



La relation gestes-parole dans la planification de la résolution du problème de la Tour de Hanoï chez des enfants, adolescents et adultes colombiens

Mayilin Moreno Torres

► To cite this version:

Mayilin Moreno Torres. La relation gestes-parole dans la planification de la résolution du problème de la Tour de Hanoï chez des enfants, adolescents et adultes colombiens. Psychologie. Université Toulouse le Mirail - Toulouse II, 2014. Français. <NNT : 2014TOU20111>. <tel-01259986>

HAL Id: tel-01259986

<https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01259986>

Submitted on 21 Jan 2016

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.



THÈSE

En vue de l'obtention du

DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE TOULOUSE

Délivré par :

Université Toulouse 2 Le Mirail (UT2 Le Mirail)

Cotutelle internationale avec :

Présentée et soutenue par :

Mayilin Moreno Torres

Le mardi 9 décembre 2014

Titre :

La relation gestes-parole dans la planification de la résolution du problème de la Tour de Hanoï chez des enfants, adolescents et adultes colombiens.

ED CLESCO : Psychologie

Unité de recherche :

Octogone (EA 4156) Laboratoire " Cognition, Communication et Développement"

Directeur(s) de Thèse :

Michèle Guidetti, Université Toulouse -Jean Jaurès

Rapporteurs :

Jean-Marc Colletta, Université Stendhal de Grenoble 3

Emmanuel Sander, Université de Paris 8

Autre(s) membre(s) du jury :

Valérie Tartas, Université Toulouse- Jean Jaurès

Université Jean Jaurès
URI Octogone-Laboratoire ECCD EA 4156

Thèse en vue de l'obtention du grade de Docteur de l'Université

Présentée et soutenue publiquement le 9 décembre 2014

Par Mayilin Moreno Torres

Directrice de Thèse : Michèle Guidetti, Professeur des Universités

**LA RELATION GESTES-PAROLE DANS LA PLANIFICATION DE LA
RESOLUTION DU PROBLEME DE LA TOUR DE HANOÏ CHEZ DES ENFANTS,
ADOLESCENTS ET ADULTES COLOMBIENS.**



Membres du jury :

Jean-Marc Colletta, Professeur des Universités, Grenoble

Emmanuel Sander, Professeur des Universités, Paris

Valérie Tartas, Professeur des Universités, Toulouse

À la mémoire de mes chers parents
Nora Elena et José María Moreno
merci mamá, merci papá...

Remerciements

Tout d'abord, je tiens à remercier ma Directrice de thèse, Michèle Guidetti. Je la remercie de m'avoir soutenue tout au long de ces années. Merci à elle d'avoir toujours été si disponible pour moi, malgré ses multiples responsabilités. Grâce à elle, j'ai bénéficié de conditions de travail optimales, ce qui a été précieux pour moi qui venait d'ailleurs. Je la remercie pour m'avoir appris la rigueur, l'organisation et la clarté des idées dont on a besoin pour mener à bien un travail scientifique. Je la remercie de sa patience avec moi et de m'avoir fait confiance. Merci Mme Guidetti, vous n'avez pas seulement « fait votre travail », vous avez contribué à que je devienne une meilleure personne. Je tiens à vous exprimer toute ma gratitude.

Je tiens à remercier sincèrement les membres du jury qui ont accepté de lire cette thèse et de faire le déplacement pour venir ici la discuter aujourd'hui : le professeur Jean-Marc Colletta de l'Université Stendhal de Grenoble 3, le professeur Emmanuel Sander de l'Université de Paris 8, le professeur Valérie Tartas de l'Université de Toulouse Jean Jaurès.

Je tiens à remercier la Fondation « Colfuturo » en Colombie qui a financé en grande partie mon projet de thèse. Sans son soutien, je n'aurais pas eu l'opportunité de venir en France. Je dédie ce travail à tous les colombiens et colombiennes qui, comme moi, ont participé à l'appel d'offre en 2010 mais qui n'ont pas eu la chance que j'ai eue. Je vous dis : persévérez !

Un grand merci à l'Université del Norte à Barranquilla en Colombie à laquelle j'appartiens depuis quelques années. Merci d'avoir financé également mon projet de thèse et de m'avoir permis d'intégrer le cursus de formation doctorale. Merci aux membres du comité de formation, à Olga Hoyos, à mes collègues du département de psychologie en Colombie, spécialement à Jorge Palacio, pour m'avoir soutenue lors des moments difficiles dans mon projet de thèse. Merci.

Un grand merci à toutes les écoles et universités en Colombie, aux directeurs des écoles, aux parents d'élèves, aux professeurs, aux collègues, mais surtout aux élèves et étudiants qui ont participé à cette recherche. Merci pour leur disponibilité et de m'avoir donné envie de continuer la recherche.

Merci au professeur Susan Goldin-Meadow que j'ai eu la chance de rencontrer cette année, lors de la Conférence Jean Piaget à Genève. Merci à elle pour le temps qu'elle m'a accordé et pour ses remarques pertinentes à propos de ma recherche.

Merci à mes étudiants en Colombie, spécialement à Elianne et à Luz Angela, merci de m'avoir renforcée dans mon désir d'être enseignante.

Un grand merci à toutes mes relectrices qui ont eu la patience de relire mon « joli » français-spanish-anglais : Simone, Céline, Sonia, Myriam, Angelina, Mme Chrétien. Merci à toutes, mais j'ai encore du travail à faire en matière de français !!!

J'adresse un remerciement spécial à Halima Sahraoui, pour sa disponibilité pour corriger mon français, pour ses encouragements permanents à propos de mes progrès (que je ne voyais jamais), mais surtout pour sa gentillesse, sa générosité et son regard bienveillant sur ce que j'écrivais. Merci Halima !

Merci à vous tous mes collègues du laboratoire Octogone, spécialement à Nadya, Marie, Claire, Emilie, Lionel, Karine, Stéphanie, Charlotte, merci pour leur gentillesse avec moi. Merci à Evelyne pour son amicale disponibilité.

*Un immense merci à mon petit mais **GRAND** laboratoire **ECCD** :*

Merci à Valérie, Nathalie, Olga, Hélène, Valérie, Jonas. Merci pour votre gentillesse.

Merci Audrey... je ne trouve pas les mots pour te remercier... il n'y a pas de mots... simplement je remercie la vie de t'avoir rencontrée ici en France depuis mon master ! Merci pour nos discussions à propos de mon travail de thèse, merci pour ton soutien !

Merci à ma voisine d'à côté, d'en face, merci, merci pour ton énergie, merci pour ton soutien, merci de ta présence au labo... merci Aurore !!

Merci Sören pour tes remarques si précieuses sur mon travail, merci pour ta bonne énergie !!

Merci Katérina pour le temps que tu m'as consacré et pour les conseils si avisés par rapport à mes données.

Merci Nives, pour ta gentillesse et les moments que nous avons partagé ensemble !

Merci Céline, merci pour ton aide et ta gentillesse !

Merci à Nawelle et Agata de m'avoir aidé à réfléchir, transcrire, discuter, faire le double codage et regarder mes vidéos. Merci !

Merci Qirui, je ne sais pas comment on y est parvenu mais on est arrivé à communiquer en « englifrançais »...pas en Chinois ! Heureusement que les gestes existent!!! Merci pour ta sagesse et ton calme...toujours.

Merci Yolibeth, Nicole, Aminata et Elena. Merci pour votre accompagnement, pour tous vos gestes de générosité envers moi. Merci Yolibeth pour ton bel humour, merci Nicole pour ta sagesse et merci Aminata et Elena pour votre gentillesse !!

Merci à Jacqueline de m'avoir fait découvrir Toulouse, « la ville rose » à mon arrivée. Je la remercie pour son accueil dans sa maison où je me suis toujours sentie chez moi. Merci à sa famille, à Sarah, Frédo, Nadya et Noémy (le premier participant à mon étude), merci Noémy pour ta patience avec moi. Merci aux amis que j'ai connu chez Jacqueline, Yannick et Fan pour leur affection. Merci à ma « Uji » et à Tio Yves, pour tout leur amour envers moi.

Merci à ma petite Colombie en France... Merci Adri, Laurent, Matias et Antonio Battaia pour TOUT !!! Merci d'avoir rendu ma vie en France encore plus agréable, merci pour votre affection !!

Merci Myriam pour ta générosité et ton aide, merci à ta famille !

Merci Ana-Cristi, Viviana, Lorena, Mi Marfula, Lola, Ana, Katerine, merci pour votre sincère et précieux accompagnement !

Merci à vous mes proches...

Merci Profe, Gaby, Maro, Mairén, Emma, merci pour vos encouragements permanents, merci de m'avoir aidé dans ma thèse, et pour s'être montrés aussi heureux que moi, de mes petits et mes grands progrès... merci surtout pour votre amitié.

*Merci à vous, ma chère famille. Merci de m'aimer telle que je suis
Les résultats de cet effort, de ce bel apprentissage qui m'ont fait grandir*

Je vous les dédie

Je vous aime profondément vous tous,

Mamie

José Maria, Marevis, Neiro José et « mi mana del alma »

Andrea, Jose Carlos, José Neiro, Junior, José Jorge,

Luis José, Alexander, José Miguel, NoraLi et José David.

Mayilin

Résumé

Lorsque nous parlons, nous bougeons nos mains, nous faisons des gestes. Les gestes aident à communiquer avec les autres mais aussi à mieux exprimer notre pensée. Les gestes et la parole sont donc deux dimensions qui s'intègrent dans un système de communication unifié reposant sur des représentations cognitives communes : quand un locuteur produit un message, la plupart des informations qu'il veut partager est certes véhiculée par le discours, mais également par les gestes (McNeil, 1992).

Des recherches précédentes ont montré la valeur des « *mismatches* » gestes-parole produites par des participants lorsqu'ils expliquaient leur résolution du problème de la Tour de Hanoï. Cette divergence, appelée « *mismatch* » ou non-concordances entre les gestes et la parole indiquerait deux stratégies différentes de résolution du problème : l'une envisagée par le geste, et l'autre par la parole. Garbert et Goldin-Meadow (2002) ont montré que lorsque les participants expliquent de façon optimale la résolution de la tâche, les non-concordances se produisent aux moments-clés indiquant la capacité à prévoir différentes stratégies de résolution. En revanche, lorsque les participants expliquent de façon non-optimale la résolution de la tâche, les non-concordances se produisent à des moments différents, preuve que les participants hésitent entre plusieurs stratégies de résolution.

Nous avons mené une étude en Colombie auprès de 144 participants (enfants, adolescents et adultes) issus de deux milieux socio-économiques contrastés. Notre objectif principal était de mieux comprendre le développement de la planification en analysant les effets de l'âge, du milieu socio-économique et de la complexité de la tâche de la Tour de Hanoï lors des explications anticipant la résolution de cette tâche. Nous avons utilisé les non-concordances gestes –parole comme un des indicateurs de la planification. Aucune recherche, à notre connaissance, n'a étudié la planification de ce point de vue. Nous présentons des résultats qui suggèrent l'existence d'un effet de la complexité de la tâche sur les non-concordances gestes-parole, et des effets limités de l'âge et du milieu socio-économique. Etudier le développement de la planification à travers les non-concordances geste-parole reste encore peu étudié malgré les nombreuses recherches de Goldin-Meadow au sujet de « *mismatch* ». Nous avons tenté de combler cette lacune.

Abstract

When we speak, we move our hands, we make gestures. Gestures help to communicate with others but also to better express our thoughts. Gestures and speech are two dimensions, that are part of a unified system of communication based on shared cognitive representations: When a speaker produces a message, most of the information he wants to share is certainly conveyed by the speech, but also by gestures (McNeil, 1992).

Previous research has shown the value of gesture-speech mismatches produced by participants as they explained their problem solving the Tower of Hanoi task. This difference denoted “mismatch” between gestures and speech, indicates two different strategies for solving the problem: one proposed by the gesture, and the other through speech. Furthermore, Goldin-Meadow and Garbert (2002) showed that when participants explain optimally solving the task, mismatches occur at key moments indicating the ability to provide different strategies for resolution. In contrast, when participants explain non-optimal resolution of the task, mismatches occur at different times, demonstrating that participants are torn between several solving strategies.

The present study was conducted in Colombia among 144 participants (children, adolescents and adults) from two contrasting socio-economic backgrounds. Our main goal was to better understand the development of planning by analyzing the effects of age, socio-economic background and complexity of the task of the Tower of Hanoi during explanations anticipating the resolution of this task. We used gesture-speech mismatches as indicators of planning. No research, to our knowledge, has studied planning from this perspective. Results suggest the existence of an effect of the complexity of the task upon gesture-speech mismatches, and a limited effect regarding age and socio-economic background. Despite Goldin-Meadow’s thorough work on mismatches, issues concerning the development of planning through the analysis of gesture-speech mismatches remain understudied. The present study tried to fill this gap.

Resumen

Mientras hablamos, nosotros movemos nuestras manos, hacemos gestos. Los gestos no sólo nos ayudan a comunicarnos con los demás, sino también a expresar mejor lo que pensamos. Así pues, los gestos y las palabras son dos dimensiones que forman parte de un sistema unificado de comunicación que se apoya en representaciones cognitivas comunes : cuando un hablante produce un mensaje, la mayor parte de la información que él quiere compartir es, sin duda, transmitida por el discurso, pero también por los gestos (McNeil, 1992).

Investigaciones anteriores han demostrado el valor de los « *mismatches* » gestos-discurso producidos por los participantes en el momento de explicar su resolución del problema de la Torre de Hanoi. Esta divergencia, llamada « *mismatch* » o discordancia entre los gestos y la palabra, indican dos estrategias diferentes de resolución del problema : una prevista por el gesto, y la otra por la palabra. Goldin-Meadow y Garbert (2002) mostraron que cuando los participantes explican de manera óptima la resolución de la Torre de Hanoi, las discordancias se producen en momentos claves que indican la capacidad de prever diferentes estrategias de resolución. Por el contrario, cuando los participantes explican una resolución no óptima de la tarea, las discordancias se producen en momentos aleatorios, lo que demuestra que ellos se debaten entre varias estrategias de resolución.

Nosotros realizamos un estudio en Colombia, con 144 participantes (niños, adolescentes y adultos) de dos contextos socioeconómicos contrastantes. Nuestro objetivo principal era comprender mejor el desarrollo de la planificación mediante el análisis de los efectos de la edad, del contexto socioeconómico y de la complejidad de la tarea durante las explicaciones anticipadas de la Torre de Hanoi. Utilizamos las discordancias gestos-discurso como uno de los indicadores de la planificación. Hasta donde sabemos, ninguna investigación, ha estudiado la planificación desde este punto de vista. Presentamos los resultados que sugieren la existencia de un efecto de la complejidad de la tarea sobre las discordancias gestos-discurso y efectos « limitados » de la edad y del contexto socioeconómico . El estudio del desarrollo de la planificación a través de las discordancias entre los gestos y el discurso continúa aún poco estudiado, a pesar de las numerosas investigaciones de Goldin-Meadow y sus colegas a propósito de los « *mismatches* » gestos-discurso. Nosotros hemos intentado llenar este vacío.

