi les verbes sont plus difficilement appris que les noms d'objets par le jeune enfant (Gentner, 2006). L'analogie aurait un rôle majeur dans la construction des catégories relationnelles. La comparaison explicite d'exemplaires analogues permettrait de constituer des représentations explicites des rôles abstraits des objets à partir de traits invariants (Doumas et al., 2008), ou d'extraire par alignement structurel les relations pertinentes qui leurs sont communes (Gentner & Kurtz, 2005 ; Gentner & Hoyos, 2017). La mise en œuvre de cette comparaison explicite par l'enfant peut être facilitée par la présence de similitude de surface, ou par l'introduction d'un label relationnel commun (Gentner et al., 2011). Les études ont également montré que la présentation de multiples exemplaires analogues, tout en considérant les limites imposées par l'augmentation de la charge mentale, était favorable à l'acquisition d'une catégorie relationnelle (Kotovsky & Gentner, 1996 ; Thibaut & Witt, 2015). En effet, il a été proposé que les invariants détectés entre un faible nombre d'exemplaires analogues pouvaient préserver des éléments non pertinents à la catégorie, nécessitant de nouvelles comparaisons (Doumas et al., 2008).

Les approximations sémantiques produites par le jeune enfant alimentent la vision selon laquelle les analogies constituent un moyen primordial d'interpréter le nouveau à travers le

familier. Elles illustrent que les sources familiales, issues d'expériences répétées avec des exemplaires analogues, constituent un support d'analogie privilégié par les jeunes enfants (Goswami & Brown, 1990 ; Inagaki & Hatano, 1987 ; Sander, 2001). Les analogies spontanées que sont les approximations sémantiques semblent également jouer un rôle crucial dans le raffinement des catégories par analogie. Elles suggèrent que l'enfant ayant acquis une certaine familiarité avec les catégories lexicales de sa langue produit lui-même les comparaisons alimentant le développement de ses catégories. Les bénéfices associés à la présentation conjointe d'exemplaires analogues semblent donc en partie être restitués dans le cadre des analogies mises en œuvre spontanément par l'enfant. Il est proposé que les extensions spontanées de concepts aient un rôle central dans le raffinement des catégories (Hofstadter & Sander, 2013). La détection d'invariants entre une nouvelle situation et un ensemble d'expériences stockées en MLT sous la forme d'un concept permet le raffinement de ce dernier autour des propriétés partagées. Les propriétés communes renforcent le caractère essentiel qu'elles revêtent au sein de la catégorie, alors que les propriétés non partagées sont placées plus en périphérie. Les approximations sémantiques semblent donc rendre apparent, de par leur non-conventionalité, un processus essentiel d'extension des catégories par analogies.

À la différence de nombreuses autres extensions produites par l'enfant, les approximations sémantiques transgressent les frontières conventionnelles des catégories de la langue. Celles-ci traduisent le fait que la capacité à percevoir des similitudes abstraites n'est pas suffisante pour apprendre les catégories lexicales. Il est nécessaire d'appréhender les composantes sémantiques qui sont combinées de façon plus ou moins arbitraire par une langue donnée (Bowerman, 2005 ; Gentner & Boroditsky, 2001). Alors qu'il a généralement été mis en évidence que les catégories enfantines étaient moins abstraites que celles des adultes, les approximations sémantiques ouvrent la perspective nouvelle de considérer les premières comme étant *différemment* abstraites par rapport aux dernières.

Une possibilité est que les approximations sémantiques jouent une fonction importante pour aider les enfants à discriminer des catégories voisines. En effet, la recherche a mis en évidence que l'apprentissage d'une catégorie pouvait être facilité par la présentation d'exemplaires qui partagent certaines propriétés avec ce concept, mais qui n'en font pas partie pour autant (« ceci n'est pas un X », Augier & Thibaut, 2013). Le fait de mentionner que ces exemplaires n'appartiennent pas à la catégorie indique que les propriétés qu'ils partagent avec

celle-ci ne sont pas suffisantes pour appliquer la catégorie. Les approximations sémantiques suggèrent que l'enfant attribue un poids trop important à certaines propriétés du concept sur-étendu (ex : *révéler une partie cachée* pour *ouvrir*; Schaefer, 1979). Suite à la production d'une approximation sémantique, le feedback de l'adulte permettra d'indiquer à l'enfant que la situation décrite (ex : une pomme coupée en deux) se trouve en dehors de la catégorie malgré les propriétés qu'elle partage avec cette dernière. Ce feedback souligne donc que la propriété *révéler une partie cachée* n'est pas un critère suffisant pour appliquer la catégorie *ouvrir* au sein de la langue apprise par l'enfant. Il paraît donc probable que les approximations sémantiques permettent au feedback de l'adulte de réduire l'importance attribuée à certaines propriétés de sorte que l'enfant appréhende mieux les frontières conventionnelles des catégories de sa langue.