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION GENERALE	21
PARTIE I : CONTEXTE THÉORIQUE.....	11
Chapitre 1. La planification en situation de résolution de problèmes.....	13
1.1. La résolution de problèmes : concepts associés.....	13
1.1.1 La notion de problème.....	13
1.1.2 Situation d'exécution et situation de résolution de problèmes.....	14
1.1.3 Représentation du problème, stratégies de résolution et types de problèmes	16
1.1.3.1 La représentation du problème.....	17
1.1.3.2 Stratégies de résolution de problèmes.....	19
1.1.3.3 Types de problèmes	21
1.2. Le problème de la Tour de Hanoï : un problème de transformation, bien défini.	25
1.2.1 Origine et caractéristiques générales.....	25
1.2.2 Résolution et interprétation du problème	27
1.2.3 Utilisation de la Tour de Hanoï dans l'étude de la planification : introduction.....	30
Chapitre 2. L'étude de la planification: de l'enfance à l'âge adulte.....	33
2.1. Différentes perspectives pour étudier la planification en situation de résolution de problèmes : entre approches traditionnelles et contemporaines	33
2.1.1 Du behaviorisme au cognitivisme.....	33
2.1.2 Du cognitivisme à la neuropsychologie	35
2.1.2.1 La planification et la résolution de problèmes selon l'approche du traitement de l'information : l'élaboration de buts intermédiaires à l'intérieur d'un espace-problème.....	35
2.1.2.2 La planification et la résolution de problèmes selon la perspective piagétienne : l'application des structures des connaissances à des situations-problèmes particulières.	37
2.1.2.3 La planification et la résolution de problèmes selon la perspective de Vygotsky : une construction sociale.....	39
2.1.2.4 La planification et la résolution de problèmes selon la perspective de Richard et collaborateurs : le modèle des contraintes.....	41
2.1.2.5 La planification et la résolution de problèmes selon la perspective de Hoc : anticipation et schématisation.....	43
2.1.2.6 La planification et la résolution de problèmes selon l'approche neuropsychologique : la planification, une fonction exécutive.....	45
2.2. Le développement de la planification.....	50
2.2.1 Le facteur de l'âge	50
2.2.2 Le facteur socio-économique	51
2.2.3 Etudier la planification dans une perspective développementale avec la Tour de Hanoï.....	53
2.3. Retour à une méthode délaissée : la méthode des protocoles verbaux dans la résolution du problème de la Tour de Hanoï.	57

Chapitre 3. Communiquer sa pensée : l'explication verbale et gestuelle de la résolution du problème de la Tour de Hanoï.....	61
3.1. La multimodalité de la communication et de la pensée.....	61
3.1.1 L'étude de la gestualité : lien entre les gestes, la parole et la pensée.....	62
3.1.2 Fonction communicative et fonction cognitive des gestes.....	70
3.1.3 Développement des gestes : une revue des travaux.....	72
3.2. Relation Geste-Parole : que transmet le geste, que transmet la parole ?.....	74
3.2.1 Non-concordance - « mismatch » - gestes-parole : leur rôle dans les tâches de résolution de problèmes.....	75
3.2.2 La résolution de problèmes au cours d'explications verbales et gestuelles du problème de la Tour de Hanoï.....	76
3.3 La planification au cours d'explications verbales et gestuelles du problème de la Tour de Hanoï.....	79
Chapitre 4. Planification verbale et gestuelle : des effets de l'âge, du milieu socio-économique et de la complexité de la tâche.....	83
4.1 Les non-concordances gestes-parole comme indice de planification de la tâche de la Tour de Hanoï : l'effet de l'âge ?.....	84
4.2 Les non-concordances gestes-parole comme indice de planification de la tâche de la Tour de Hanoï : l'effet du milieu socio-économique ?.....	85
4.3 Les non-concordances gestes-parole comme indice de planification de la tâche de la Tour de Hanoï : l'effet du niveau de la complexité de la tâche ?.....	86
PARTIE II : CONTEXTE EMPIRIQUE	91
Chapitre 5. Aspects méthodologiques.....	93
5.1 Introduction.....	93
5.2 Participants.....	93
5.3 Matériel.....	99
5.4 Procédure	100
5.4.1 Recrutement des Participants	100
5.4.2 Procédure de passation.....	101
5.4.3 But de la tâche	104
5.4.3.1 Phases de déroulement de la tâche.....	104
5.4.3.2 Critères de finalisation et réussite de la tâche	110
5.5 Traitement et analyse des données	111
5.5.1 Présentation générale du codage des données.....	111
5.5.2 Instructions pour le codage relatif aux informations temporelles des vidéos.....	113
5.5.2.1 Codage des données brutes.....	113
5.5.2.2 Définition et classification de gestes	116
5.5.2.3 Codage de concordances et non-concordances gestes-paroles	117
5.5.2.4 Codage de la réussite ou non réussite de la tâche : stratégies d'explication/réalisation optimales et non-optimales	122

5.6 Design expérimental	123
5.7 Variables et hypothèses opérationnelles.....	123
5.7.1 Variables indépendantes	123
5.7.2 Variables dépendantes et hypothèses.....	124
5.7.2.1 Phase 1 (Phase d'explication anticipant la réalisation de la tâche à 3 et à 4 disques).....	124
5.7.2.2 Phase 2 (Phase de réalisation de la tâche à 3 et à 4 disques).....	127
Chapitre 6. Résultats	129
6.1 Résultats phase 1 : phase d'explication de la tâche.....	130
6.1.1 Résultats des analyses globales : performances générales.....	130
6.1.1.1 Types de stratégie de planification verbale et gestuelle	130
6.1.1.2 Nombre de tentatives d'explication verbale et gestuelle.....	134
6.1.1.3 Temps d'explication verbale et gestuelle	138
6.1.1.4 Stratégie de planification, nombre de tentatives et temps d'explication : tableaux comparatifs résumés.....	141
6.1.2 Analyse des non-concordances gestes-parole lors de l'explication du problème de la Tour de Hanoï (phase 1).....	145
6.1.2.1 Explications verbales et gestuelles des tâche à 3 disques : effet de l'âge et du milieu socio-économique.....	145
6.1.2.2 Explications verbales et gestuelles de la tâche à 4 disques : effet de l'âge et du milieu socio-économique.....	151
6.1.2.3 Explications verbales et gestuelles des tâche à 3 et à 4 disques : effet du niveau de complexité.....	156
6.2 Résultats phase 2 : phase de réalisation de la tâche.....	160
6.2.1 Type de stratégie de réalisation du problème avec 3 et 4 disques en fonction de l'âge.....	161
6.2.2 Type de stratégie de réalisation de la tâche en fonction du milieu socio-économique.....	163
6.3 Résultats des analyses comparatives : <i>phase d'explication</i> verbale et gestuelle et <i>phase de réalisation</i> de la tâche à 3 et à 4 disques.....	164
6.3.1 Type de stratégie : comparaison entre la phase 1 et la phase 2 de la tâche à 3 et à 4 disques en fonction de l'âge.....	165
6.3.2 Type de stratégie : comparaison entre la phase 1 et la phase 2 de la tâche à 3 et à 4 disques en fonction du milieu socio-économique.....	167
PARTIE III :DISCUSSION ET CONCLUSION	169
Chapitre 7. Discussion	171
7.1 Planifier la Tour de Hanoï à travers des déplacements verbaux et gestuels anticipés: phase 1	172
7.1.1 Analyse de variables générales	173
Tentatives et temps d'explication verbale et gestuelle anticipant la réalisation de la tâche : critères généraux du développement de la planification ?.....	173
Le nombre de tentatives et le temps sur le développement de la planification : quelle influence du milieu socio-économique d'appartenance ?	176

7.1.2 Relation gestes-parole lors de l'explication d'une tâche de planification : stratégie de planification et non-concordance gestes-parole.....	178
7.1.2.1 Stratégie de planification : influence de l'âge et du milieu socio-économique.....	178
7.1.2.2 Concordances/Non-concordances gestes-parole lors de la planification verbale et gestuelle de la Tour de Hanoï.....	182
Non-concordances gestes-parole lors de la planification verbale et gestuelle de la Tour de Hanoï : quel est l'effet de l'âge, quel est l'effet du milieu socio-économique ?	184
7.1.3 Les non-concordances gestes-paroles et le développement de la planification: quelles autres analyses ?.....	187
7.2. Planifier la Tour de Hanoï à travers des déplacements réalisés: résultats de la phase 2	192
7.3 Comparer les deux phases : comment interpréter les résultats?	193
Chapitre 8. Conclusion.....	199
BIBLIOGRAPHIE	203
INDEX DES FIGURES.....	227
INDEX DES TABLEAUX	231
ANNEXES	237

INTRODUCTION GENERALE

Comment les gestes révèlent-ils la pensée humaine et peuvent-ils nous permettre de mieux connaître le processus de planification? Peuvent-ils mettre en évidence différents effets sur la planification d'une tâche, comme nous le montrent les études classiques? Peut-on voir ces effets en analysant la relation gestes-parole ?

Cette étude repose sur des analyses systématiques du comportement verbal et non verbal produit par nos participants lors de leurs explications de la planification du problème de la Tour de Hanoï. Ceci en vue de caractériser finement, dans un deuxième temps, la relation concordante et non-concordante entre les gestes et la parole. Ainsi, la présente étude s'inscrit dans une perspective multimodale, intégrant les formes d'expression verbale et non-verbale intervenant lors de la planification de la tâche de la Tour de Hanoï chez des enfants, adolescents et jeunes adultes colombiens de 8 à 20 ans.

La perspective multimodale accorde une place importante aux comportements non-verbaux, tout en se questionnant sur les relations qui s'établissent entre les comportements verbaux et non-verbaux. Pour Colletta (2004), « *cette approche conduit à un profond renouvellement de la réflexion sur la cognition langagière et les relations entre le langage et la pensée* » (p. 77). Dans cette perspective, les gestes non seulement favorisent la communication entre locuteurs, mais dans une importante mesure, ils les aident à transmettre leurs idées et, en l'occurrence, à exprimer leurs propositions, à expliquer leur résolution de tâches complexes.

Goldin-Meadow (2003) soutient à ce propos que les gestes que nous faisons lorsque nous parlons ne sont pas que des battements de mains sans signification, mais qu'ils constituent d'autres signaux empruntant le canal d'information visuel, et qu'ils accompagnent presque toujours la parole. Les gestes accompagnant la parole, les gestes co-verbaux (McNeill, 1992, 2005) ont donc aussi une fonction cognitive.

Cette thèse est à l'origine d'une part, de ma découverte récente des études qui analysent la relation gestes-parole lors des explications de différentes tâches cognitives complexes, et d'autre part, de mon intérêt pour l'étude des fonctions exécutives, dont la planification, qui est apparue depuis quelques années. Motivée par mon travail en Colombie avec des étudiants inscrits dans la filière d'Ingénierie en situation d'échec universitaire, j'ai réalisé un premier travail exploratoire dont le but était d'évaluer leurs fonctions exécutives et voir s'il existait un lien entre leur échec et des déficiences dans ces fonctions. Pour ce faire, nous avons comparé des

étudiants qui avaient une moyenne de notes inférieure à la norme et d'autres une moyenne de notes supérieure à la norme (Barcelo, Lewis & Moreno, 2006 ; Moreno, 2011).

Ensuite, dans le but d'élargir le sujet à d'autres populations, j'ai conduit un travail de recherche qui analysait le développement des fonctions exécutives en comparant des adolescents et des adultes colombiens. Ce travail a constitué mon mémoire de Master 2 (Moreno, 2008). Les résultats de ces travaux exploratoires m'ont permis d'établir deux conclusions : d'abord, qu'il n'y avait pas de différences significatives quant aux fonctions exécutives entre ces étudiants et entre les adolescents et adultes et ensuite, qu'il semblerait que d'autres facteurs, comme le contexte socio-économique par exemple, pouvait s'avérer être un facteur ayant une grande influence sur le développement de ces fonctions.

Mon intérêt principal a toujours été d'élucider les mécanismes psychologiques qui sont à la base de certains processus d'apprentissage, et plus largement des processus de résolution de tâches cognitives complexes chez les apprenants ; et de ce fait, comprendre pourquoi certains étudiants réussissent dans leurs études et d'autres non. Il peut y avoir différents facteurs qui influencent certainement positivement ou pas ces processus : la motivation face à l'apprentissage (Moreno, 2009), des difficultés psychologiques et d'adaptation au contexte universitaire (Moreno, 2004) ou encore plus loin, des pratiques inadéquates d'enseignement et d'évaluation de l'écriture scientifique à l'Université (Escorcia & Moreno, 2010 ; Escorcia, Moreno, Campo & Palacio, 2014).

Mais toutes ces tentatives visant à découvrir les mécanismes à la base du processus d'apprentissage et de résolution de problèmes, ne suffisent pas à notre sens pour les expliquer. Les recherches exploratoires que nous avons menées insistent sur des facteurs comme la motivation, les difficultés personnelles, les pratiques inadéquates d'enseignement de l'écriture, mais nous pouvons penser que ceux-ci ne permettent pas l'accès aux mécanismes à la base de ces processus cognitifs : l'apprentissage et la résolution de problèmes. Une voie d'accès, pensons-nous, peut être de s'intéresser aux gestes accompagnant la parole lors de la résolution de tâches d'apprentissage ou de résolution de problèmes. Comme le soutient Goldin-Meadow (2003) les gestes peuvent nous donner davantage

d'informations sur les processus de pensée car ils surviennent librement lorsque nous parlons.

Plusieurs domaines s'intéressent aujourd'hui à l'étude des gestes, principalement les neurosciences cognitives, les sciences de l'éducation ainsi que la psychologie du développement.

Dans le domaine des neurosciences cognitives, de nombreuses recherches se développent actuellement et davantage de questions sont soulevées. Récemment, les chercheurs se sont focalisés sur les mécanismes neuraux qui sont à la base des processus et des comportements cognitifs et sociaux, et qui expliqueraient le lien entre les gestes et la parole (Kelly, Manning & Rodak, 2008). L'intérêt porté à la relation sur la relation entre gestes, cerveau et langage s'est aussi traduit par une augmentation significative du nombre de publications à ce sujet. Par exemple, la revue *Brain & Language* lui a consacré en 2007 un numéro spécial. Dans ce numéro, plusieurs articles explorent la relation neurale entre les gestes et le discours pendant la production et la compréhension du langage. Notamment ils visent à montrer d'une part, comment les gestes et le discours sont articulés dans le cerveau pendant le traitement du langage, et d'autre part, ils s'interrogent sur la question de savoir si les gestes et le discours constituent un système unifié et intégré ou non.

Un rôle significatif a aussi été attribué aux gestes dans le domaine de l'éducation et de l'apprentissage (Wagner & Goldin-Meadow, 2006). Pour ne citer qu'un exemple, une étude récente, développée par Pine, Knott et Fletcher (2010), a montré le rôle facilitateur des gestes dans l'apprentissage des concepts. En considérant l'hypothèse que les gestes fournissent une voie d'accès à la pensée implicite des enfants, cette recherche a visé à explorer l'effet de l'encouragement du comportement gestuel chez les enfants sur l'apprentissage d'un nouveau concept et pour rendre explicite sa compréhension. Pour cela, ces chercheurs ont testé ses effets dans trois conditions d'intervention : « sans geste », avec « gestes observés » puis avec « gestes imités ». L'étude s'est intéressée à observer les progrès des enfants en termes de performance entre le pré-test et le post-test. Les résultats de la recherche suggèrent une amélioration significative dans la compréhension des enfants lorsqu'ils ont été exposés à des gestes, soit à travers des processus d'observation soit à travers des processus d'imitation des gestes.

D'ailleurs, dans le cadre de l'enseignement des langues, les recherches sur un type de gestes, appelés gestes pédagogiques, acquièrent aussi une place importante. Le but de ce type de gestes est d'agir comme une traduction non verbale des propos de l'enseignant et de permettre à l'apprenant de saisir le sens des paroles prononcées en langue étrangère. Ces gestes peuvent désigner des mouvements des mains et des bras et des mimiques faciales (Tellier, 2008, 2009, 2010).

Enfin, un autre domaine qui explore le lien entre les gestes, la parole et la pensée est celui de la psychologie du développement. Selon Kelly *et al.*, (2008), différents chercheurs (parmi eux Bates et Dick, 2002) ont suggéré que si le geste et la parole forment un système intégré, les gestes devraient jouer un rôle important dans le développement du langage et le développement cognitif. En effet, l'intérêt d'un certain nombre de recherches a été consacré à l'examen de la relation étroite qui existe entre les gestes communicatifs et le développement du langage chez l'enfant. Ainsi donc, il est maintenant bien établi en psychologie du développement que les enfants utilisent souvent les gestes avant de communiquer verbalement (Goldin-Meadow, 2009 ; Guidetti, 2003 ; Guidetti & Nicoladis, 2008). Ceci permet de considérer les gestes comme des précurseurs du langage.

De plus, des études récentes ont examiné non seulement comment les gestes précèdent le développement du langage, mais aussi comment ces gestes peuvent prédire ce développement. C'est le cas de l'étude développée par Iverson & Goldin-Meadow (2005) qui a montré, par exemple, qu'une grande quantité d'items lexicaux produits, dans un premier temps, gestuellement par les enfants évalués, étaient intégrés ultérieurement au lexique verbal, concluant ainsi que les gestes peuvent précocement ouvrir la voie au futur développement du langage. D'ailleurs, les gestes ont été aussi étudiés dans le développement atypique. Par exemple, sur les enfants congénitalement aveugles (Goldin-Meadow, 2003 ; Iverson et Goldin-Meadow, 1998), chez les enfants avec des retards et des désordres développementaux (Thal & Bates, 1988, cités par Kelly, 2008) ou chez l'enfant ayant des troubles du langage (Capone & McGregor, 2004).

Nous nous inscrivons dans le domaine de la psychologie du développement cognitif qui a intégré dernièrement la perspective multimodale de la communication. Notamment, nous nous intéressons aux travaux de recherche que réalisent Susan Goldin-Meadow et ses collègues depuis 1986. Il s'agit des « *mismatches* », les non-

concordances¹ produites entre les gestes-paroles lors des explications de tâches d'apprentissage et de résolution de problèmes.

D'après ces recherches, il semble que les non-concordances gestes-paroles s'avèrent être des indicateurs du développement cognitif. Les non-concordances gestes-paroles font référence, dans le sens le plus général du terme, au fait de transmettre deux informations, deux idées différentes, l'une à travers les gestes, l'autre à travers la parole, lorsqu'un locuteur parle ou explique un problème particulier. Selon Church et Goldin-Meadow (1986), Goldin-Meadow (2011, 2014), lors de tâches d'apprentissage (par exemple la tâche de conservation des liquides de Piaget), les non-concordances indiqueraient un état de développement cognitif transitoire. Cela révélerait que, face à cette tâche, les enfants « non-conservants » qui produisent davantage de non-concordances, après un entraînement, apprennent le concept de conservation plus facilement que les enfants « non-conservants » produisant des concordances entre leurs gestes et la parole lorsqu'ils expliquent le même problème. Les premiers, expliquant deux idées sur la notion de conservation : l'une exprimée consciemment au travers de la parole, et l'autre moins consciente exprimée par les gestes, seraient dans un état de développement transitoire. En revanche, les seconds, avec une seule idée erronée sur la conservation, prendraient probablement davantage de temps pour l'apprentissage de la notion de conservation.

Les résultats de ces recherches mettent aussi en évidence que les non-concordances indiqueraient également deux stratégies d'explication de la résolution face à un problème, celui de la Tour de Hanoï, par exemple Garbert et Goldin-Meadow, 2002 ; Goldin-Meadow, 2014 et Garber (1997) ont montré que lorsque les participants expliquent de façon optimale la résolution de la tâche, les non-concordances se produisent aux moments-clés indiquant la capacité à prévoir différentes stratégies et pour adopter la stratégie optimale. En revanche, lorsque les participants expliquent de façon non-optimale la résolution de la tâche, les non-concordances se produisent à des moments différents, preuve que les participants hésitent entre plusieurs stratégies de résolution.

¹ Nous adoptons ici la traduction du terme « mismatch » proposée par Colleta (2004), p. 251.

Cette recherche ne se focalisait pas sur le développement de la planification mais suggère, à notre sens, que les non-concordances peuvent constituer un indicateur de ce développement. Nous suggérerons donc dans notre recherche, que la production de non-concordances lors des explications du problème de la Tour de Hanoï peut être un indicateur du développement de la planification, et que nous pouvons examiner ces effets dans d'autres contextes de recherche.

Nous proposons donc, dans cette thèse d'étudier la relation gestes-parole dans la planification de la résolution du problème de la Tour de Hanoï chez des enfants, des adolescents et des adultes colombiens appartenant à différents milieux socio-économiques. C'est donc pour cela que notre protocole se compose de deux phases : une phase d'explication anticipant la réalisation de la tâche, que nous appelons phase de planification, où le problème doit être résolu sans déplacer les disques ; et une phase de réalisation avec manipulation des disques. Nous considérons que, puisque nous nous intéressons au développement, l'analyse de la complexité de la planification de la tâche nous donne également des indices sur celui-ci. Pour cela, nous avons présenté la tâche avec 3 et puis 4 disques à tous les participants.

Notre recherche est originale car elle propose d'abord, d'étudier la planification de la Tour de Hanoï au travers des gestes et de la parole, plus particulièrement à travers les non-concordances gestes-parole et à notre connaissance, aucune étude n'a été réalisée dans cette perspective. La planification n'est pas seulement un aspect de nos vies de tous les jours, elle conditionne aussi les performances dans de nombreuses tâches cognitives de haut niveau. Bien que ce processus soit très important, la psychologie de la planification reste relativement peu développée (Mumford, Schultz & Van Doorn, 2001) et peu étudiée par rapport à d'autres sujets privilégiés en psychologie comme la perception ou l'apprentissage (Hoc, 1987). Dans cette même ligne, étudier les gestes comme une autre méthode, complémentaire de celle des protocoles verbaux (verbalisation de la pensée lors de la résolution des problèmes) nous semble novateur. La méthode des protocoles verbaux a été déjà utilisée lors des études classiques de la Tour de Hanoï (Anzai & Simon, 1979 ; Gagné & Smith, 1962 ; Kotosvky, Hayes & Simon, 1985). Cette méthode a pourtant été largement utilisée et avec des résultats riches en informations, mais elle est quasiment abandonnée à cause de l'énorme travail que représente l'analyse des données (Reed, 1999).

Ensuite, notre recherche compare la capacité de planification de trois groupes d'âges qui représentent des étapes clés du développement de la planification, des enfants de 8 à 10 ans, des adolescents de 12 à 14 ans et des adultes de 18 à 20 ans (Byrnes & Spitz, 1989, De Luca, Wood, Anderson, Buchanan, Proffitt Mahony & Pantellis, 2003 ; Diaz, Jiménez, Garcia, Hernández & Rodriguez, 2012 ; Richard, 1982, Wels, 1991).

Enfin, notre recherche propose d'étudier la planification « multimodale » dans d'autres populations et dans des contextes socio-économiques différents. En effet, tous nos participants sont d'origine colombienne. La Colombie est un pays sud-américain en voie de développement avec une population en 2013 de 47,120,770 millions d'habitants². La Colombie est un pays qui présente, encore aujourd'hui, un niveau de pauvreté élevée et de nombreuses inégalités sociales. La situation de pauvreté et d'inégalité de l'Amérique Latine, dont fait partie la Colombie, peut avoir une énorme influence sur le développement cognitif des enfants et sur leurs performances dans des tâches cognitives (Aran, 2011; Hook, Gwendolyn, Lawson & Farah, 2013) et même dans le développement du langage (Walker, Greenwood, Hart & Carta, 1994).

L'inégalité est mesurée dans le monde par le coefficient de GINI (Medina & Galvan, 2008). Ce coefficient est un indicateur synthétique de la distribution des revenus et varie de 0 à 1, (...) ou, de 0 à 100, quand il est multiplié par 100. Il est de 0 dans la situation hypothétique où toute la population a le même revenu Il est de 1 (ou 100) dans la situation hypothétique où une personne a tout le revenu, la population est alors dans une inégalité totale (Ladaique & Förster, 2005). Même si l'ONU³ estime que la pauvreté et l'inégalité en l'Amérique Latine dans la période comprise entre les années 2002 – 2007 ont régressé, sauf au Chili, les autres pays n'ont pas évolué significativement. D'après un rapport sur la politique sociale présentée par Puryear et Malloy, (2009), il apparaît que l'Amérique Latine est la

² cf. <http://www.colombia.com/colombia-info/estadisticas/poblacion/>.

³ Ces auteurs ont fondé leurs analyses dans la Banque Mondiale, 2008 : <http://www.banquemondiale.org/>.

région la plus inégalitaire du monde. Selon le coefficient de Gini, cinq des dix pays les plus inégaux du monde se trouvent en l'Amérique Latine⁴.

Concernant particulièrement la Colombie, le rapport sur le développement humain PNUD⁵ du (2013), montre que même si, sur un plan général, la Colombie est classée 91^e sur 187 pays dans l'échelle mondiale de développement (la situant à un niveau élevé du développement), dans l'échelle qui calcule l'indice de pauvreté multidimensionnelle, elle se situe dans les dix premiers pays. En effet, le coefficient de Gini se maintient encore en 2013 à 0,539, selon le rapport du DANE⁶ (2014) ; même si, selon le même rapport, la pauvreté a diminué ; par exemple, dans la zone rurale, le niveau de pauvreté est passé de 46,8 % en 2012 à 42,8 % en 2013. Nous nous intéressons aussi à cet aspect dans cette thèse.

Ainsi donc, cette thèse s'organise en quatre parties :

La première partie présente le contexte théorique, la deuxième expose la problématique, la troisième présente le cadre empirique de cette recherche et enfin, la quatrième partie se compose d'une discussion et d'une conclusion.

La première partie du contexte théorique intitulé « Planification, résolution de problèmes et gestualité » est divisé en trois chapitres : 1) La planification en situation de résolution de problèmes : le cas de la Tour de Hanoï, 2) l'étude de la planification : de l'enfance à l'âge adulte et 3) communiquer sa pensée : l'explication verbale et gestuelle dans la planification de la Tour de Hanoï.

Le Chapitre 1 introduit le sujet de la planification étudiée en situation de résolution de problèmes et non pas lors des tâches d'exécution. D'une part, nous présentons les concepts associés à la résolution de problèmes : la définition qui amène à la caractérisation d'un problème, les différentes stratégies de résolution de problèmes et les classifications les plus connues des types de problèmes. Parmi ces types de problèmes, nous présentons en particulier le problème de la Tour de Hanoï

⁴ Ces auteurs ont fondé leurs analyses dans la Banque Mondiale, 2008 : <http://www.banquemondiale.org/>.

⁵ Programme des Nations Unies pour le développement.

⁶ Département Administratif Nationale de statistique en Colombie.

que nous utilisons dans cette thèse pour étudier la planification. Nous détaillons donc, son origine, sa résolution, son interprétation et finalement, nous expliquons brièvement son utilisation lors des études de planification.

Le Chapitre 2 expose les différentes perspectives théoriques qui étudient la planification et la résolution de problèmes en général. Ces perspectives, nous les examinons à deux moments clés : du behaviorisme au cognitivisme et du cognitivisme à la neuropsychologie. Nous présentons donc six approches : l'approche du traitement de l'information de Newell & Simon (1972), l'approche piagétienne et du groupe d'Inhelder (1992), l'approche de Vygotsky (1930), le modèle des contraintes de Richard et collaborateurs (1993), l'approche de Hoc (1979, 1981, 1984b) et l'approche neuropsychologique qui débute dans les années 2000. Ce chapitre se poursuit dans un deuxième temps, avec la présentation de l'étude du développement de la planification en général, et des deux facteurs qui l'influencent : l'âge et le milieu socio-économique. Ensuite, nous passons en revue la littérature qui présente des travaux particuliers sur l'étude de la planification avec la Tour de Hanoï. Ce chapitre 2 se termine avec la présentation de la méthode des protocoles verbaux qui renvoie aux verbalisations de la pensée lors de la résolution de tâches. Celle-ci a été largement utilisée lors de la résolution de la tâche de la Tour de Hanoï comme nous venons de l'évoquer.

Le Chapitre 3 de la partie 1 présente, la perspective multimodale de la communication dans laquelle nous inscrivons cette thèse. Elle présente une classification générale de la gestualité nous permettant de classer les types des gestes que nous étudions, les gestes co-verbaux, selon la classification de McNeill (1992, 2005). Ensuite, nous expliquons la fonction cognitive des gestes, ainsi que l'analyse de la relation gestes-parole où nous détaillons particulièrement les non-concordances gestes-parole, qui constituent le concept central de cette partie et de cette thèse. Nous présentons là les principales recherches de Susan Goldin-Meadow et de ses collègues, recherches sur lesquelles nous nous appuyons pour développer notre étude. Dans un deuxième temps, nous présentons une section sur la planification au cours des explications verbales et gestuelles de la Tour de Hanoï. Nous détaillons cette section dans les chapitres suivants car elle constitue l'essentiel de notre recherche. Chaque chapitre s'achève par un bilan.

Enfin, *le chapitre 4* expose la problématique de cette recherche relative à l'effet de l'âge, du milieu socio-économique et de la complexité de la tâche sur la planification de la Tour de Hanoï, lors des explications anticipant sa réalisation. Cette partie se termine avec nos objectifs principaux et nos hypothèses générales.

La deuxième partie présente notre contexte empirique. Elle est divisé en deux chapitres, le chapitre 4 expose les aspects méthodologiques, elle détaille notre protocole de recherche et les caractéristiques de notre population, le processus de transcription et de codification de nos vidéos. Le chapitre 5 présente les résultats.

La dernière partie correspond à la discussion (chapitre 6) et à la conclusion de notre recherche (chapitre 7) où nos principaux résultats sont confrontés à ceux de la littérature. Enfin, nous proposons de nouvelles perspectives de recherche.

PARTIE I : CONTEXTE THÉORIQUE

Chapitre 1. La planification en situation de résolution de problèmes.

L'objectif de cette thèse est de mieux comprendre les aspects comportementaux et les mécanismes cognitifs sous-jacents associés à la planification lors de la résolution du problème de la Tour de Hanoï, et ce dans une perspective développementale. Étant donné que notre étude porte sur la planification en situation de résolution de problèmes, ce chapitre est organisé en deux sections : d'abord, nous présentons une revue non exhaustive de la littérature consacrée aux concepts associés à la résolution de problèmes. Ensuite, nous détaillons différents aspects concernant le problème de la Tour de Hanoï que nous avons utilisé dans cette thèse.

1.1. La résolution de problèmes : concepts associés

1.1.1 La notion de problème

En général, un problème se définit comme relevant d'une situation face à laquelle un organisme ne dispose pas immédiatement d'un répertoire de réponses lui permettant de fournir une réaction appropriée. Plus précisément, il s'agit « *d'une situation qui présente des difficultés pour lesquelles le résolveur⁷ ne possède pas de solution toute faite* » (Dumas-Carré, Goffard & Gil, 1992, p. 55), en outre, on peut dire « *qu'une situation est un problème quand on a un objectif, un but à atteindre, et que les moyens pour y parvenir ne sont pas disponibles et sont à construire* » (Clément, 2001, p. 318). D'ailleurs, Simon (1978) considère qu'un être humain est confronté à un problème quand il a « *accepté une tâche sans savoir comment la réaliser* » (p. 272). Selon ce dernier, le fait d'accepter une tâche implique d'avoir un critère à appliquer guidant un sujet à déterminer le moment où la tâche a été achevée avec succès⁸.

⁷ Terme utilisé pour désigner la personne qui résout un problème. Nous empruntons ce terme à Clément (2001, p. 319) et l'emploierons tout au long de la thèse.

⁸ Notre traduction de « A human being is confronted with a problem when he has accepted a task but does not know how to carry it out. "Accepting a task" implies having some criterion he can apply to determine when the task has been successfully completed » (Simon, 1978, p. 272)

Un problème se caractérise donc par l'existence d'une distance entre la situation de départ et le but à atteindre, l'absence d'un cheminement évident conduisant à la diminution de cette distance, et le caractère subjectif et circonstanciel de la résolution du problème (Dupays, 2012). De ce fait, une situation peut être un problème pour une personne mais ne pas l'être pour une autre.

La notion de problème est associée aux notions de savoir-faire et de faire. Dans le premier cas, on parle de connaissances, dans le second, d'actions. À ce propos, Anderson (1993) établit la différence entre les connaissances déclaratives, qui codent notre connaissance des faits et des choses, et les connaissances procédurales, qui codent une grande partie des capacités cognitives, notamment la capacité à résoudre des problèmes.

Le processus de récupération des connaissances en mémoire et la mise en place des actions conduisant à la résolution d'un problème, peuvent solliciter ou non des opérations cognitives complexes chez un individu. Cela va dépendre du contexte de la situation qu'il doit résoudre et de la conscience qu'un individu a de son niveau de difficulté. Pour certains individus, il s'agira d'un contexte d'exécution d'une tâche, pour d'autres d'un contexte de résolution d'un problème. Ainsi, un problème peut être défini d'une part comme une situation d'exécution (dans laquelle il y a une tâche à accomplir), et d'autre part, comme une situation de résolution (pour laquelle il existe un problème à résoudre).

1.1.2 Situation d'exécution et situation de résolution de problèmes

Selon Richard (2004), un individu est confronté à une situation d'exécution quand « *la définition des actions nécessaires à la réalisation de la tâche ainsi que l'ordonnement de ces actions, dans le temps, requièrent seulement des connaissances sur l'action stockées sous forme de schémas d'action en mémoire à long terme ainsi que sur l'élaboration des procédures* » (p. 220). En revanche, nous sommes face à une situation de résolution de problème si, au contraire, « *il n'existe pas en mémoire les connaissances nécessaires à l'élaboration d'une procédure acceptable: soit les connaissances qui concernent les prérequis de l'action, soit les connaissances qui permettent de faire les inférences nécessaires à l'ordonnement des actions* » (p. 220). Cet auteur expose deux situations dans lesquelles un sujet

peut être confronté à un problème à résoudre : a) dans le premier cas, il ne trouve pas en mémoire les connaissances activant un schéma d'actions qui correspond au problème ; b) dans le deuxième cas, il trouve en mémoire des connaissances qui semblent convenir au problème, mais suite à son application, ces connaissances ne sont pas suffisantes pour amener à la résolution du problème.

Dans le premier cas (a), le sujet est censé construire un espace-problème⁹ à l'intérieur duquel il explore la solution au problème. D'ailleurs, il est conscient que la situation est problématique. Dans le deuxième cas (b), il est censé questionner sa représentation de la situation et appliquer de nouvelles actions. Il se peut que dans ce dernier cas, le sujet ne soit pas pleinement conscient que la situation est problématique. Lorsqu'il en est conscient, il peut se rendre compte que les connaissances qu'il a mises en place pour résoudre le problème avaient déjà fonctionnées dans d'autres situations de problèmes.

Une situation-problème peut devenir une situation d'exécution si, étant donné le contexte de la situation-problème, le sujet est capable de trouver en mémoire les connaissances sur les prérequis des actions adaptées à la situation (Richard, 2004).

En outre, Leplat et Hoc (1983) et Hoc (1987) utilisent le terme « activité » lors de situations d'exécution qu'ils différencient de celles de résolution de problèmes. Ils parlent dans le premier cas d'activité d'exécution, dans le second, d'activité d'élaboration ou de résolution. L'activité renvoie à ce qui est mis en œuvre pour exécuter une tâche ou pour résoudre un problème. L'activité est finalisée quand le sujet atteint le but, celui qu'il s'est fixé en fonction de la tâche/du problème à résoudre. Ainsi, selon les auteurs précités, une activité d'exécution est « *la simple mise en jeu de mécanismes déjà constitués par le sujet* ». (p. 55). En revanche, toujours selon eux, l'activité d'élaboration ou de résolution intervient « dans le montage de ces mécanismes, ce sont elles qui caractérisent l'apprentissage ou la résolution de problèmes » (p. 55).