1.3. PERSPECTIVES ET CONCLUSIONS

Un objectif de la thèse a été de mettre en avant l'utilisation de connaissances antérieures dans la mise en œuvre d'un encodage abstrait des situations qui sont rencontrées quotidiennement. Dans nos études, l'encodage abstrait était inféré des évocations analogiques que les participants reportaient. L'accès en mémoire à des analogues superficiellement différents suggère l'encodage de propriétés abstraites qui sont utilisées comme indice de récupération. Des recherches futures investiguant plus directement les caractéristiques de l'encodage qui est mis en œuvre dans des situations de vie quotidienne permettraient d'informer les mécanismes qui régissent ce processus. Des méthodes ont été récemment développées pour étudier le processus de re-représentation induit par la comparaison de deux analogues (Silliman & Kurtz, 2019). Dans le cadre d'un paradigme de détection du changement, des participants devaient évaluer l'analogie entre des textes analogues, puis indiquer les changements qu'ils percevaient face à de nouvelles versions de ces textes qui avaient été modifiés. Les participants avaient tendance à ignorer les modifications remplaçant des relations spécifiques similaires dans les deux textes par des relations plus générales applicables aux deux analogues, ce qui suggère qu'un mécanisme de re-représentation soit intervenu au cours de la mise en correspondance. Il semble envisageable que les schémas familiers utilisés dans l'encodage initial donnent lieu au même type d'effet. Dans cet esprit, Gros et al. (2020b) ont montré que des modifications d'énoncés de problèmes pouvaient passer inaperçues lorsqu'elles renvoyaient à des inférences congruentes avec le schéma associé aux objets décrits. De tels

paradigmes expérimentaux pourraient être utilisés afin de déterminer le niveau d'abstraction auquel les participants encodent des situations de vie quotidienne.

Informé le niveau d'abstraction de l'encodage initial d'une situation permettrait également d'étudier les niveaux d'abstraction qui peuvent ou non être atteints par l'intervention d'un processus de re-représentation non supervisé. Sander et Richard (1997) ont montré que les participants apprenant à maîtriser le traitement de texte étaient capables de modifier leur encodage initial dans les cas où celui-ci s'avérait inadéquat pour accomplir un but. Les participants recourraient ainsi à des concepts de niveau d'abstraction croissant (*machine à écrire, écriture en général, manipulation d'objet*). La difficulté des tâches effectuées variait selon le niveau d'abstraction du concept requis pour les accomplir. Nous avons proposé que les difficultés à évoquer spontanément des analogues superficiellement différents puissent trouver leur origine dans le niveau élevé d'abstraction du concept requis pour apprécier leur similitude. Une étude systématique de l'influence du niveau d'abstraction du concept requis sur les taux d'évocations analogiques des participants permettrait de mieux appréhender les obstacles potentiels à la génération d'analogies spontanées.

Dans nos études, nous avons considéré qu'un schéma familier pouvait permettre d'encoder une situation source à un niveau d'abstraction permettant son évocation face à une situation cible encodée à travers un schéma similaire. Certains auteurs ont suggéré que différents encodages d'une même situation pouvaient être mis en œuvre (Clément, 2020), et que le choix de l'encodage opéré était grandement influencé par l'analogie (Chalmers et al., 1992). Cela a été mis en évidence expérimentalement dans le cadre de la comparaison d'analogues. Kurtz (2005) a par exemple montré qu'un stylo était davantage considéré comme un contenant après avoir été comparé à une bouteille. Il serait ainsi intéressant d'investiguer la contribution des analogies spontanées dans le changement des points de vue qui peuvent être pris sur une même situation. L'évocation analogique a en effet probablement un rôle important à jouer dans la flexibilité avec laquelle différentes perspectives peuvent être prises sur un même objet.

L'approche développementale que nous avons empruntée a mis en avant que l'analogie, en tant que mécanisme irrépressible d'interprétation du nouveau à travers le familier, est un mécanisme particulièrement essentiel pour l'enfant qui découvre un grand nombre de

domaines. Sans que cela minimise l'apport des interventions mobilisant la comparaison explicite d'exemplaires présentés conjointement, nous avons voulu montrer le rôle crucial des analogies spontanées dans le développement conceptuel. L'étude des analogies spontanées mises en œuvre par de jeunes enfants permet d'identifier les particularités des conceptions enfantines. L'usage des PE semble constituer une voie prometteuse pour investiguer les conceptions sous-tendant les analogies produites par les jeunes enfants. Si nous avons mis en évidence que des facteurs conceptuels étaient effectivement à l'origine des approximations sémantiques, l'étude des PE pourrait permettre de documenter plus précisément les facteurs de difficulté impliqués dans la maîtrise des catégories lexicales. Différentes hypothèses ont été formulées dans la littérature. Le recouvrement sémantique entre catégories pourrait rendre la délimitation de leur frontière plus difficile (Saji et al., 2011), les catégories s'appliquant à des référents perceptivement variés pourraient constituer une incitation à (sur) généraliser (Bowerman, 2005), le caractère non naturel (i.e. arbitraire) des distinctions opérées par une langue pourrait également rendre peu évident le choix d'un mot plutôt qu'un autre (Gentner & Bowerman, 2009). L'étude de la N400 lors du traitement de sur-extensions faisant varier ces différents facteurs serait probablement informative pour mettre en évidence leur influence respective. Une autre question qui subsiste concerne le fait que les approximations sémantiques soient généralement mises en œuvre lorsque le concept conventionnel est inconnu, en cohérence avec l'idée d'un mécanisme d'utilisation du familier pour faire face à l'inconnu, ou si elles le sont tout autant dans les cas où le terme conventionnel est connu, du fait d'une confusion entre les frontières catégorielles des deux concepts.