Les activités d'exécution sont donc guidées par une procédure connue, par des mécanismes construits auparavant par le sujet. Dans ce cas, on parle d'exécution d'une tâche. En revanche, les activités de résolution de problèmes sont guidées par

⁹ Nous aborderons cette notion en détails dans la deuxième section du Chapitre 1.

une procédure qui est construite par le sujet car il ne dispose pas d'une procédure connue *a priori* ou toute faite. Dans ce cas, le sujet doit alors élaborer une procédure pour résoudre un problème. On parle d'activités de résolution.

En somme, lorsqu'on s'intéresse à la notion de «problème», il faut donc faire une distinction entre situation d'exécution et situation de résolution de problèmes. Abordons à présent d'autres aspects liés à la résolution de problèmes, tels que la représentation d'un problème par rapport à son but, les stratégies de résolution associées et les types de problèmes selon certaines classifications.

1.1.3 Représentation du problème, stratégies de résolution et types de problèmes

La résolution de problème est envisagée comme étant une activité complexe finalisée. Elle aboutit à l'accomplissement d'un but. Résoudre un problème implique de parvenir à un but qui n'était pas compréhensible au départ (Polya, 1962). Il s'agit pour le sujet de trouver des moyens et de les combiner efficacement pour passer de la situation de départ (problème posé) à la situation finale en atteignant le but (problème résolu). Ce passage se fait par la découverte de la solution. Celle-ci dépend d'une part de la mise en œuvre des actions et des procédures à accomplir (associées à des connaissances procédurales, des savoir-faire), et d'autre part, de la représentation de la situation-problème que le sujet s'est construit.

Deux approches théoriques sont à la base du concept de découverte de la solution. La première est l'approche classique qui met en exergue la mise en œuvre de connaissances procédurales lors de la résolution d'un problème, opposée aux connaissances déclaratives (Anderson, 1993). La deuxième approche ne néglige pas non plus la mise en œuvre de connaissances procédurales dans la résolution de problèmes, mais accorde beaucoup d'importance à la représentation que le sujet s'est construite du problème à résoudre (Simon, 1973). Aujourd'hui un large éventail de recherches s'intéressent à ce dernier aspect (voir, entre autres, les publications de Clément & Richard, 1997 ; Clément, 2001; Clément 2006 ; Dumas-Carré & Gomoto, 2001 ; Richard, 1997, Scholnick & Friedman, 1993 ; Unterrainer & Owen, 2006).

1.1.3.1 La représentation du problème

D'après Richard (1997), deux éléments essentiels intègrent la représentation du problème : l'interprétation des éléments de la situation et les buts que se donne le sujet.

L'interprétation des éléments de la situation

L'interprétation de la situation constitue un élément indispensable pour résoudre un problème. Si cette interprétation est cohérente avec la mise en œuvre des actions et des procédures, le problème est résolu. En revanche, une interprétation incorrecte peut entraîner des conséquences pour le sujet impliqué dans la résolution d'un problème. En effet, Clément (2001) soutient que la représentation de la situation construite par le sujet guide les procédures qu'il a mises en œuvre. Le sujet peut alors, en grande partie, expliquer les difficultés qu'il rencontre. Confronté à des difficultés, le sujet ne dispose pas d'une procédure toute faite (i.e., automatisée), c'est pourquoi il doit construire une représentation à l'aide d'un espace-problème. On doit cette notion d'espace-problème à Newell et Simon (1972). L'espace-problème fait référence à l'espace de la tâche. Newell et Simon (1998), détaillent quels éléments intègrent cet espace-problème. Celui-ci aide le sujet à construire un espace de recherche lui permettant de tester des essais de solution, de formaliser des heuristiques¹⁰.

Richard (1997) suggère, à la suite de Newell et Simon (1972), d'opérer une distinction entre l'espace de la tâche et l'espace-problème. L'espace de la tâche, comme nous l'avons déjà signalé, correspond à l'espace défini par la tâche et le but du problème. L'espace-problème par contre, correspondrait à l'espace de recherche défini par l'interprétation que construit le résolveur. Toujours selon Richard (1997) et Clément (2009), cet espace-problème construit la représentation du problème. Il peut être plus restreint par rapport à l'espace de la tâche lorsque le sujet a fait une bonne interprétation du problème. Au contraire, cet espace peut être plus large lorsque le sujet a fait des interprétations erronées de la consigne. Cela revient à dire

¹⁰ Nous expliquons ce concept plus loin (cf. p.19)

que le fait de construire une bonne représentation du problème signifie modifier son interprétation ou changer son point de vue, c'est-à-dire, restructurer le problème (Clément, 2001 ; 2006 ; 2007, 2009 ; Clément & Richard, 1997).

Les buts que se donne le sujet.

Un autre aspect déterminant de la représentation d'un problème est le (s) but (s) que le sujet se fixe lorsqu'il est confronté à un problème. Leplat et Hoc (1983) définissent un but comme « *[ce] qui doit être réalisé ou plus précisément l'état final* » (p.51). Richard (1997) à son tour définit les buts comme étant des états de la situation problème qu'un sujet se donne, avec pour objectif soit de les atteindre, soit de les éviter. Le type de buts à atteindre (buts positifs) ou à éviter (buts négatifs) est lié au type de problème.

Altmann et Trafton (2002) élargissent la définition de but en employant le terme de « but » pour se référer à « *une représentation mentale d'une intention d'accomplir une tâche, d'atteindre un état spécifique du monde, ou de réaliser certaines actions mentales ou physiques¹¹* » (p. 39). D'ailleurs, la représentation des buts est importante dans des situations de problèmes à résoudre de la vie de tous les jours. D'après Blaye et Chevalier (2014), malgré le fait que, parfois, certains buts que nous nous sommes fixés et que nous tentons d'atteindre, ne sont pas conscients, la plupart d'entre eux « *sont représentés consciemment et leur attente requiert du contrôle exécutif, c'est-à-dire la régulation intentionnelle de sa propre pensée et de ses actions face à l'interférence d'informations environnementales non pertinentes pour l'activité à réaliser* » (p. 6)

En résumé, les notions de représentation et de buts associés à un problème sont des notions clés pour nous amener à mieux définir l'activité complexe de résolution de problèmes. Celle-ci est aussi guidée par diverses stratégies de résolution, pour lesquelles nous fournissons un exposé détaillé dans la section suivante.

¹¹ Notre traduction de « a mental representation of an intention to accomplish a task, achieve some specific state of the world, or take some mental or physical action » (p. 39)

1.1.3.2 Stratégies de résolution de problèmes

Hoc (1987), distingue deux types de stratégies : a) des stratégies de particularisation de schémas ; et b) des stratégies de pure élaboration. Les stratégies de particularisation de schémas sont mises en place lorsque le sujet n'a pas immédiatement de procédure à exécuter, mais qu'il dispose d'un schéma général de la procédure. Ainsi, résoudre le problème impliquera pour le sujet de construire son propre schéma de la résolution du problème. En ce qui concerne les stratégies de pure élaboration, elles varient en fonction des connaissances du sujet sur la situation même. Si ces connaissances sont peu nombreuses, le sujet utilisera des stratégies exploratoires avec des essais et des erreurs. En revanche, si les connaissances sont de haut niveau, il utilisera des stratégies de planification plus sophistiquées.

En outre, d'après Unterrainer et Owen (2006), il existe deux façons fondamentales de résoudre un problème : par algorithmes et par heuristiques. Ces deux façons constituent des règles d'action menant à la résolution du problème. Tandis que les algorithmes constituent des règles d'actions garantissant la résolution du problème, les heuristiques n'amènent pas toujours à la résolution. En effet, les algorithmes sont le résultat d'une recherche exhaustive et systématique de toutes les possibilités de résolution d'un problème. Ils sont mis en place le plus souvent à l'aide de programmes informatiques qui permettent d'envisager toutes les possibilités de résolution grâce à leur capacité puissante de traitement en mémoire.

En revanche, les heuristiques sont construites par des règles non systématiques, générales ; elles peuvent être indépendantes de situations spécifiques. Parfois, elles servent à tous types de problèmes. Dans d'autres cas, les heuristiques peuvent se restreindre à l'élaboration des règles spécifiques à un domaine particulier de connaissances et n'envisagent pas toutes les possibilités de résolution du problème. On peut opposer deux heuristiques : (a) la recherche par essais et erreurs et (b) l'analyse moyens-fin ou stratégie des étapes intermédiaires.

La recherche par essais et erreurs (a) consiste à utiliser au hasard différentes actions jusqu'à la résolution du problème. La mise en place de ce type d'heuristique amène à produire des actions inutiles qui ne favorisent pas la solution optimale du

problème. *L'heuristique d'analyse moyens-fin* (b), en revanche, est une heuristique plus sophistiquée de sélection d'opérateurs pertinents¹².

Proposée par Newell et Simon (1972), l'heuristique *d'analyse moyens-fin* (means-end analyses) consiste à identifier la différence entre l'état initial et l'état but en sélectionnant un opérateur (une règle) qui réduise ou élimine cette différence. Il est possible qu'aucun opérateur ne soit disponible, donc, nous devons construire un sous-but et chercher un opérateur qui permette d'atteindre ce sous-but. Cette démarche est répétitive, jusqu'à ce qu'un sous-but soit accessible puis jusqu'à ce que les différences entre l'état initial et l'état final soient éliminées.

Enfin, une autre stratégie de résolution de problèmes est celle du raisonnement par analogie (Bédard & Chi, 1992 ; Sander, 2000 ; Hofstadter & Sander, 2013, pour une revue de questions). Résoudre un problème par analogie ou par transfert analogique consiste à « *importer à une nouvelle situation (cible), des parties de connaissances provenant d'un domaine connu (source)* »¹³ p.1459 (Sander & Richard, 1997). Autrement dit, à faire revenir un problème déjà rencontré (problème source) et à l'utiliser pour résoudre le problème actuel (problème cible) (Nogry & Didierjean, 2007). D'après Minier, Blaye, Maugard, Fagot, Glady, et Thibaut, (2014), ce type de raisonnement, fréquemment soudain et spontané, émerge lorsqu'une situation rencontrée a un lien avec une situation antérieure. Selon eux

« si cette mise en parallèle s'initie souvent, et plus facilement, par des ressemblances de surface entre les deux situations, le raisonnement par analogie (RA) permet d'aller au-delà des divergences perceptives et d'extraire une structure relationnelle commune à ces deux situations » (p. 72).

De ce fait, il convient de retenir qu'un lien entre le type de stratégies utilisées et le type de problème en jeu peut être supposé. La nature du problème peut favoriser l'utilisation d'un certain type de stratégies par rapport à d'autres. Dans la section

¹² Moyens et actions permis par l'énoncé du problème à mettre en œuvre pour atteindre le but.

¹³ Notre traduction de "analogical transfer consists of importing into a new situation (target) pieces of knowledge coming from a known domain (source)" (p. 1459).

suivante (section 2 de ce chapitre), nous présentons les types de problèmes, en détaillant plus largement les problèmes de transformation d'états, tels que le problème de la Tour de Hanoï que nous avons choisi d'utiliser pour étudier les mécanismes de planification de problème.

1.1.3.3 Types de problèmes

Les types de problèmes à résoudre sont très divers, de même que la nature des situations problématiques, des solutions, des stratégies, et des processus de résolution qui en découlent. De ce fait, plusieurs classifications des types de problèmes ont été proposées dans la littérature. Ci-après, dans un tableau récapitulatif, nous en fournissons une liste non exhaustive, établie à partir des classifications les plus connues, qui distinguent les types de problèmes entre eux selon divers critères.

Tableau 1. Résumé des classifications de problèmes les plus connues.

Proposée/Présentée par	Type (s) de problèmes	Critère
Arlin, (1989)	Problèmes présentés/découverts, (presented/discovered), simples/complexes (simple/complex), bien définis/indéfinis/ (well-defined/ill-defined), à court-/long-terme (short-term /long-term), familiers/non-familiers (familiar /unfamiliar)	Général/Résumé
Simon (1973) Jonassen (1997)	Problèmes bien structurés (very well-structured) <i>versus</i> peu structurés (very ill-structured)	Le domaine, le but et le processus inhérents à un problème
Greeno (1978)	Problèmes d'arrangement, d'induction et de transformation	Le résultat attendu associé au type de traitement de l'information initiale, à la tâche à réaliser
Chi (1992)	Problèmes à contenu général <i>versus</i> spécifique	Le contenu sur lequel portent les questions posées.
Zanga, Richard et Tijus (2004)	Problèmes à but défini (well-defined problem) <i>versus</i> indéfini (ill-defined problem)	Le but recherché

Une de ces classifications générales distingue les problèmes selon qu'ils soient présentés ou découverts (presented/discovered), simples ou complexes (simple/complex), bien définis/indéfinis/ (well-defined/ill-defined), à court ou long-terme (short-term /long-term), et familiers ou non familiers (familiar /unfamiliar) (Arlin, 1989).

La deuxième classification qui retient notre attention est celle qui oppose les problèmes très bien structurés (very well-structured) et les problèmes très peu structurés (very ill-structured). Les premiers auteurs qui proposent cette typologie sont Reitman, (1964) et Newell & Simon, (1969 cités par Simon, 1973). Pour Jonnasen (1997) cette classification prend en compte le domaine, le but et le processus inhérents à un problème, ainsi il compare les problèmes très bien structurés tels que, par exemple, la résolution d'une équation quadratique, à des problèmes très peu structurés tels que, par exemple, concevoir une extension de sa maison.

Une autre classification du point de vue des connaissances en jeu (le contenu sur lequel portent les questions posées) peut distinguer des problèmes à contenu général, par exemple, la Tour de Hanoï ; des problèmes à contenus disciplinaires spécifiques, par exemple en physique et chimie ou en mathématiques (Chi, 1992).

D'après Zanga, Richard et Tijus (2004), une classification largement utilisée oppose les problèmes à but défini ou bien défini (well-defined problem) à des problèmes à but indéfini ou mal défini (ill-defined problem). Zanga *et al.*, (2004), la reprennent en signalant donc :

« qu'un problème bien défini est un problème de construction pour lequel le participant a accès à toutes les informations dont il a besoin, y compris le but précis, qui s'envisage sous la forme d'un état et de règles de transformation. C'est le cas de la Tour de Hanoï (voir figure ci-dessous reproduite de Zanga et al., (2004), avec le problème de la Tour de Hanoï à droite). Un problème indéfini est un problème de « conception » pour lequel un objectif non-spécifique est envisagé sous la forme de contraintes et pour lequel certaines informations nécessaires ne sont pas données au participant¹⁴. C'est le cas du problème des Neuf Points [voir la même figure ci-dessous avec le problème des Neuf Points à gauche] pour lequel les participants possèdent une

¹⁴ Notre propre traduction, d'après Zanga *et al.* (2004) : "A well-defined problem is a "construction" problem in which the participant has access to all the information he or she needs, including a specific goal, which is described in the form of a state and the rules for transformation. This is the case for TOH (Figure 1). An ill-defined problem is a "design" problem in which a non-specific goal is given in the form of constraints and some necessary information is withheld from the participant. This is the case for the Nine Dots problem, as shown in Figure 1: the participants possess an implicit constraint to stay within the dotted area » (p.57).

contrainte implicite qui est de devoir demeurer à l'intérieur du périmètre de points » (p. 57).

En somme, un problème bien défini est un problème pour lequel il existe une définition explicite de l'objectif en fonction de la description du problème, la Tour de Hanoï est un exemple de problème bien défini, dessiner un beau dessin est un exemple de problème mal défini.

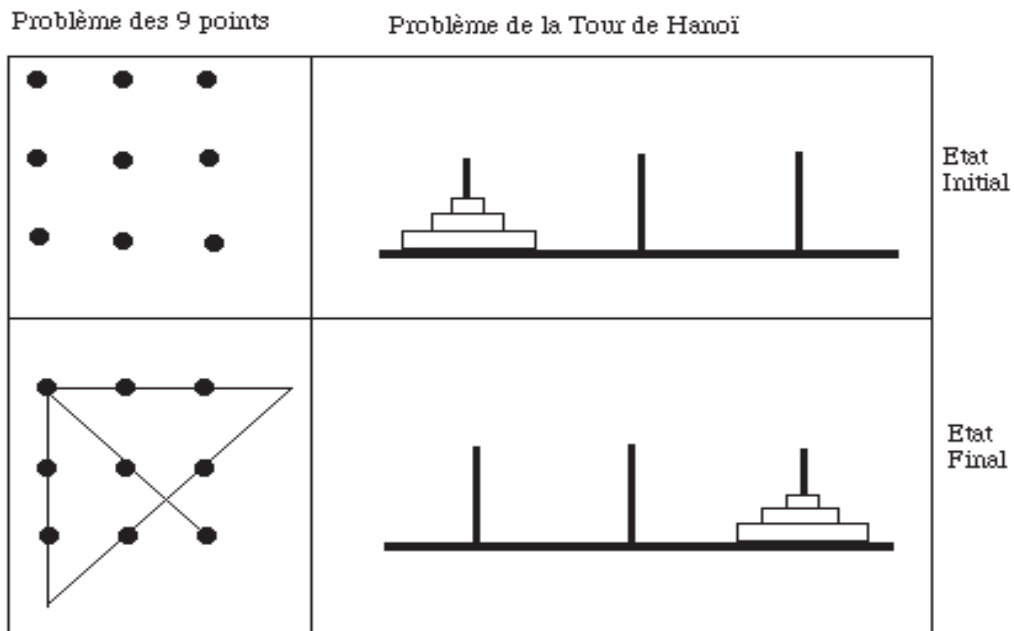


Figure 1. Classification du type de problèmes proposée par Zanga et al. (2004), adaptée de Greeno (1978)
 A gauche, le problème des Neuf Points (problème indéfini). A droite, le problème de la Tour de Hanoï avec trois disques¹⁵.

Pour finir, signalons la classification proposée par Greeno (1978). Cet auteur distingue trois types de problèmes : les problèmes d'arrangement, les problèmes

¹⁵ **La consigne pour le problème du 9 points** est la suivante: « Vous avez 9 points disposés en carré. Prenez un crayon. Vous devez joindre tous ces points en dessinant 4 lignes droites et sans lever le crayon ». Normalement, les participants s'imposent la contrainte de joindre les points est d'aller d'un point à l'autre et n'envisagent pas le fait de sortir des limites du carré formé par les points, une « autorisation » qui n'est pas donnée par la consigne. **Le problème de la Tour de Hanoï** est un problème typique bien défini où toutes les informations sont données au sujet par la consigne suivante : la tâche consiste à transférer les trois disques de la tige 1 à la tige 3 en respectant les contraintes suivantes : (i) on ne peut transférer qu'un disque à la fois, (ii) si plusieurs disques sont dans une même pile, on ne peut transférer que le plus petit d'entre eux (celui du sommet de la pile), et (iii) il est interdit de poser un disque plus grand sur un disque plus petit.

d'induction de structures et les problèmes de transformation. Tout d'abord, les **problèmes d'arrangement** sont des problèmes où tous les éléments sont fournis initialement, et où l'objectif consiste à réarranger ces éléments pour résoudre le problème en répondant à un critère de réussite spécifié. Un exemple relatif à ce type de problèmes est la réalisation d'anagrammes où il faut réarranger des lettres données au départ pour former un mot (e.g., EIBER pour écrire BIERE). Ensuite, les **problèmes d'induction de structures** qui sont un type de problème où il est indiqué au sujet qu'il existe une relation établie entre différents objets et l'objectif est de découvrir cette relation entre les objets et comment ces objets sont liés. Un exemple de problème d'induction de structures est le problème d'extrapolation de séries. Par exemple, dans la série suivante, la tâche consiste à découvrir le prochain élément de la série : 1 2 8 3 4 6 5 6. Dans cet exemple il y a deux séries : l'une est la série ascendante 1 2 3 4 5 6 et l'autre est la série descendante 8, 6. La réponse correcte est donc 4 (Reed, 1999). Enfin, les **problèmes de transformation** correspondent à un type de problèmes où on connaît au préalable un état initial et un état-but à atteindre. Pour ce type de problème, l'objectif est de mettre en place une séquence d'opérations permettant de changer l'état initial en état-but. L'exemple typique de ce type de problèmes est le problème de la Tour de Hanoï que nous introduisons dans la Figure 1 ci-dessus et que nous présentons plus en détail dans la section suivante.

Résumé

Un problème se caractérise par (1) l'existence d'une distance entre la situation initiale et le but à atteindre, (2) l'absence d'un cheminement évident conduisant à la diminution de cette distance, et (3) le caractère subjectif et circonstanciel de sa résolution. La résolution du problème ne relève pas uniquement des connaissances procédurales (Anderson, 1993) mais de la formulation d'une représentation cohérente du problème (Clément & Richard, 1997 ; Clément 2006 ; Dumas-Carré & Gomoto, 2001 ; Richard, 1997, Scholnick & Friedman, 1993 ; Unterrainer & Owen, 2006). Cela est associé aux diverses stratégies de résolution et au type de problème (Bédard & Chi, 1992 ; Greeno, 1978 ; Hoc, 1987, Minier et al, 2014 ; Newell & Simon, 1972 ; Nogry & Didierjean, 2007 ; Sander & Richard, 1997 ; Unterrainer & Owen 2006). La Tour de Hanoï est considérée comme un problème de transformation d'états, bien défini selon les classifications précitées (le but, l'état de départ, et les actions qui permettent les déplacements sont clairement définis). Elle est aussi un problème approprié à l'étude de la planification. Par la suite, nous présentons son origine et ses caractéristiques, sa résolution et son interprétation et enfin, son utilisation dans l'étude de la planification et de la résolution de problèmes.

1.2. Le problème de la Tour de Hanoï : un problème de transformation, bien défini.

1.2.1 Origine et caractéristiques générales

La Tour de Hanoï est à l'origine un jeu de réflexion (ou casse-tête) inventé par le mathématicien français Edouard Lucas. En hommage posthume à Lucas, le jeu a été publié en 1892 dans le tome 3 de Récréations mathématiques (Lucas, 1892). En 1975, Simon définit ce jeu comme une tâche de transfert des disques consistant d'un état initial et un état **final** bien défini ; ainsi que d'un ensemble limité d'opérateurs autorisés (c'est à dire, des réponses comportementales) pour chaque déplacement à travers de l'espace-problème (*cf.* Figures 3 et 4, p. 29, 30).

Ce jeu est composé de trois tiges et d'un ensemble de disques de tailles décroissantes. Les disques sont empilés au début sur la tige A (Figure 2 ci-dessous).

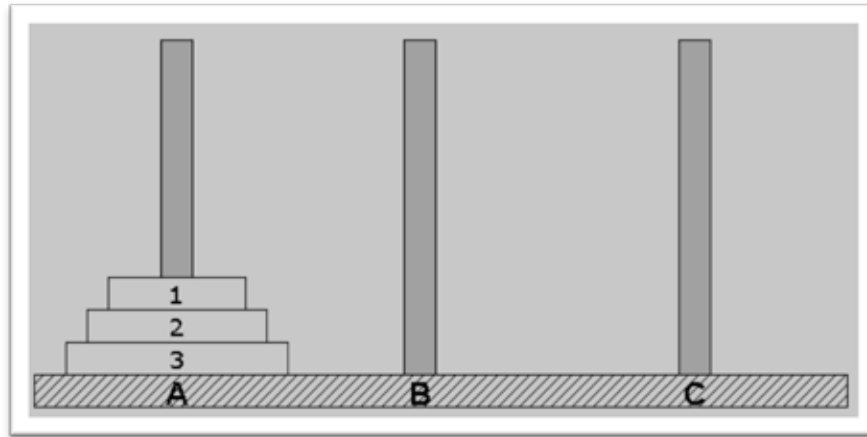


Figure 2. Modèle de la tour de Hanoï avec 3 disques.

© http://www.esraonline.com/index.php?pagination=view_article&id=751 (consulté le 21/05/2014)

Le but de ce jeu est donc de déplacer l'ensemble de « n » disques de la tour de « départ » (Tour A) à la tour d'« arrivée » (Tour C) par le biais d'une tour « intermédiaire » (Tour B). Le transfert des disques doit se faire tout en respectant les règles de la consigne: ne déplacer qu'un seul disque à la fois et ne jamais placer un disque plus grand sur un plus petit. En considérant ces contraintes imposées par les deux règles précitées, il existe différentes configurations de disques autorisées au sein de l'espace-problème (Newell & Simon, 1972) ou espace de la tâche (Richard, 1997 à la suite de Newell & Simon) associés à ce jeu.

D'ailleurs, Unterrainer et Owen (2006), quant à eux, opposent les notions d'espace-problème « objectif » à celle d'espace problème « subjectif ». L'espace problème objectif se caractérise par l'ensemble des états autorisés par le problème. Dans ce cas, résoudre un problème peut être réduit à « lire » correctement tous les états possibles dans un problème. En revanche, l'espace problème « subjectif » relève de la perception que se fait le sujet de cet espace. L'élaboration de cet espace problème subjectif dépend donc d'une représentation adéquate du problème en question.

Nous emploierons dans cette thèse, comme Richard (1997) et Unterrainer et Owen (2006), les termes « espace de la tâche » et « espace-problème » pour opposer l'espace « objectif » de la tâche elle-même (déjà construit et limité par les contraintes de la tâche) et l'espace subjectif (à construire par le sujet) résultant de la représentation que le sujet réalise en conduisant sa recherche à l'intérieur de l'espace de la tâche. Ce dernier est appelé espace de recherche.

Il est possible de représenter l'espace de la tâche par un graphe. Pour le problème de la Tour de Hanoï, l'espace de la tâche est défini par (Newell & Simon, 1972 ; Richard, 1997) :

- a) *La description de l'état initial* : les disques sont empilés sur l'emplacement de gauche, les emplacements du milieu et de droite étant vides (*cf.* Figure 3)
- b) *La description du but à atteindre* : les disques doivent être empilés dans le même ordre qu'au début sur l'emplacement final à droite
- c) *La nature des opérateurs*¹⁶ *et leurs contraintes d'application* : il existe un seul opérateur : déplacer un disque, puisqu'on ne peut déplacer qu'un disque à la fois ; et les conditions d'application sont les contraintes données dans la consigne. Il y a une condition pour prendre les disques: on ne peut prendre que le disque du dessus et il y a une condition pour poser : on ne peut poser un disque plus grand sur un plus petit.

1.2.2 Résolution et interprétation du problème

Résoudre ce problème consistera donc à déplacer les disques à l'intérieur de cet espace de la tâche (*cf.* Figures 3 et 4 ci-dessous), en essayant de trouver le chemin le plus court possible pour arriver au but final. L'état initial correspond à la tour en haut du graphe où tous les disques sont empilés dans la première tige de gauche. L'état final correspond à la tour en bas du graphe où tous les disques sont empilés dans la dernière tige de droite. Le chemin le plus court est celui de droite qui relie ces deux états (initial et final). Il est constitué des états intermédiaires qu'il faut visiter en respectant les règles. Nous présentons ici les graphes pour le problème avec trois disques (*cf.* Figure 3) et avec quatre disques (*cf.* Figure 4).

Pour le problème avec trois disques, par exemple, il existe 27 configurations différentes autorisées. De la même manière, pour le problème avec quatre disques, 81 configurations différentes de disques sont valides. Dans ces deux graphiques qui

¹⁶ Les opérateurs sont les actions « licites » autorisées, ce sont les moyens à mettre en œuvre pour arriver au but.

se lisent en suivant les nœuds formés par l'intersection des lignes au sein du triangle, chaque étape montre les différents déplacements de disques autorisés qui représentent les transformations successives d'états vers la solution du problème. Le graphe contient donc l'ensemble des états possibles dans lesquels on peut se retrouver en respectant les règles du problème.

Une résolution planifiée du problème de la Tour de Hanoï consistera à prendre en compte deux prérequis simultanément (Richard, 1988). Richard explique cela en prenant comme exemple le problème avec trois disques. Lorsque une personne doit déplacer les trois disques (1, 2, 3), de la tige A à la tige C (*cf.* Figure 2 ci-dessus) en se donnant comme but de déplacer d'abord à la tige C le disque le plus grand (disque 1), deux prérequis doivent être respectés : qu'il n'y ait pas de disque au-dessus du disque 1, et qu'il n'y ait pas de disque dans la tige C. Réaliser le premier prérequis implique la violation provisoire du deuxième, mais, c'est nécessaire pour résoudre le problème efficacement. Le raisonnement serait celui-ci :

[*cf.* Figure 2] : « le prérequis « il ne doit pas y avoir de disque en C » est satisfait et il convient donc de satisfaire l'autre « il ne doit pas y avoir de disque au-dessus du grand disque ». Pour cela, il faut enlever les disques 2 et 3. Il faut commencer par le petit (disque 3) où le mettre ? Si l'on veut ne pas violer l'autre prérequis [il ne doit pas y avoir de disque en C], il faut le mettre sur l'emplacement B. Mais alors, on ne peut plus déplacer le moyen (disque 2) sans violer cette fois le second prérequis [il ne doit pas y avoir de disque en C]. » (p. 36)

Suite à ce raisonnement, la question à se poser sera : comment réussir à considérer simultanément ces deux prérequis ? En se donnant comme objectif de faire d'abord une tour de deux disques en B. Donc, le raisonnement sera :

« le prérequis « il ne doit pas y avoir de disque au-dessus du grand disque » devant être respecté, il faut donc prendre le plus petit et le mettre en C en violant temporairement le prérequis « il ne doit pas y avoir de disque en C » ; de cette façon, l'emplacement du milieu est libre pour transférer le disque moyen,

puis, car [devant être posé] au-dessus du disque moyen, (on construit la tour en B), on déplace le grand disque en C » (p. 36).

Dans notre thèse le chemin le plus optimal sera celui qui est parcouru du côté droit des diagrammes (cf. Figures 3 et 4), celui où le but est de construire la tour sur la troisième tige (Tige C) en réalisant le nombre minimum de déplacements. Dans la mesure où le nombre de disques augmente, la résolution se complexifie et le résolveur est obligé de réaliser des buts intermédiaires pour arriver au but final. Ainsi par exemple, résoudre le problème avec deux disques est simple : pour cela 3 déplacements sont nécessaires. Par contre, résoudre le problème avec trois et quatre disques requiert un nombre supérieur de déplacements. Le nombre minimum de déplacements pour résoudre le problème de façon optimale peut être calculé grâce la formule mathématique suivante :

$$2^n - 1.$$

Dans cette formule, n correspond au nombre de disques.

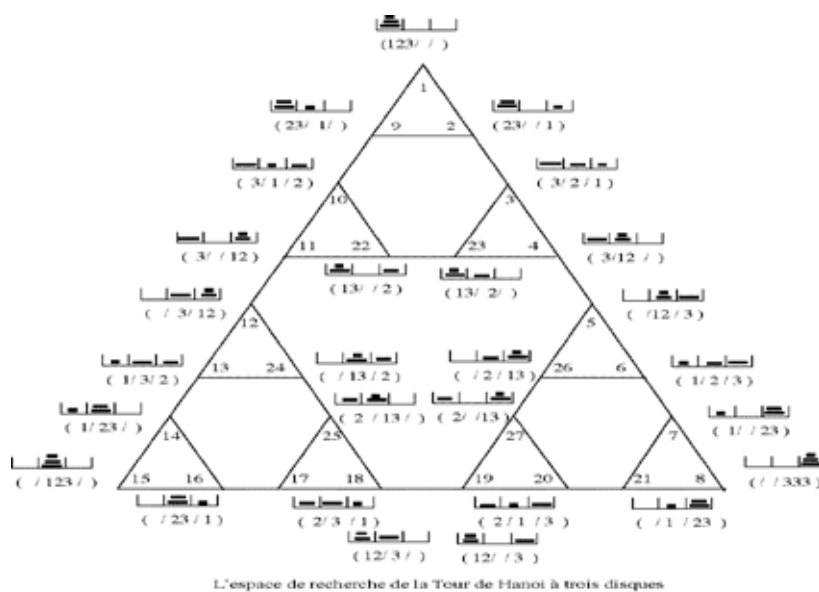


Figure 3. Graphique représentant l'espace- problème pour le problème de la Tour de Hanoi avec trois disques

(1 : petit disque ; 2 : disque moyen ; 3 : grand disque. Les numéros de 1 à 27 figurant dans les petits triangles désignent les états du problème (Richard, 2004, p. 370)

© <http://projets.iedparis8.net/cognition/psychocog/articles.php?lng=fr&pg=4> (consulté le 22/05/2014)

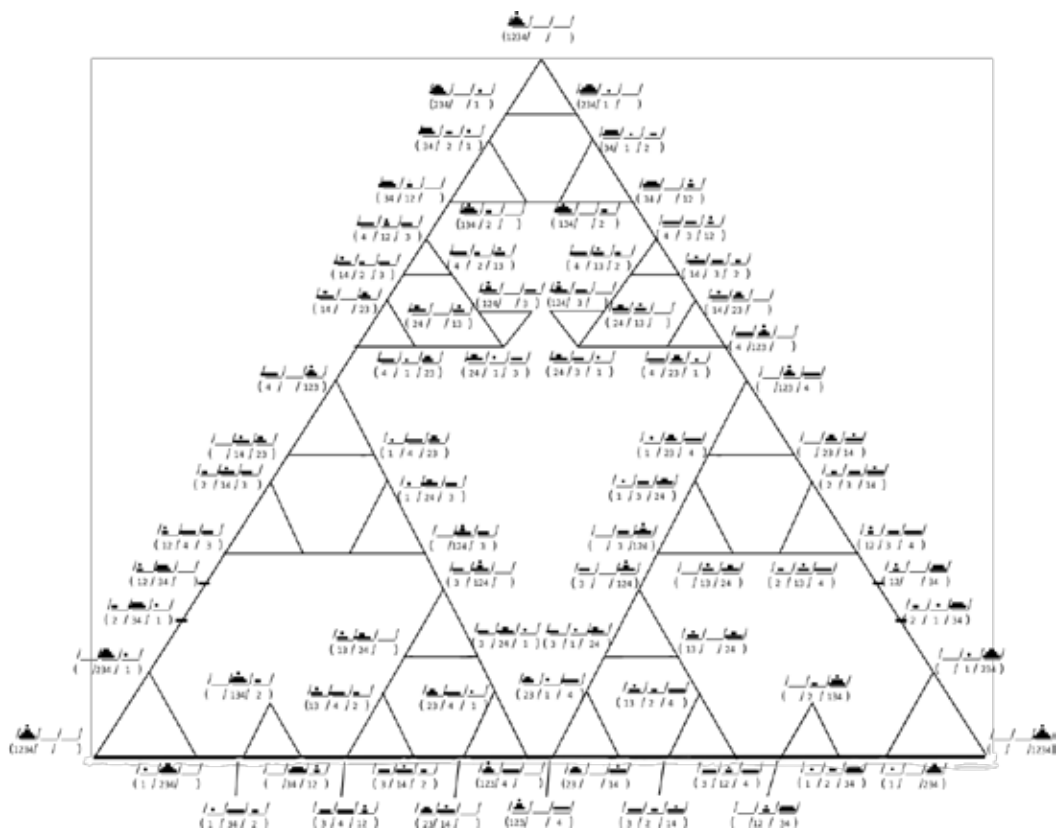


Figure 4. Graphique représentant l'espace- problème de la résolution de la Tour de Hanoï avec quatre disques
(1 : petit disque ; 2 : disque moyen ; 3 : grand disque et 4 : très grand disque).