La présente thèse a été menée afin de documenter la capacité fondamentale à appréhender de nouvelles situations par l'intermédiaire d'analogies avec des expériences passées. L'essentiel de ce mécanisme est probablement contenu dans les actes les plus anodins par lesquels notre pensée rattache les nouvelles situations rencontrées à chaque instant à des catégories issues d'expériences fortement similaires. Une hypothèse plus ambitieuse a néanmoins été à l'origine de ce travail de thèse. En effet, nous avons cherché à mettre en évidence que la perception de l'essence des situations pouvait mener à dresser des parallèles entre des situations présentant des apparences très contrastées. Les suites d'analogies opérées depuis le plus bas âge semblent alimenter des conceptions d'abstraction croissante constituant un pont entre des expériences impliquant des contextes différents. Nous espérons avoir contribué à mettre en évidence le cercle vertueux entre l'apport de l'analogie et des catégories,

à travers lequel les catégories abstraites alimentent les analogies spontanées tout autant que les analogies spontanées participent du développement des catégories.

BIBLIOGRAPHIE

- Augier, L., & Thibaut, J. P. (2013). The benefits and costs of comparisons in a novel object categorization task: interactions with development. *Psychonomic Bulletin & Review*, *20*(6), 1126–1132.
- Bassok, M. (2001). Semantic alignments in mathematical word problems. In D. Gentner, K. J. Holyoak, & B. Kokinov (Eds.), *The analogical mind: Perspectives from cognitive science* (pp. 401–433). Cambridge, MA: MIT Press.
- Bassok, M., Chase, V. M., & Martin, S. A. (1998). Adding apples and oranges: Alignment of semantic and formal knowledge. *Cognitive Psychology*, *35*, 99–134.
- Bassok, M., Wu, L. L., & Olseth, K. L. (1995). Judging a book by its cover: Interpretative effects of content on problem-solving transfer. *Memory & Cognition*, *23*, 354-367.
- Bearman, C. R., Ball, L. J., & Ormerod, T. C. (2007). The structure and function of spontaneous analogising in domain-based problem solving. *Thinking and Reasoning*, *13*, 273-94.
- Bloom, L. (1973). *One word at a time*. The Hague: Mouton.
- Blanchette, I., & Dunbar, K. N. (2000). How analogies are generated: The roles of structural and superficial similarity. *Memory & cognition*, *28*, 108-124.
- Booth, A. E., & Waxman, S. R. (2002). Word learning is ‘smart’: Evidence that conceptual information affects preschoolers’ extension of novel words. *Cognition*, *84*, B11–B22.
- Bowerman, M. (1978). Systematizing semantic knowledge: Changes over time in the child’s organization of word meaning. *Child Development*, *49*, 977–987.
- Bowerman, M. (1982). Reorganizational processes in syntactic and lexical development. In E. Wanner & L.R. Gleitman (Eds.), *Language acquisition: The state of the art*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Bowerman, M. (2005). Why can’t you ‘open’ a nut or ‘break’ a cooked noodle? Learning covert object categories in action word meanings. In L. Gershkoff-Stowe & D. Rakison (Eds.),

- Building object categories in developmental time* (pp. 209–243). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Bowerman, M. (2012). *Ten lectures on language, cognition, and language acquisition*. Beijing: Foreign Language Teaching and Research Press.
- Bowerman, M., & Choi, S. (2001). Shaping meanings for language: Universal and language-specific in the acquisition of spatial semantic categories. In M. Bowerman & S. C. Levinson (Eds.), *Language acquisition and conceptual development* (pp. 475–511). Cambridge University Press: Cambridge.
- Brown, A. L. (1989). Analogical mapping and transfer: What develops? In S. Vosniadou & A. Ortony (Eds.), *Similarity and analogical reasoning*, New York: Cambridge University Press.
- Catrambone, R., & Holyoak, K. J. (1989). Overcoming contextual limitations on problem-solving transfer. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *15*, 1147-1156.
- Catrambone, R. (2002). The effects of surface and structural feature matches on the access of story analogs. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *28*, 318-334.
- Chalmers, D. J., French, R. M., & Hofstadter, D. R. (1992). High-level perception, representation, and analogy. *Journal for Experimental and Theoretical Artificial Intelligence*, *4*, 185-211.
- Chen, Z., Mo, L., & Honomichl, R. (2004). Having the memory of an elephant: Long-term retrieval and the use of analogues in problem solving. *Journal of Experimental Psychology: General*, *133*, 415–433.
- Chi, M. T. H., Feltovich, P. J., & Glaser, R. (1981). Categorization and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive Science*, *5*, 121-152.
- Christensen, B. T., & Schunn, C. D. (2007). The relationship of analogical distance to analogical function and pre-inventive structure: The case of engineering design. *Memory & Cognition*, *35*, 29–38.