1.2.3 Utilisation de la Tour de Hanoï dans l'étude de la planification : introduction

Le problème de la Tour de Hanoï a été une des tâches les plus utilisées pour l'étude des capacités de planification (Anderson & Douglas, 2001 ; Byrnes & Spitz, 1979 ; Diaz *et al.*, 2012 ; Garber, 1997, Richard, 1982, Scholnick & Friedman, 1987, 1993 ; Wels, 1991). Dans ce contexte, comme on l'a déjà expliqué précédemment, la planification consiste à

« élaborer des buts intermédiaires : c'est un moyen puissant de réduire l'espace-problème. Un sous-but accesible est par définition un état de l'espace-problème plus proche de l'état initial que n'est le but terminal. Le problème est donc réduit à un sous-poblème qui a pour but cet état : trouver un chemin qui va à ce sous-but est donc plus simple et requiert moins d'exploration que trouver un chemin vers le but terminal » (Richard, 1997, p.50).

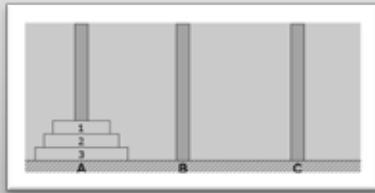
Selon Scholnick et Friedman, (1993), la Tour de Hanoï évalue la capacité de représentation du problème (problem representation) et la surveillance (monitoring), deux composantes de la planification selon ces auteurs. Le fait que ce problème soit bien structuré peut supposer que la demande de représentation et donc de planification soit mineure. Cependant, selon ces mêmes auteurs, le fait aussi que le problème doive se résoudre en considérant un espace de la tâche inconnu pour les résolveurs, dépourvu de repères et avec la possibilité de parcourir différents chemins, la rend plus complexe; de ce fait, sans la construction d'une représentation et la surveillance des actions pour arriver au but final ce problème serait insoluble.

Résumé

En 1975, Simon définit la Tour de Hanoï comme une tâche de transfert des disques composant d'un état initial et un état final bien définis. Cette tâche est composée de trois tiges et d'un ensemble de disques de tailles décroissantes. Résoudre ce problème consistera à déplacer les disques à l'intérieur d'un espace-problème en essayant de trouver le chemin le plus court pour arriver au but final. Il est possible de représenter l'espace de la tâche par un graphe (Newell & Simon, 1972). Le problème de la Tour de Hanoï a été une des tâches les plus utilisées pour l'étude des capacités de planification (Richard, 1982, Scholnick & Friedman, 1987, 1993 ; Wels, 1991). Dans ce contexte, la planification consiste à élaborer des buts intermédiaires : c'est un moyen puissant de réduire l'espace-problème.

Bilan Chapitre 1

La planification en situation de résolution de problèmes : le cas de la Tour de Hanoï.



Nous étudions la planification lors de la résolution du problème de la Tour de Hanoï, comme relevant d'une situation dans laquelle le sujet ne possède pas les procédures toutes faites, et qu'il doit donc les construire. Ce premier chapitre avait pour but d'introduire les concepts généraux associés à la planification en situation de

résolution de problèmes. Ces concepts, appartenant aujourd'hui au vaste domaine des sciences cognitives, sont étudiés dans notre thèse d'un point de vue développemental. L'étude systématique de la planification est relativement récente en psychologie. Elle a été notamment influencée par la théorie du traitement de l'information. À partir de ce moment-là, diverses perspectives se sont succédées, ou ont cohabitées. Un nombre considérable des recherches se sont faites chez l'adulte, très peu chez l'enfant et presque aucune chez l'adolescent, souvent «perdu» dans la population enfantine. Dans cette thèse, nous tacherons de combler ce manque.

Chapitre 2. L'étude de la planification: de l'enfance à l'âge adulte

Dans ce deuxième chapitre, nous abordons tout d'abord, les différentes approches générales de l'étude de la planification et de la résolution de problèmes. Cela nous permet ensuite de faire une revue de la littérature des études sur la planification et notamment celles qui ont utilisé la Tour de Hanoï dans une perspective développementale. Pour finir, nous présentons la méthode des protocoles verbaux, utilisée lors des études avec la Tour de Hanoï et que nous reprenons dans cette thèse en intégrant des nouveaux éléments.

2.1. Différentes perspectives pour étudier la planification en situation de résolution de problèmes : entre approches traditionnelles et contemporaines

2.1.1 Du behaviorisme au cognitivisme

En psychologie, les premières études traitant de la planification ont été influencées par le modèle behavioriste où le comportement est dirigé vers l'accomplissement de buts (Bergert, Guilford & Christensen, 1957 ; Miller, Galanter & Pribram, 1960). Ces travaux ont mis l'accent sur des aspects très précis de la planification associés à la sélection, l'organisation, et l'exécution de séquences d'actions prédéfinies ou à des instructions visant à faciliter la réalisation des buts (Mumford, Schultz & Van Doorn 2001 ; Osburn & Mumford, 2006). Le modèle behavioriste a dominé jusque dans les années 1960.

Entre le modèle behavioriste et cognitiviste, le courant gestaltiste a été un courant charnière. Il défend la pensée créatrice (productive thinking) en l'opposant à la pensée reproductrice (reproductive thinking) du modèle behavioriste. Le courant gestaltiste accorde beaucoup d'importance à l'apprentissage et à l'expérience passée dans la découverte de la solution du problème. Köhler (1925), cité par Clément (2009), introduit trois notions importantes : a) la notion d'*insight* (ou la découverte soudaine de la solution d'un problème) qui apporte à la solution une nouvelle façon d'organiser les informations concernant le problème ; b) la

notion de ce que l'on pourrait désigner comme « persévération¹⁷ », autrement dit, « *la persistance d'habitudes anciennes et de façons de percevoir la situation* » (Clément, *op. cit.*, p. 27) ; c) la rigidité mentale qui entraîne de mauvaises erreurs à cause d'anciennes habitudes et de bonnes erreurs permettant d'aller vers la résolution du problème.

Grâce à la naissance de la psychologie cognitive, de nouvelles conceptions sur la planification se sont développées. Plutôt que de s'intéresser aux dynamiques externes face à l'activité de planification (comme dans le behaviorisme), ces nouvelles conceptions ont postulé que, pour étudier la planification, l'intérêt devait se centrer sur les dynamiques internes, autrement dit, sur les opérations cognitives de mise en place de l'activité de planification émanant du sujet. Dans ce sens, la planification est envisagée comme relevant de simulations mentales d'actions (Mumford, Schultz & Van Doorn, 2001).

Tout au long de la présentation de ces perspectives, notre intérêt est de montrer comment a été étudiée la planification et la résolution de problèmes en psychologie. Une analyse chronologique des différentes perspectives psychologiques apparaît comme un véritable défi, surtout en prenant en compte le point de vue de Popper (1973) sur la logique de la découverte scientifique. Selon lui, la présentation à posteriori des « découvertes » scientifiques correspond soudainement à la chronologie de leur événement. Nous avons choisi la présentation des perspectives à partir de la naissance du cognitivisme car il semble, que ce soit à partir de ce moment que les études de la planification et de la résolution de problèmes en psychologie ont devenues plus systématiques. L'apparition du programme Général Problem Solver de Newell & Simon en témoigne (Richard, 1982). Nous présentons par la suite : la perspective du traitement de l'information, la perspective piagétienne, la perspective de Vygotsky, la perspective des contraintes de Richard, la perspective de Hoc et enfin, la perspective neuropsychologique.

¹⁷ Le terme est proposé par nous.

2.1.2 Du cognitivisme à la neuropsychologie

2.1.2.1 La planification et la résolution de problèmes selon l'approche du traitement de l'information : l'élaboration de buts intermédiaires à l'intérieur d'un espace-problème.

Les recherches visant à modéliser les mécanismes de planification proviennent notamment des travaux pionniers de Newell et Simon (1972), influencés par plusieurs événements qui sont survenus lors des années 1940 et 1950. Ces événements sont, en effet, à l'origine de la naissance de la psychologie cognitive en 1956 (Dortier, 2011, 2013a, 2013b). Parmi ces événements nous pouvons noter l'invention de l'ordinateur dans les années 1940, de la cybernétique entre 1946 et 1953 et notamment la théorie du traitement de l'information dont Claude E. Shannon est le père fondateur.

C'est dans ce contexte que Newell et Simon conçoivent, en 1957, ce qu'ils ont appelé « General Problem Solver » (GPS). Le programme General Problem Solver est un projet de simulation informatique de procédures de résolution de problèmes de même type. Le but de Newell et Simon était de créer, en utilisant ce prototype de programme, une machine pouvant traduire les langues, jouer aux échecs, prendre des décisions, etc. Le GPS serait de ce fait un bon modèle pour rendre compte de la pensée humaine. En psychologie, Newell et Simon préconisaient déjà à l'époque que « [...] la plupart des théories prendront la forme de programmes informatiques » (Dortier, 2013, p. 111). Il est reconnu dans la littérature (Anderson, 1993, Reed, 1999 ; Richard, 1982) que le programme General Problem Solver qu'ils ont proposé, a été le premier à fournir une procédure de planification basée sur l'élaboration de buts intermédiaires. Ces buts intermédiaires se rapportent aux différences entre l'état qui définit le but à atteindre et l'état initial du problème.

Dans cette approche, un des concepts le plus important est celui d'espace-problème et Newell et Simon expliquent quels sont les éléments qu'il intègre (cf. Tableau 2). L'espace-problème représente les différents états de résolution d'un problème particulier. Chaque état peut être transformé en un autre état par l'intermédiaire des différents opérateurs ou des actions autorisées par le problème. Résoudre un problème consistera donc à parcourir dans cet espace d'états, les différents chemins et configurations qui permettent de parvenir à la solution. Le

cheminement de l'état initial à l'état but définissant cet espace problème émerge des états intermédiaires et des stratégies. Ces états intermédiaires et ces stratégies sont des règles de parcours dont le but est de fixer des limites d'exploration associées à l'espace. Autrement dit, si on décide de réaliser un but intermédiaire, on exclut une autre partie de cet espace. Le processus de planification et de résolution consiste donc à comparer des stratégies (et les cheminements permis par ces stratégies) en les intégrant dans un parcours individuel.

Tableau 2. L'espace problème de Newell & Simon (1972)

A problem space consists of:
1. A set of elements, U , which are symbol structures, each representing a state of knowledge about the task.
2. A set of operators, Q , which are information processes, each producing new states of knowledge from existing states of knowledge.
3. An initial state of knowledge, u , which is the knowledge about the task that the problem solver has at the start of problem solving.
4. A problem , which is posed by specifying a set of final, desired states G , to be reached by applying operators from Q .
5. The total knowledge available to a problem solver when he is in a given knowledge state, which includes (ordered from most transient to most stable).

(Newell & Simon, In Collins & Smith, 1988)

Comme nous l'avons évoqué, cette perspective a franchi une étape importante dans l'étude systématique de la planification et de la résolution de problèmes. Nous pouvons en effet signaler deux avancées importantes. D'une part, la modélisation des comportements de résolution à travers des programmes informatiques, et d'autre part, l'intégration des concepts d'espace de recherche et d'espace problème (Clément, 2009). Premièrement, la modélisation a permis de tester les théories en mettant en lumière les processus impliqués dans ces activités cognitives. Deuxièmement, les notions d'espace de recherche et d'espace problème, ont été généralisées dans différents programmes de résolution de problèmes.

Nonobstant ces avancées, cette perspective a connu ses limites. Les notions d'espace de recherche et d'espace problème deviennent, à un certain point, des notions incomplètes. L'espace de recherche (celui défini par la tâche) en

restreignant l'espace problème (celui construit par le sujet), signale Clément (2009) :

« ne prends pas en compte la façon dont l'individu interprète les conditions d'application des opérateurs, identifie les contraintes objectives, se représente le but ; elle ignore par ailleurs les contraintes subjectives qu'il se donne et qui réduisent les possibilités d'action dans l'espace de recherche » (p. 38)

Au-delà de cette limite, même si le modèle de traitement de l'information permet d'éclairer le processus de planification et de résolution de problèmes, considérer ces processus seulement à partir d'un angle purement cognitif devient aujourd'hui difficile à imposer.

2.1.2.2 La planification et la résolution de problèmes selon la perspective piagétienne: l'application des structures des connaissances à des situations-problèmes particulières.

Cette perspective est fondée sur les idées de Piaget, mais, n'a pas été postulée par lui-même. Elle a été développée par des chercheurs qui ont travaillé en liaison étroite avec lui. Il s'agit d'Inhelder et du groupe de Genève. Inhelder et Cellérier (1992) présentent les recherches dans l'ouvrage *Le Cheminement des découvertes de l'enfant*. Celles-ci mettent l'accent sur la construction des relations entre structures de connaissances et procédures. Ceci à travers l'étude de la microgenèse des découvertes de l'enfant dans la résolution de problèmes. Ces recherches s'intéressent en particulier au sujet psychologique individuel (et non au sujet épistémique qui construit la connaissance rationnelle) qui agit et pense lorsqu'il est confronté à des situations problèmes particulières. Autrement dit, dans cette perspective, il s'agit d'étudier comment

« à l'intérieur du cadre formé par ses connaissances catégorielles, l'homo quotidianus construit et utilise des connaissances particulières et des savoir-faire accommodés à des univers de problèmes plus pratiques et spécialisés, construction qui contribue en retour à l'évolution de ce cadre structurel » (Inhelder & de Caprone, 1992, p. 32).

Deux concepts sont centraux dans cette perspective : celui du schéma d'actions et celui de la représentation du problème. On peut définir un schéma d'actions comme « *ce qui, dans une action, est ainsi transportable, généralisable ou différenciable d'une situation à la suivante, autrement dit ce qu'il y a de commun aux diverses répétitions ou applications de la même action* » (Piaget, 1967, p. 24). Piaget (*ibid*, p. 24) cite l'exemple suivant :

« nous parlerons de « schema de réunion » pour des conduites comme celle d'un bébé qui entasse des plots, d'un enfant plus âgé qui assemble des objets en cherchant à les classer et nous retrouverons ce schème en des formes innombrables jusqu'en des opérations logiques telles que la réunion de deux classes (les « pères » plus les « mères » = tous les « parents », etc.) »(p. 24-25).

Face à une situation problème, les schémas ont, entre autres, la fonction d'orienter la recherche et d'organiser les séquences d'actions, d'organiser les représentations et de mettre en place les connaissances générales face à des situations concrètes. Un sujet sera donc confronté à une situation problème quand les schémas mis en place ne sont pas adéquats pour résoudre le problème. Dans ce cas là, le fait de restructurer les schémas suite à l'analyse des contraintes du problème, permettra d'arriver à la solution.

Selon Clément (2009), la restructuration des schèmes et la découverte de procédures adéquates se produisent grâce aux processus d'évaluation et de contrôle ; en effet, « *le constat du décalage entre les anticipations liées au schème et les résultats de l'action dans le contexte particulier du problème, est essentiel dans l'adaptation et la restructuration des schèmes* » (p. 39).

Les recherches dans cette perspective ont favorisé les études développementales. Etant l'intérêt le sujet psychologique et pas le sujet épistémologique, cette approche s'oriente donc sur les procédures de résolution de problèmes concrets chez l'enfant visant à découvrir les stratégies cognitives mises en place lors de cette résolution. A ce sujet, Inhelder (1978), signale :

« L'aspect le plus général des stratégies suppose une interaction continue entre le sujet qui connaît et l'objet à connaître : le résultat des procédures utilisées dans chaque essai modifie la compréhension du problème et, réciproquement, cette nouvelle interprétation des observables modifie les procédures particulières. De même, la compréhension de l'échec des procédures utilisées peut être un facteur de progrès pour la connaissance et on a pu ainsi voir maintes fois comment les erreurs corrigées jouent un rôle positif. Loin d'être fixe, la réciprocity sujet-objet se modifie continuellement dans le cas des stratégies, ce qui explique la diversité des représentations significatives. Cette relativité sujet-objet repose évidemment sur l'interaction épistémique sujet-objet, mais sans arriver à se confondre avec elle » (p. 18).

Toutefois, dans cette approche, l'analyse des protocoles reste très intuitive et peu systématique (Richard, 2004), ce qui fait une faiblesse de cette approche.

2.1.2.3 La planification et la résolution de problèmes selon la perspective de Vygotsky : une construction sociale

La perspective socioculturelle de Vygotsky (1930) repose sur l'idée qu'il existe une influence sociale sur le développement cognitif de l'enfant. Les travaux de recherche de Freund, (1990), Pratt et Savoy-Levine, (1998) et St-Laurent et Moss, (2002), inspirés de la théorie de Vygotsky, suggèrent que l'enfant augmente ses habilités de planification et d'autorégulation lors des activités conjointes réalisées avec l'adulte. En effet, Vygotsky (1930, 1978) propose que chez l'enfant, les fonctions psychiques supérieures, émergent en principe sur le plan interpersonnel, autrement dit, par la régulation d'autrui, avant d'émerger au plan intra-personnel. La capacité à formuler des plans et de superviser l'exécution d'une activité cognitive fait partie de ces fonctions psychiques supérieures.

L'enfant est capable de développer progressivement sa capacité d'exercer un contrôle volontaire et délibéré sur son activité cognitive, grâce aux interactions sociales soutenues avec des individus plus expérimentés. Ces individus jouent le rôle de médiateurs entre l'enfant et l'environnement qui l'entoure. Le résultat est donc que chez l'enfant se produit le passage de la régulation par autrui, à sa propre régulation du comportement et de son fonctionnement cognitif.

Selon Vygotsky (1930, 1997), les interactions sociales qui favorisent davantage le développement des habiletés de planification et de régulation de l'activité cognitive sont celles qui se situent dans la zone de développement proximal. En effet il soutient que

« les recherches montrent incontestablement que ce qui est dans la zone prochaine de développement à un stade d'âge donné, se réalise et se transforme en niveau présente de développement au stade suivant. [...] ce que l'enfant sait faire aujourd'hui en collaboration, il saura le faire tout seul demain » (p. 355).

Une de plus grandes contributions de la théorie de Vygotsky est celle d'avoir intégré à l'étude de la planification et de son développement, l'importance des interactions sociales collaboratives lors de la résolution de problèmes. En effet, le travail de Wood et Middleton (1975), dans le cadre d'activités collaboratives signale que l'adulte aide l'enfant d'âge préscolaire dans la planification, la supervision et l'exécution des activités cognitives. Les résultats de ce travail mettent en évidence que les enfants ont montré de meilleures habiletés d'autorégulation cognitive lorsqu'ils avaient reçu un soutien à leur niveau de habileté de la part de l'adulte (parent ou expérimentateur) qui envisagé renforcer l'aide offerte, suite à une erreur de l'enfant, et la diminuer suite à un succès (contrairement à leurs pairs qui avaient reçu d'autres formes d'enseignement non adaptées à leurs compétences).

Toutefois, la mise en place des travaux de recherche dans cette perspective présente de faiblesses méthodologiques. Selon St-Laurent et Moss, (2002), en effet, les travaux portant sur la participation guidée mettent en évidence le problème de l'interprétation des résultats. Ils soulignent que ces interprétations :

« ne comportent pas d'évaluation des habiletés des enfants préalables à la collaboration. Par conséquent, plutôt que d'être attribuables au processus de participation guidée, les effets obtenus pourraient être dus aux habiletés initiales des enfants, lesquelles peuvent influencer tant sur les patrons de collaboration dyadique que sur la performance individuelle ultérieure » (p. 345).

De ce fait, par exemple, signalent les même auteurs, dans les travaux de Rogof et collaborateurs, (les premiers en proposés la methodology de la participation guidée auprès des enfants et leurs mères), « *les mères partagent peut-être davantage les responsabilités de la tâche avec les enfants qui sont déjà d'habiles planificateurs, lesquels, en raison de leurs habiletés initiales supérieures, obtiennent une meilleure performance au post-test que leurs pairs moins doués* ». (*Ibid*, p. 345).

Dans une autre perspective, à l'instar de Newell et Simon, en France, Richard, Pointreud et Tijus, (1993) proposent un modèle intégrant les connaissances générales qui participent à la construction de la représentation du problème, ainsi que les interprétations sur la situation et les buts.

2.1.2.4 La planification et la résolution de problèmes selon la perspective de Richard et collaborateurs : le modèle des contraintes.

La première version du modèle proposé par Richard, Poitreud et Tijus (1993) est centrée sur la représentation d'un problème. Selon eux, la représentation d'un problème est décrite comme une liste ordonnée de contraintes. On peut définir une contrainte comme une restriction *a priori* portant sur l'ensemble des actions possibles dans chacun des états d'un problème. Il existe donc pour chaque état du problème, des contraintes permettant ou interdisant un sous-ensemble d'actions. On peut distinguer deux types de contraintes : les contraintes objectives et les contraintes subjectives. Les premières sont fournies par la consigne du problème. Quant aux secondes, il s'agit des contraintes liées à la représentation que l'on peut avoir à un moment donné de la résolution. Ces deux types de contraintes déterminent pour chaque état les actions autorisées et interdites.

Trois éléments composent donc la représentation du problème : les interprétations de la consigne et de la situation, les heuristiques générales de résolution et les buts du sujet. Certaines contraintes interviennent sur ces trois éléments : *les contraintes d'interprétation et les heuristiques de résolution.*

Les contraintes d'interprétation de la situation renvoient aux interprétations des règles qui définissent les actions permises. Parfois, ces interprétations vont détourner les règles données par la consigne en réduisant les possibilités des

actions. Par exemple, dans un problème tel que celui de la Tour de Hanoï avec des contraintes de déplacement d'un objet d'un lieu à un autre, s'interdire de « sauter » tous les emplacements qui se trouvent entre la place initiale et la place finale rendra plus longue et complexe la résolution du problème (comparé au cas où on s'autorise à prendre en compte les emplacements intermédiaires)

Les *contraintes concernant les heuristiques de résolution* font référence à deux types de règles d'actions : des règles générales et indépendantes de la situation ou des règles plus locales et caractéristiques de la situation comme la mémorisation des événements qui reviennent au cours de la résolution. Par exemple, dans un problème de déplacements des disques d'une tige de départ à une tige-but, une contrainte peut être de revenir à l'état précédent, c'est-à-dire de ramener le disque que l'on vient de bouger à la place antérieure.

Enfin, les buts sont eux-mêmes des contraintes sur les actions possibles. Structurer ces buts et sous-butts dépend de la capacité de planification et des prérequis considérés. Dans ce modèle, la représentation du problème que se fait le sujet à un moment donné, dépend donc de sa capacité à ordonner l'ensemble de contraintes afin d'analyser quelles contraintes postulées peuvent être respectées, et quelles sont les situations d'impasse où aucune action n'est permise.

Richard (1988) propose de faire une distinction entre la planification et le mécanisme de base de la programmation de l'action. D'après lui, le mécanisme de base de la programmation consiste à « *interpréter une consigne en produisant la suite de la situation pour satisfaire à la consigne* » (p. 33). En revanche, il soutient que il y a planification au sens strict du terme dans les cas suivants :

- « *lorsque les actions à réaliser pour satisfaire la consigne peuvent être calculées par les règles de calcul de l'action (...) mais que leur exécution doit être retardée parce que d'autres contraintes doivent être prises en compte pour déterminer leur agencement séquentiel ;*
- *Lorsque la situation et les connaissances sur les actions sont telles que d'autres règles de calcul des actions sont requises pour satisfaire aux exigences de la tâche* » (p. 35).

Richard (1982), considère donc que la planification n'intervient que dans une phase assez tardive de la résolution et correspond à une transformation de la représentation du problème, motivée par l'échec de règles suscitées par les premières représentations du problème et aboutissant à la prise en compte d'aspects critiques de la situation, négligés jusque-là. Dans cette perspective, la résolution de problèmes consiste à éliminer, au fur et à mesure de la résolution, les contraintes subjectives liées à l'interprétation du sujet et à intégrer les contraintes objectives liées au problème même. En outre, la résolution de problèmes consistera aussi à structurer les buts et leur ordonnancement temporel afin d'accomplir les conditions de leur réalisation (les prérequis).

Richard et ses collaborateurs (1982, 1988, 1993,) avancent dans l'étude de la planification et la résolution de problèmes, d'une part, en intégrant l'analyse des représentations individuelles qui permettent, entre autres, d'identifier le processus de découverte de la solution et l'organisation des actions (Clément, 2009). D'autre part, en proposant un modèle plus large qui amène le sujet à assumer des compromis en considérant un ensemble de contraintes : certaines liées à la tâche, d'autres à son interprétation.

Toutefois, dans cette approche, les limites semblent être liées à la méthodologie de l'analyse de protocoles individuels qui s'avère longue et complexe pour l'interprétation des résultats. L'implémentation de programmes informatiques pour l'analyse des tâches de planification a été une autre orientation en psychologie, c'est le cas de l'approche de Hoc (1979, 1984b) présentée ci-après.

2.1.2.5 La planification et la résolution de problèmes selon la perspective de Hoc : anticipation et schématisation

D'après Hoc (1987), dans le domaine de la psychologie, la planification est un des concepts dont la délimitation et de ce fait la définition, sont toujours centrales au sein de discussions théoriques. Malgré les difficultés pour cerner ce concept et en adoptant une perspective cognitive, Hoc la considère comme étant une capacité importante de l'activité cognitive permettant d'envisager la variabilité et la complexité des situations.

Selon Hoc, la planification se caractérise par deux mécanismes : l'anticipation et la schématisation. L'anticipation étant la construction d'une représentation qui

précède l'exécution. La schématisation se traduisant par la hiérarchisation des structures des représentations. Ces deux mécanismes sont, la plupart du temps, complémentaires. Hoc soutient que

« le caractère anticipateur de la planification s'impose donc lui-même : planifier c'est évidemment prévoir. Mais il est presque toujours accompagné d'un autre caractère : la schématisation [...], s'agissant de maîtriser une situation future, dès que celle-ci devient tant soit peu complexe, la représentation que peut en avoir le sujet ne peut être que schématique. La planification, comme schématisation, permet donc d'accroître les possibilités de contrôle d'une situation, malgré les limitations de capacité de mémoire de travail » (p.12).

Par ailleurs, deux processus sont mis en place lors de la planification selon Hoc (1987) : à travers une démarche descendante et une démarche ascendante. La première se déroule en adaptant des connaissances générales à la situation concrète à planifier; en revanche, la démarche ascendante se déroule en construisant le plan simultanément à sa mise en œuvre dans la situation. Le plan est construit donc par corrections successives en tenant compte des informations de retour lors de son application.

La démarche descendante se caractérise par trois processus : la définition de sous-buts à partir d'un but général, le traitement des interactions entre buts et enfin, l'ordonnancement des sous-buts dans le temps et la particularisation d'un but. La démarche ascendante, toujours selon Hoc (1987), se caractérise par trois processus également : l'évocation d'un plan par analogie et l'adaptation de ce plan à la situation actuelle, l'abstraction d'un plan à partir de l'explication de procédure au cours d'élaboration, et la remise en question des plans lors de son application suivi du constat de l'erreur.

Hoc détaille en profondeur les mécanismes cognitifs de l'activité de la planification dans son ouvrage « La Psychologie cognitive de la planification » (1987), expliqués dans les paragraphes précédents. Il souligne d'ailleurs, la différenciation entre les situations d'exécution et les situations de résolution de problèmes, en plaçant l'activité de planification dans cette dernière situation. Sa contribution en psychologie de la planification est orientée vers l'élaboration de

programmes informatiques, notamment dans le contexte de psychologie du travail (Hoc, 1981, 1984b).

Nous avons choisi cependant de présenter cette approche car, au delà des apports que nous venons de signaler, elle met en lumière une problématique en psychologie : le fait que le processus de planification fait l'objet d'un plus faible approfondissement que les autres processus cognitifs comme la perception ou l'apprentissage. Ce manque est aujourd'hui comblé par les recherches récentes des « sciences du cerveau ». Nous présentons finalement l'approche la plus répandue actuellement dans l'étude de la planification.

2.1.2.6 La planification et la résolution de problèmes selon l'approche neuropsychologique : la planification, une fonction exécutive.

Dans le domaine de la neuropsychologie, la planification constituerait un des processus psychiques supérieurs désignés sous le nom de fonctions exécutives ou encore de contrôle exécutif ou contrôle cognitif, comme en témoignent aujourd'hui de nombreuses études (Anderson, 1998 ; Aran, 2011 ; Blaye & Chevalier, 2014 ; Barroso y Martin & Leon-Carrion, 2002 ; De Luca, et *al.*, 2003 ; Diaz et *al.* 2012 ; Diamond, 2013 ; Hughes & Graham, 2002 ; Lezak, 1993 ; Miyake, Friedman, Emerson, Witzki & Howerter, 2000).

L'étude des fonctions exécutives a commencé avec le célèbre accident de Phineas Gage pendant l'été 1848 (Daniels, Jacoby, & Toth, 2004; Royall, Lauterbach, Cummings, Reeve, Rummans, Kaufer, LaFrance, & Coffey, 2002). Ce cas, décrit en 1868 par Harlow, identifie de manière évidente la relation existante entre les lobes frontaux et ce qui, plus tard, sera appelé fonctionnement exécutif (Barroso y Martin & Leon-Carrion, 2002; Damasio, 2003; Estévez-Gonzalez, Garcia-Sanchez & Barraquer-Bordas, 2000 ; Kimble, 1963; Miyake, *et al.*, 2000; Soprano, 2003).

Pour Damasio (2003), l'histoire de Gage permet de comprendre un fait surprenant : suite à une lésion cérébrale, l'individu peut perdre la pratique des conventions sociales et des normes morales acquises préalablement. D'une certaine manière, dans le cerveau humain, certains systèmes sont voués à tout autre chose qu'au raisonnement et en particulier à des dimensions personnelles et sociales.

Luria (1979) est le premier auteur à avoir introduit le concept de fonctions exécutives même s'il n'a pas employé ce terme. En effet, en décrivant les trois unités fonctionnelles de base qui composent le cerveau humain et en se référant en particulier à la troisième unité¹⁸, celle qui s'occupe de programmer, de régler et de vérifier l'activité mentale, Luria affirme (1979) :

« l'homme ne réagit pas passivement à l'information qu'il reçoit, mais il crée des intentions, forme des plans et des programmes de ses actions, surveille son exécution et règle sa conduite pour qu'elle soit en accord avec ces plans et programmes; finalement, il vérifie son activité consciente en comparant les effets de ses actions avec les intentions originales tout en corrigeant n'importe quelle erreur qu'il ait commis ». (p. 78)

On pourrait donc dire que la neuropsychologie s'est centré principalement des études portant sur les fonctions exécutives chez les patients cérébrolésés. Selon Boujon et Gaux (2007), c'est l'étude du fonctionnement des lobes frontaux chez ces patients qui a permis de discriminer plusieurs fonctions cognitives. Ils ajoutent que du fait de cette discrimination certains chercheurs considèrent ces fonctions de façon unitaire tandis que d'autres les considèrent de façon multi-composantes. Il n'y a donc pas de consensus sur les processus cognitifs constituant les fonctions exécutives et donc sur une seule définition.

D'après Hughes et Graham (2002), le terme « fonction exécutive » est un terme générique renvoyant à un ensemble complexe de processus cognitifs qui sont sous-jacents à des actions visant à atteindre un objectif flexible, face à des situations nouvelles (non routinières) ou difficiles. En outre, Diamond (2013) définit les fonctions exécutives comme « *a family of top-down mental processes needed when you have to concentrate and pay attention, when going on automatic or relying on instinct or intuition would be ill-advised, insufficient, or impossible* » (p.136).

¹⁸ La première étant celle qui règle le tonus ou vigilance et la deuxième celle qui s'occupe d'obtenir, de traiter et de stocker l'information qui arrive du monde extérieur. (cf. Luria, 1974, p. 43)

Les quatre processus intégrant les fonctions exécutives les plus fréquemment distingués dans la littérature, concernant l'adulte comme l'enfant, sont la mémoire de travail, la flexibilité cognitive, l'inhibition et la planification (Collins & Koechlin 2012 ; Lehto, Juujärvi, Kooistra & Pulkkinen, 2003 ; Miyake *et al.* 2000; Welsh & Pennington, 1988). Dans cette perspective le développement de la capacité d'anticiper, d'inhiber, de planifier, et de superviser l'action serait en partie attribuable à des changements maturationnels des lobes frontaux (Barroso y Martin & Leon-Carrion, 2002 ; Bishop, Aamodt-Leeper, Creswell, McGurk, & Skuse, 2001).