- Christie, S., & Gentner, D. (2010). Where hypotheses come from: Learning new relations by structural alignment. *Journal of Cognition and Development, 11*(3), 356–373.
- Childers, J. B., & Tomasello, M. (2002). Two-year-olds learn novel nouns, verbs, and conventional actions from massed or distributed exposures. *Developmental Psychology, 38*(6), 967-978.
- Choi, S., & Bowerman, M. (1991). Learning to express motion events in English and Korean: The *influence of language-specific lexicalization patterns*. *Cognition, 41*, 83-121.
- Choi, S., & Gopnik, A. (1995). Names, relational words, and cognitive development in English and Korean speakers: Nouns are not always learned before verbs. In M. Tomasello & W. E. Merriman (Eds.), *Beyond names for things: Young children's acquisition of verbs* (pp. 63–80). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Clark, E. V. (1973). What's in a word? On the child's acquisition of semantics in his first language. In T.E. Moore (Ed.), *Cognitive development and the acquisition of language*. New York: Academic Press.
- Clement, C. A., Mawby, R., & Giles, D. E. (1994). The effects of manifest relational similarity on analog retrieval. *Journal of Memory and Language, 33*(3), 396–420.
- Clément, E. (InPress). Flexibilité cognitive et logique de découverte. In Sander, E. (ed.). *Les logiques de la pensée*. Paris: Odile Jacob
- Clément, E., & Richard, J-F. (1997). Knowledge domain effects in problem representation: the case of the Tower of Hanoi Isomorphs. *Thinking and Reasoning, 3*, 133-157.
- Colunga, E., & Smith, L. B. (2008). Knowledge embedded in process : The self-organization of skilled noun learning. *Developmental Science, 11*, 195–203.
- Day, S. B., & Gentner, D. (2007) .Non intentional analogical inference in text comprehension. *Memory & Cognition, 35*, 39–49.
- Day, S. B., & Goldstone, R. L. (2011). Analogical transfer from a simulated physical system. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 37*, 551–567.

- Doumas, L. A. A., Hummel, J. E., & Sandhofer, C. M. (2008). A theory of the discovery and predication of relational concepts. *Psychological Review*, *115*, 1–43.
- Dunbar, K. N. (1997). How scientists think: Online creativity and conceptual change in science. In T. B. Ward, S. M. Smith, & S. Vaid (Eds.), *Creative thought: An investigation on conceptual structures and processes* (pp. 461–493). Washington, DC: APA Press.
- Dunbar, K. N. (2001). The analogical paradox: Why analogy is so easy in naturalistic settings yet so difficult in the psychological laboratory. In D. Gentner, K. J. Holyoak, & B. N. Kokinov (Eds.), *The analogical mind: Perspectives from cognitive science* (pp. 313–334). Cambridge, MA: MIT Press.
- Duncker, K. N. (1945). *On problem solving*. Psychological Monographs, 58, Whole No. 270.
- Falkenhainer, B., Forbus, K. D., & Gentner, D. (1989). The structure-mapping engine: Algorithm and examples. *Artificial Intelligence*, *41*, 1–63.
- Forbus, K., Gentner, D., & Law, K. (1995). MAC/FAC: A model of similarity-based retrieval. *Cognitive Science*, *19*, 141–204.
- Gentner, D. (1982). Why nouns are learned before verbs: Linguistic relativity versus natural partitioning. In S.A. Kuczaj II (Ed.), *Language development. Vol. 2: Language, thought, and culture*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates
- Gentner, D. (1983). Structure-Mapping: A Theoretical Framework for Analogy. *Cognitive Science*, *7*, 155-170.
- Gentner, D. (1988). Metaphor as structure mapping: The relational shift. *Child Development*, *59*(1), 47–59.
- Gentner, D. (1989). The mechanisms of analogical learning. In S. Vosniadou, & A. Ortony (Eds.). *Similarity and Analogical Reasoning* (pp. 199–241). London: Cambridge University Press.
- Gentner, D. (2010). Bootstrapping the mind: Analogical processes and symbol systems. *Cognitive Science*, *34*(5), 752–775.

- Gentner, D., Anggoro, F. K., & Klibanoff, R. S. (2011). Structure-mapping and relational language support children's learning of relational categories. *Child Development, 82*(4), 1173–1188.
- Gentner, D., & Asmuth, J. (2017). Metaphoric extension, relational categories, and abstraction. *Language, Cognition and Neuroscience*.
- Gentner, D., & Boroditsky, L. (2001). Individuation, relativity, and early word learning. In M. Bowerman & S.C. Levinson (Eds.), *Language acquisition and conceptual development*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Gentner, D., Holyoak, K. J., & Kokinov, B. N. (2001). *The analogical mind*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Gentner, D., & Hoyos, C. (2017). Analogy & abstraction. *Topics in Cognitive Science, 9*(3), 672–693.
- Gentner, D., & Kurtz, K. (2005). Relational categories. In Ahn, W. K., Goldstone, R. L., Love, B. C., Markman, A. B., Wolff, P. W. (eds). *Categorization inside and outside the lab*, Washington, DC : American Psychological Association.
- Gentner, D., & Kurtz, K. (2006). Relations, objects, and the composition of analogies. *Cognitive Science, 30*, 609–642.
- Gentner, D., & Landers, R. (1985). Analogical reminding: A good match is hard to find. *Proceedings of the International Conference on Systems, Man, and Cybernetics* (pp. 607-613) Tucson, NY.
- Gentner, D., Loewenstein, J., & Thompson, L. (2003). Learning and transfer: A general role for analogical encoding. *Journal of Educational Psychology, 95*, 393–408.
- Gentner, D., Loewenstein, J., Thompson, L., & Forbus, K. D. (2009). Reviving inert knowledge: Analogical abstraction supports relational retrieval of past events. *Cognitive Science, 33*, 1343-1382.
- Gentner, D. & Maravilla, F. (2018). Analogical reasoning. L. J. Ball & V. A. Thompson (eds.) *International Handbook of Thinking & Reasoning* (pp. 186-203). NY, NY: Psychology Press.

- Gentner, D., & Medina, J. (1998). Similarity and the development of rules. *Cognition*, *65*, 263-297.
- Gentner, D., & Namy, L. (1999). Comparison in the development of categories. *Cognitive Development*, *14*, 487–513.
- Gentner, D., Rattermann, M. J., & Forbus, K. D. (1993). The roles of similarity in transfer: Separating retrievability from inferential soundness. *Cognitive Psychology*, *25*, 524-575.
- Gentner, D., & Smith, L. A. (2013). Analogical learning and reasoning. In Reisberg, D. (eds.). *The Oxford handbook of cognitive psychology*, New York, NY: Oxford University Press.
- Gentner, D., & Toupin, C. (1986). Systematicity and surface similarity in the development of analogy. *Cognitive Science*, *10*, 277–300.
- Gershkoff-Stowe, L., Connell, B., & Smith, L. (2006). Priming overgeneralizations in 2- and 4-year-old children. *Journal of Child Language*, *33*, 1–26.
- Gick, M. L., & Holyoak, K. J. (1980). Analogical problem solving. *Cognitive Psychology*, *12*, 306–355.
- Gick, M. L., & Holyoak, K. J. (1983). Schema induction and analogical transfer. *Cognitive Psychology*, *15*, 1-38.
- Goldstone, R. L. & Son, J.Y.(2005). The transfer of scientific principles using concrete and idealized simulations. *The Journal of the Learning Sciences*, *14*, 69–110.
- Goldwater, M. B., & Schalk, L. (2016). Relational categories as a bridge between cognitive and educational research. *Psychological Bulletin*, *142*(7), 729–775.
- Goswami, U. (2001). Analogical reasoning in children. In D. Gentner, K. J. Holyoak, & B. N. Kokinov (Eds.), *The analogical mind: Perspectives from cognitive science* (pp. 437–470). Cambridge, MA: MIT Press
- Goswami, U., & Brown, A. L. (1990). Higher-order structure and relational reasoning: Contrasting analogical and thematic relations. *Cognition*, *36*, 207–226.

- Gros, H., Sander, E., & Thibaut, J. P. (2019). When masters of abstraction run into a concrete wall: Experts failing arithmetic word problems. *Psychonomic Bulletin & Review*, *26*(5), 1738–1746.
- Gros, H., Thibaut, J. P., & Sander, E. (2020). Semantic Congruence in Arithmetic: A New Model for Word Problem Solving. *Educational Psychologist*, *55*.
- Gros, H., Thibaut, J.-P., & Sander, E. (preprint). Trouble down memory lane: Misremembrance reveals encoding differences in arithmetic word problems.
- Gvozdic, K., & Sander, E. (2019). Learning to be an opportunistic word problem solver: Going beyond informal solving strategies. *ZDM*, *23*(141), 1–13.
- Halford, G. S. (1992). Analogical reasoning and conceptual complexity in cognitive development. *Human Development*, *35*(4), 193–218.
- Halford, G. S., Wilson, W. H., & Phillips, S. (1998). Processing capacity defined by relational complexity: Implications for comparative, developmental, and cognitive psychology. *Behavioral and Brain Sciences*, *21*, 803-864.
- Hammond, K. J., Seifert, C. M., & Gray, K. C. (1991). Functionality in analogical transfer: A hard match is good to find. *The Journal of the Learning Sciences*, *1*, 111-152.
- Hofstadter, D., & Sander, E. (2013). *Surfaces and essences: Analogy as the fuel and fire of thinking*. New York: Basic Books.
- Holyoak, K. J. (1985). The pragmatics of analogical transfer. In Bower, G. H. (eds.). *The psychology of learning and motivation*, New York: Academic Press.
- Holyoak, K. J. (2012). Analogy and relational reasoning. In Holyoak, K. J., Morrison, R. G. (eds.) *The Oxford handbook of thinking and reasoning*, New York: Oxford University Press.
- Holyoak, K. J., & Koh, K. (1987). Surface and structural similarity in analogical transfer. *Memory & Cognition*, *15*, 323-340.

- Holyoak, K. J., & Lee, H. S. (2017). Inferring causal relations by analogy. In M. R. Waldmann (Ed.), *Oxford handbook of causal reasoning*. New York: Oxford University Press.
- Holyoak, K. J., Lee, H. S., & Lu, H. (2010). Analogical and category-based inference: A theoretical integration with Bayesian causal models. *Journal of Experimental Psychology: General*, *139*, 702–727.
- Holyoak, K. J., & Thagard, P. (1989). Analogical mapping by constraint satisfaction. *Cognitive Science*, *13*, 295–355.
- Holyoak, K. J., & Thagard, P. (1995). *Mental leaps: Analogy in creative thought*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Hudson, J., & Nelson, K. (1984). Play with language: Overextensions as analogies. *Journal of Child Language*, *11*, 337–346.
- Hummel, J. E., & Holyoak, K. J. (1997). Distributed representations of structure: A theory of analogical access and mapping. *Psychological Review*, *104*, 427–466.
- Hummel, J. E., & Holyoak, K. J. (2003). A symbolic-connectionist theory of relational inference and generalization. *Psychological Review*, *110*(3), 220–264.
- Imai, M., Gentner, D., & Uchida, N. (1994). Children's theories of word meaning: the role of shape similarity in early acquisition. *Cognitive Development* *9*, 45–75.
- Imai, M., Haryu, E., & Okada, H. (2005). Mapping novel nouns and verbs onto dynamic action events: Are verb meanings easier to learn than noun meanings for Japanese children? *Child Development*, *76*, 340
- Inagaki, K., & Hatano, G. (1987). Young children's spontaneous personification as analogy. *Child Development*, *58*, 1013-1020 .
- Jamrozik, A., & Gentner, D. (2020). Relational labeling unlocks inert knowledge. *Cognition*, *196*, 104146.
- Johnson, H. M., & Seifert, C. M. (1992). The role of predictive features in retrieving analogical cases. *Journal of Memory and Language*, *31*, 648–667.

- Jones, S. S., & Smith, L. B. (1998). How children name objects with shoes. *Cognitive Development* 13, 323–34.
- Jones, S., Smith, L., & Landau, B. (1991). Object properties and knowledge in early lexical learning. *Child Development*, 62, 499-516.
- Keane, M. (1987). On retrieving analogues when solving problems. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 39, 29-41.
- Knowlton, B. J., Morrison, R. G., Hummel, J. E., & Holyoak, K. J. (2012). A neurocomputational system for relational reasoning. *Trends in Cognitive Sciences* , 16(7), 373–381.
- Kotovsky, L., & Gentner, D. (1996). Comparison and categorization in the development of relational similarity. *Child Development*, 67(6), 2797–2822.
- Kotovsky, K., Hayes, J. R., & Simon, H. A. (1985). Why are some problems hard? Evidence from Tower of Hanoi. *Cognitive Psychology*, 17(2), 248–294.
- Kretz, D. R., & Krawczyk, D. C. (2014). Expert analogy use in a naturalistic setting. *Frontiers in Psychology*. 5, 1333.
- Kubricht, J. R., Lu, H., & Holyoak, K. J. (2017). Individual differences in spontaneous analogical transfer. *Memory & Cognition*.
- Kurtz, K. J. (2005). Re-representation in comparison: Building an empirical case. *Journal of Experimental & Theoretical Artificial Intelligence*, 17, 447-459
- Kurtz, K. J., & Loewenstein, J. (2007). Converging on a new role for analogy in problem solving and retrieval: When two problems are better than one. *Memory & Cognition*, 35, 334–341.
- Lakoff, G., & Johnson, M. (1999). *Philosophy in the flesh*. New York: Basic Books.
- Loewenstein, J., & Gentner, D. (2005). Relational language and the development of relational mapping. *Cognitive Psychology*, 50, 315–353.
- Lu, H., Chen, D., & Holyoak, K. J. (2012). Bayesian analogy with relational transformations. *Psychological Review*, 119, 617–648

- Majid, A., Boster, J. S., Bowerman, M. (2008). The cross-linguistic categorization of everyday events: A study of cutting and breaking. *Cognition*, *109*, 235–250.
- Markman, E. M. (1990). Constraints children place on word meanings. *Cognitive Science*, *14*, 57-77.
- Markman, A. B., & Gentner, D. (1993). Structural alignment during similarity comparisons. *Cognitive Psychology*, *25*, 431–467.
- Martin, S. A., & Bassok, M. (2005). Effects of semantic cues on mathematical modeling: Evidence from word-problem solving and equation construction tasks. *Memory & Cognition*, *33*, 471–478.
- McRae, K., Nedjadrasul, R. P., Lo, B. P-H., & King, L. (2018). Abstract concepts and picture of real-world situations activate one another. *Topics in Cognitive Science*. 1-15.
- Mendelsohn, E., Robinson, S., Gardner, H., & Winner, E. (1984). Are preschooler's renamings intentional category violations? *Developmental Psychology*, *20*(2), 187–92.
- Novick, L. R. (1988). Analogical transfer, problem similarity, and expertise. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *14*, 510-520.
- Pedone, R., Hummel, J. E., & Holyoak, K. J. (2001). The use of diagrams in analogical problem solving. *Memory & Cognition*, *29*, 214–221.
- Pouscoulous N (2011) Metaphor: for adults only? *Belgian Journal of Linguistics* *25*, 51–79.
- Pye, C., Loeb, D. F., & Pao, Y.Y. (1996). The acquisition of breaking and cutting. In E.V. Clark (Ed.), *Proceedings of the 27th Annual Child Language Research Forum*. Stanford: CSLI Publications, 227–236.
- Richland, L. E., Holyoak, K. J., & Stigler, J. W. (2004). Analogy Use In Eighth-Grade Mathematics Classrooms. *Cognition and Instruction*, *22*, 37-60.
- Richland, L. E., Morrison, R. G., & Holyoak, K. J. (2006). Children's development of analogical reasoning: Insights from scene analogy problems. *Journal of Experimental Child Psychology*, *94*, 249–271.

- Rattermann, M. J., & Gentner, D. (1998). More evidence for a relational shift in the development of analogy: Children's performance on a causal-mapping task. *Cognitive Development, 13*, 453–478.
- Ross, B. H. (1987). This is like that: The use of earlier problems and the separation of similarity effects. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 13*, 629.
- Ross, B. H. (1989). Distinguishing types of superficial similarities: Different effects on the access and use of earlier problems. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 15*, 456.
- Ross, B. H., & Bradshaw, G. L. (1994). Encoding effects of reminders. *Memory & Cognition, 22*(5), 591–605.
- Rottman, B. M., Gentner, D., & Goldwater, M. B. (2012). Causal systems categories: Differences in novice and expert categorization of causal phenomena. *Cognitive Science, 36*(5), 919–932.
- Sander, E. (2000). *L'analogie, du naïf au créatif: analogie et catégorisation*. Paris: L'Harmattan.
- Sander, E. (2001). Solving arithmetic operations: A semantic approach. *Proceedings of the 23rd Annual Conference of the Cognitive Science Society*, Edinburgh, Scotland (pp. 915–920).
- Sander, E. (2008). Les connaissances naïves en mathématiques, In Lautrey, J., Rémi-Giraud, S., Sander, E. (eds.). *Les connaissances naïves*, Paris : Armand Colin.
- Sander, E., & Richard, J.-F. (1997). Analogical transfer as guided by an abstraction process: the case of learning by doing text editing. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition, 23*, 1459-1483.
- Sander, E., & Richard, J.-F. (1998). Analogy making as a categorization and an abstraction process. In Holyoak, K. J., Gentner, D., Kokinov, B. (eds.). *Advances in Analogy Research : integration of theory and data from the cognitive, computational and neural sciences*, Sofia, Bulgarie : NBU Series in Cognitive Science.

- Sander, E., & Richard, J.-F. (2005). Analogy and transfer: Encoding the problem at the right level of abstraction. *Proceedings of the 27th Annual Conference of the Cognitive Science Society*, Stresa, Italie.
- Schank, R. C. (1999). *Dynamic memory*. New York: Cambridge University Press.
- Seifert, C. M., Hammond, K. J., Johnson, H. M., Converse, T. M., MacDougal, T., & VanderStoep, S. W. (1994). Case-based learning: Predictive features in indexing. *Machine Learning*, *16*, 37–56
- Smith, L. B., Jones, S. S., & Landau, B. (1996). Naming in young children: A dumb attentional mechanism? *Cognition*, *60*, 143-171
- Spellman, B. A., & Holyoak, K. J. (1996). Pragmatics in analogical mapping. *Cognitive Psychology*, *31*, 307–346.
- Solomon, K. O., & Barsalou, L. W. (2001). Representing properties locally. *Cognitive Psychology* *43*, 129–69
- Son, J. Y., Doumas, L. A., & Goldstone, R. L. (2010). When do words promote analogical transfer?. *The Journal of Problem Solving*, *3*, 52–92.
- Son, J. Y., Smith, L. B., Goldstone, R. L., Leslie, M. (2012). The importance of being interpreted: Grounded words and children’s relational reasoning. *Frontiers in Developmental Psychology*, *3*, 1–12.
- Thagard, P., Holyoak, K. J., Nelson, G., & Gochfeld, D. (1990). Analog retrieval by constraint satisfaction. *Artificial Intelligence*, *46*, 259- 310.
- Thibaut, J., French, R., & Vezneva, M. (2010). The development of analogy making in children: Cognitive load and executive functions. *Journal of Experimental Child Psychology*, *106*, 1–19.
- Thibaut, J. P., & Witt, A. (2015). Young children’s learning of relational categories: multiple comparisons and their cognitive constraints. *Frontiers in Psychology*, *6*, 643.
- Thomson, J. R., & Chapman, R. S. (1977). Who is ‘Daddy’ revisited: the status of two- year-olds’ over-extended words in use and comprehension. *Journal of Child Language* *4*, 359–75.

- Trench, M., & Minervino, R. A. (2015). The role of surface similarity in analogical retrieval: Bridging the gap between the naturalistic and the experimental traditions. *Cognitive Science*, *39*, 1292-1319.
- Vosniadou, S. (1989). Analogical reasoning as a mechanism in knowledge acquisition: A developmental perspective. In S. Vosniadou & A. Ortony (Eds.), *Similarity and analogical reasoning* (pp. 413–437). New York: Cambridge University Press.
- Waxman S. R., & Gelman S. A. (2009). Early word-learning entails reference, not merely associations. *Trends Cognitive Science*, *13*(6):258–63
- Wharton, C. M., Holyoak, K. J., Downing, P. E., Lange, T. E., Wickens, T. D., & Melz, E. R. (1994). Below the surface: Analogical similarity and retrieval competition in reminding. *Cognitive Psychology*, *26*, 64-101.
- Wharton, C. M., Holyoak, K. J., & Lange, T. E. (1996). Remote analogical reminding. *Memory & Cognition*, *24*, 629-643.

ANNEXES

Phrases présentées dans les quatre conditions de l'Étude 4

| Verbe correct | Verbe approximatif | Verbe associé | Pseudo-verbe |
|-----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|
| Il défroisse la feuille | Il dégourdit la feuille | Il brûle la feuille | Il velène la feuille |
| Son nez coule | Son nez pleure | Son nez se casse | Son nez tégnocle |
| Il déchire le livre | Il casse le livre | Il lit le livre | Il resse le livre |
| Il râtisse la terre | Il peigne la terre | Il arrose la terre | Il merfe la terre |
| Il souffle de la fumée | Il vomit de la fumée | Il détecte de la fumée | Il régudife de la fumée |
| Il se cache les yeux | Il s'étouffe les yeux | Il se frotte les yeux | Il se langème les yeux |
| Il attrape une feuille de sopalin | Il cueille une feuille de sopalin | Il plie une feuille de sopalin | Il conpèste une feuille de sopalin |
| Les fruits ont été produits | Les fruits ont été pondus | Les fruits ont été gâchés | Les fruits ont été tirassés |
| Il arrête l'eau | Il éteint l'eau | Il boit l'eau | Il quèpe l'eau |
| Il mélange la farine | Il emmêle la farine | Il pèse la farine | Il éponte la farine |
| Le lavabo est bouché | Le lavabo est constipé | Le lavabo est nettoyé | Le lavabo est mivé |
| Il ouvre les yeux | Il allume les yeux | Il roule les yeux | Il toine les yeux |
| Il vomit son repas | Il chasse son repas | Il aime son repas | Il régue son repas |
| Il répare la voiture | Il soigne la voiture | Il conduit la voiture | Il fèchaure la voiture |
| Son oeil pleure | Son oeil dégouline | Son oeil se ferme | Son oeil s'onfe |
| Il fait bouillir de l'eau | Il fait cuire de l'eau | Il fait geler de l'eau | il fait apétrer de l'eau |
| Il ferme les yeux | Il serre les yeux | Il se frotte les yeux | Il lubre les yeux |
| Il enfle sa veste | Il chausse sa veste | Il range sa veste | Il ésècre sa veste |
| Il brosse une chaussure | Il balaie une chaussure | Il enlève une chaussure | Il quimaille une chaussure |
| Il fait cuire un steak | Il fait bouillir un steak | Il fait refroidir un steak | Il fait reumer un steak |
| La plante pousse | La plante avance | La plante meurt | La plante gardère |

| | | | |
|-----------------------------|-----------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| La bouteille coule | La bouteille vomit | La bouteille éclate | La bouteille nêfe |
| Elle pèle une carotte | Elle rase une carotte | Elle cuit une carotte | Elle chêbe une carotte |
| La neige tombe | La neige coule | La neige fond | La neige golgrinde |
| La maison est démolie | La maison est tuée | La maison est construite | La maison est goudélinée |
| La voiture dévale la pente | La voiture dégouline sur la pente | La voiture remonte la pente | La voiture gneusse la pente |
| La fleur fâne | La fleur s'éteint | La fleur s'ouvre | La fleur limode |
| Elle recoud le jean | Elle soigne le jean | Elle repasse le jean | Elle chètre le jean |
| Elle se lime les ongles | Elle se râpe les ongles | Elle se vernit les ongles | Elle se couesse les ongles |
| Elle lui masse la peau | Elle lui mélange la peau | Elle lui sèche la peau | Elle lui sèdeffre la peau |
| Elle sèche ses cheveux | Elle cuit ses cheveux | Elle coupe ses cheveux | Elle quémasse ses cheveux |
| Elle éteint des bougies | Elle arrête des bougies | Elle allume des bougies | Elle cheusse des bougies |
| Elle déshabille la poupée | Elle épluche la poupée | Elle coiffe la poupée | Elle zarre la poupée |
| Elle soigne son genou | Elle répare son genou | Elle plie son genou | Elle nirve son genou |
| La voiture roule rapidement | La voiture court rapidement | La voiture freine rapidement | La voiture hatébe rapidement |
| La voiture est abîmée | La voiture est défigurée | La voiture est repeinte | La voiture est rébée |
| Elle épluche l'orange | Elle déshabille l'orange | Elle presse l'orange | Elle téport l'orange |
| Elle boit son café | Elle mange son café | Elle réchauffe son café | Elle sérame son café |
| Elle dégourdit ses jambes | Elle défroisse ses jambes | Elle croise ses jambes | Elle géche ses jambes |