Les fonctions exécutives sont des compétences qui d'une part, jouent un rôle important dans la vie d'un individu car elles lui permettent de développer et de coordonner une réponse adaptative à l'environnement (De Luca *et al.*, 2003) et d'autre part, sont essentielles pour la santé physique et mentale, la réussite scolaire et le développement cognitif et social. Diamond (2013) propose un tableau qui résume une série d'articles à ce sujet et que nous reproduisons ci-dessous :

Tableau 3. Executive functions (EFs) are important to just about every aspect of life.
Diamond (2013), p.137

Aspects of life	The ways in which EFs are relevant to that aspect of life	References
Mental health	EFs are impaired in many mental disorders, including:	
	Addictions	Baler & Volkow (2006)
	Attention deficit hyperactivity (ADHD)	Diamond 2005, Lui & Tannock (2007)
	Conduct disorder	Fairchild <i>et al.</i> , (2009)
	Depression	Taylor-Tavares <i>et al.</i> , (2007)
	Obsessive compulsive disorder (OCD)	Penades <i>et al.</i> , (2007)
	Schizophrenia	Barch (2005)
Physical health	Poorer EFs are associated with obesity, overeating, substance abuse, and poor treatment adherence	Crescioni <i>et al.</i> , (2011), Miller <i>et al.</i> , (2011). Riggs <i>et al.</i> , (2010)
Quality of life	People with better EFs enjoy a better quality of life	Brown & Landgraf (2010) ; Davis <i>et al.</i> , (2010).
School readiness	EFs are more important for school readiness than are IQ or entry-level reading or math	Blair & Razza (2007), Morrison <i>et al.</i> , (2010).
School success	EFs predict both math and reading competence throughout the school years	Borella <i>et al.</i> , (2010), Duncan <i>et al.</i> , (2007), Gathercole <i>et al.</i> , (2004).
Job success	Poor EFs lead to poor productivity and difficulty finding and keeping a job	Bailey (2007)
Marital harmony	A partner with poor EFs can be more difficult to get along with, less dependable, and/or more likely to act on impulse	Eakin <i>et al.</i> , (2004).
Public safety	Poor EFs lead to social problems (including crime, reckless behavior, violence, and emotional outbursts)	Broidy <i>et al.</i> , (2003), Denson <i>et al.</i> , (2011).

La planification serait donc un processus exécutif qui consiste à prévoir une séquence intégrant des actions différentes avant de la mettre en œuvre. Elle nécessite de se souvenir de l'ordre de chaque action déjà réalisée pour produire la suivante (Boujon & Gaux, 2007). D'après Diamond (2013), la planification serait (avec le raisonnement et la résolution de problèmes) une des fonctions exécutives d'ordre supérieur.

La critique attribuée à cette perspective est souvent l'évaluation des fonctions exécutives en utilisant des épreuves très peu écologiques et adaptées à des populations « saines » (Tcherniack, Barielle, Kasprzak & Martinod, 2007).

Nous avons présentés six perspectives parmi les plus connues en psychologie dans l'étude de la planification et de la résolution de problèmes : la perspective du traitement de l'information, la perspective piagétienne, la perspective de Vygotsky, la perspective des contraintes de Richard, la perspective de Hoc et enfin, la perspective neuropsychologique. Nous présentons par la suite un tableau résumé qui illustre les points forts et faibles de chacune.

Tableau 4. Résumé des perspectives de l'étude de la planification et de la résolution de problèmes.

Perspective	Idées centrales	Points forts	Points faibles
Traitement de l'information Newell & Simon (1972)	La planification est basée sur l'élaboration de buts intermédiaires. Ces buts intermédiaires se rapportent aux différences entre l'état qui définit le but à atteindre et l'état initial du problème dans un espace-problème.	-la modélisation des comportements de résolution à travers des programmes informatiques l'intégration des concepts d'espace de recherche et d'espace problème.	l'incomplétude des concepts d'espace de recherche et d'espace problème.
Perspective piagétienne Inhelder et le groupe de Genève (1992)	il s'agit d'étudier comment le sujet psychologique construit et utilise des connaissances particulières et des savoir-faire accommodés à des univers de problèmes plus pratiques et spécialisés.	l'étude de la microgenèse des découvertes de l'enfant dans la résolution de problèmes.	l'analyse des protocoles reste très intuitive et peu systématique.
Perspective de Vygotsky (1930)	les interactions sociales favorisent davantage le	la méthode de la participation guidée	le problème de l'interprétation de

	développement des habiletés de planification et de régulation de l'activité cognitive.	lors de la résolution de problèmes chez l'enfant.	résultats
Perspective des contraintes de Richard et collaborateurs (1993)	la résolution de problèmes consiste à éliminer au fur et à mesure de la résolution, les contraintes subjectives liées à l'interprétation du sujet et à intégrer les contraintes objectives liées au problème même.	proposition d'un modèle plus large qui amène le sujet à assumer des compromis en considérant un ensemble de certaines contraintes : liées à la tâche, d'autres à son interprétation.	la méthodologie de l'analyse de protocoles individuels qui s'avère longue et complexe pour l'interprétation de résultats.
Perspective de Hoc 1979, 1987	la planification se caractérise par deux mécanismes : l'anticipation et la schématisation.	l'élaboration de programmes informatiques pour étudier les mécanismes de planification	application très restreinte des programmes dans le contexte du travail.
Perspective neuropsychologique (2000)	la planification fait partie des fonctions exécutives. Ces fonctions sont liées au fonctionnement des lobes frontaux.	l'étude du fonctionnement des lobes frontaux chez les patients cérébrolésés a permis de discriminer plusieurs fonctions cognitives.	L'évaluation très peu écologique et le manque des tests adaptés à la population « saine ».

À présent, on peut se demander quelle a été la place que ces perspectives ont attribuée à l'étude du développement de la planification.

L'approche du traitement de l'information (1972) a plutôt privilégié les recherches effectuées auprès des adultes que des enfants (Richard, 1982). En revanche, l'approche piagetienne avec sa tête Inhelder et le groupe de Genève (1992) met en avant l'étude de la construction des stratégies cognitives mises en place pour l'enfant lors de la planification et la résolution de problèmes, mais privilégie très peu l'étude de la construction sociale de ces structures, qui est favorisée dans une grande mesure par l'approche vygotskyenne. Pour ça part, Richard (1982), s'intéresse à cette question en proposant une modélisation de la résolution de problèmes de la Tour de Hanoï auprès des enfants de 7 ans.

L'approche de Hoc ne s'est pas particulièrement intéressée à la question du développement. Enfin, l'approche neuropsychologique, quant à elle, met l'accent sur la question du développement des fonctions exécutives en privilégiant l'étude des structures cérébrales impliquées dans ce développement (Pineda, 2000).

Nos abordons par la suite cette question sur le développement de la **planification**, en nous focalisant notamment sur le problème de la Tour de Hanoï.

2.2. Le développement de la planification

2.2.1 Le facteur de l'âge

Comme nous l'avons signalé précédemment, l'approche la plus répandue actuellement pour étudier le développement de la planification est l'approche neuropsychologique. D'après cette approche, il semble exister des profils distincts de développement des fonctions exécutives. Ainsi, différents âges-clés du développement semblent marquer cette évolution. D'après une revue de la littérature, faite par Gaux et Boujon (2007), certaines fonctions exécutives apparaissent plus fréquemment à l'intervalle d'âge de 3 à 4 ans, ensuite vers 8 ans, puis vers 12 ans, enfin à l'adolescence. En particulier, la planification évoluerait plus lentement que les trois autres types de fonctions exécutives que sont l'inhibition, la mémoire de travail et la flexibilité cognitive. Le développement de la planification serait plus accentué à partir de 8 ans.

D'ailleurs, les résultats d'autres études montrent également que la planification émerge à l'âge préscolaire et qu'elle continue son développement jusqu'à l'adolescence (Hudson & Fivush, 1991; Prevost, Bronson, & Casey, 1995). Ces études suggèrent cependant que même si la capacité de planification apparaît vers 4/5 ans, à cet âge-là, la capacité des enfants à planifier certaines activités est encore peu élaborée, ce qui implique qu'ils requièrent davantage d'accompagnement et de direction de la part des adultes pour résoudre un problème. Donc, durant cette période, les enfants sont généralement capables d'élaborer et d'exécuter des plans simples qui sont reliés à des événements familiers de la vie quotidienne, comme planifier un repas, une visite chez l'épicier ou une sortie à la plage (Hudson & Fivush, 1991).

Les capacités de planification semblent devenir plus systématiques chez les enfants d'âge scolaire. Selon Cohen, Bronson et Casey (1995), dans des études de planification qui ont comparé les jeunes enfants de 4-7 ans avec des enfants de 8 à 12 ans, les résultats permettent de conclure que les enfants plus âgés montrent de meilleures compétences de planification que les enfants plus jeunes. Les enfants plus âgés sont en effet plus susceptibles de former des plans anticipés, tout en montrant plus de flexibilité pour adopter différentes stratégies de planification. De plus, ils improvisent plus facilement si leur premier plan ne fonctionne pas.

2.2.2 Le facteur socio-économique

Par ailleurs, le développement de la planification peut être influencé par d'autres facteurs, tels que les facteurs socio-économiques. Pour ce travail, nous avons fait le choix de nous intéresser également à l'influence éventuelle du milieu socio-économique des sujets sur le développement de leurs capacités de planification. Depuis quelques années, certains chercheurs s'y sont intéressés dans le contexte colombien (Barcelo, Lewis et Moreno, 2006 ; Roselli-Cock, *et al.*, 2004). Les résultats de leurs recherches semblent montrer un effet du milieu socio-économique sur le développement des fonctions exécutives. En outre, d'autres études semblent également confirmer l'influence du niveau socio-économique sur les performances dans des tâches mesurant les capacités cognitives. En effet, d'après Hermida, Segretin et Lipina (2010), différentes études réalisées depuis la moitié du XXème siècle ont démontré que la condition de pauvreté compromet de manière significative le développement cognitif et émotionnel de l'enfant. Ces études ont ainsi montré que le milieu socio-économique module la performance des enfants et des adolescents dans des tâches qui exigent des processus :

(1) de contrôle cognitif (e.g. attention, contrôle inhibiteur, flexibilité, planification) ; (2) de traitement en mémoire de travail ; (3) de traitement en mémoire à long terme ; et (4) psycholinguistiques (Farah, *et al.*, 2006; Noble, McCandliss & Farah, 2007).

Par ailleurs, dans un contexte plus largement latino-américain, une étude menée par Aran (2011) semble valider les hypothèses précitées. Cette étude visait à tester les effets de l'âge et du milieu socio-économique sur les performances d'écoliers

argentins (254 écoliers), âgés de 7 à 12 ans, dans des tâches évaluant les fonctions exécutives, dont la planification. Les résultats obtenus indiquent un effet de l'âge et du milieu social sur le développement des fonctions exécutives. Pour toutes les fonctions exécutives, les enfants de milieu socio-économique défavorisé obtiennent un profil de fonctionnement cognitif plus bas que celui des enfants de milieu socio-économique favorisé. L'étude suggère aussi l'importance des variables environnementales sur la maturation cérébrale nécessaire au développement des fonctions exécutives.

Dans le contexte colombien et particulièrement, dans la région où nous avons recueillis nos données, plusieurs projets de recherche sont menées chez des familles en situation de pauvreté. Le Centre de recherche en Développement Humain (CIDHUM) à l'Université del Norte à Barranquilla étudie depuis 1996 l'enfant de 0 à 7 ans de milieu défavorisé. Actuellement, ces chercheurs mettent en place un programme de prise en charge pour 7.000 enfants et leurs familles. Ce programme est soutenu par le gouvernement régional et l'Institut colombien de bien-être de la famille (ICBF) en Colombie. Une première évaluation diagnostique de leurs conditions de vie, révèle que près de 6 enfants sur 10 âgés entre 0 et 6 ans, présentent des déficits cognitifs. Cette évaluation a également constaté qu'au cours de leurs six premiers mois de vie, seulement 1 enfant sur 10 présente ces déficits; mais les déficits des enfants concernés augmentent avec l'âge à cause des conditions de vie précaires dans lesquelles ils habitent (Amar, 2014).

En utilisant la tâche de la Tour de Hanoï, de nombreuses études ont été réalisées pour étudier les capacités de planification et de résolution de problème (Anderson & Douglass 2001; Bull & Espy, 2004; Byrnes et Spitz, 1979 ; Diaz *et al.* 2012 ; Piaget, 1974 ; Richard, 1982; Salnaitis, Baker, Holland, & Welsh, 2011; Trognon, Sorsana, Batt & Longin, 2008; Wels, 1991, 1999).

D'après Anderson et Douglas (2001), la Tour de Hanoï a éveillé l'intérêt de chercheurs issus de différents domaines, tels que les mathématiciens (jusqu'aux années 1970) et les psychologues. En psychologie, le jeu de la Tour de Hanoï est devenu un outil privilégié notamment à partir de l'émergence d'un nouveau paradigme en sciences cognitives : celui du traitement de l'information. En effet, de nombreux travaux tentent de simuler les processus de résolution de problèmes chez

l'humain par l'intelligence artificielle (Anzai & Simon, 1979 ; Kotovsky, Hayes & Simon, 1985 ; Simon, 1975).

Nous présentons par la suite une revue de quelques travaux en psychologie.

2.2.3 Etudier la planification dans une perspective développementale avec la Tour de Hanoi

En étudiant la Tour de Hanoi, Piaget (1974) a établie trois stades de développement de la capacité de planification et de résolution de ce problème :

Dans le stade I (jusqu'à 6-7 ans) il explique que les enfants échouent dans le cas de la Tour à trois disques (même après tâtonnements) ; en revanche, ils réussissent avec deux disques au plan des actions suite à des multiples essais, en tournant les consignes, mais sans conscience des liaisons logiques. Il conclut donc qu'au stade I :

« le trait commun aux sujets [...] est l'absence de tout plan ou de toute compréhension anticipée, le seul projet constamment à l'œuvre étant le déplacement de deux disques de A et C » (p. 227). A ce stade, l'enfant n'a pas acquise la capacité de transitivité ; par exemple, pour résoudre la tâche à deux disques, il n'est pas conscient qu'il peut utiliser la tige B comme intermédiaire nécessaire entre A et C. En somme, à ce niveau il est évident « un primat systématique des actions exploratrices sur toute déduction, et avec absence de prise de conscience des combinaisons fructueuses » (p. 228).

Dans le stade II (jusqu'à 9-10 ans), la réussite avec deux disques est immédiate. Il y a encore des tâtonnements, des erreurs et des corrections avec trois, mais, les succès deviennent stables. Ce stade est marqué, d'après Piaget, par une meilleur différenciation des moyens et des buts. Il soutient que

« au stade I, chaque action particulière devient un but en soi avec oubli relatif du but général (transport général en C [tîge] en conservant l'ordre [des disques] I>II>III et sans rien poser sur la table ni retenir à part dans les mains), tandis

qu'à ce stade II chaque coup est subordonné à ce but : « je réfléchis pour voir si j'arrive à mettre », dit ainsi Gou en pensant à la suite » (p. 231).

Le progrès dans le stade II est attribué à celui des anticipations des actions, des corrections spontanées des erreurs, de la mise en œuvre des prévisions.

Enfin, *dans le stade III*, qui débute à 11-12 ans, les réussites sont rapides et stables pour trois disques. Ce stade est caractérisé, selon Piaget « *par une anticipation de plus en plus inférentielle pour les nombres supérieures, avec utilisation explicite de l'expérience antérieure* » (p. 233). Dans ce stade, on trouve les débuts de certaines déductions opératoires, d'après Piaget. L'enfant est donc capable de « *réussir les solutions optimales avec trois disques et de généraliser sa méthode dans le cas de quatre et même cinq rondelles* » (p. 232).

Une autre étude de Byrnes et Spitz (1979) semble montrer que la planification lors de la résolution de ce problème est très rare avant 7-8 ans, et qu'elle ne se généralise qu'à partir de 14 ans. Ils démontrent aussi que si le problème à 2 disques est réussi par presque tous les enfants de 8 ans, le problème à 3 disques n'est réussi dans le minimum de coups que par 70% des adolescents de 14 ans et au-delà : il y a ainsi une progression rapide entre 7 et 9 ans, un plateau entre 9 et 12 ans, de nouveau un progrès important entre 12 et 14 ans, et de nouveau un plateau.

En revanche, en conclusion d'une recherche sur la même situation avec des enfants de 5-6 ans. Klahr et Robinson (1981) concluent : « *Les résultats de cette étude montrent clairement qu'à l'âge d'entrée à l'école élémentaire, les enfants ont acquis les rudiments de méthodes générales de résolution de problèmes non triviaux. De plus, ils peuvent appliquer ces méthodes à une nouvelle tâche* » (p. 144).

En utilisant la Tour de Hanoï avec trois disques, Richard (1982) a mené une étude auprès de 495 enfants français de 7 ans. A cet âge, la tâche avec trois disques devient pour l'enfant une tâche complexe selon cet auteur. Le but était donc d'analyser la phase de familiarisation de l'enfant avec le problème, autrement dit, la phase de construction de la représentation du problème où, selon Richard, le comportement de l'enfant se caractérise par un tâtonnement vers la recherche de la solution. Les résultats de cette recherche ont montré qu'à cet âge et en utilisant ce type de problème, l'enfant n'est pas encore capable d'une activité de planification. Cette recherche conclut pourtant que les résultats portent sur les capacités dont

dispose l'enfant face à une situation qui ne lui est pas familière, plutôt que sur les mécanismes de planification eux-mêmes.

Welsh (1991), a examiné, par exemple, l'évolution des performances entre 3 et 12 ans lors de la réalisation de 6 tâches exécutives. La Tour de Hanoï a été utilisée pour évaluer la planification en situation de résolution de problème comportant 3 puis 4 disques. Le problème à 4 disques a été présenté aux enfants à partir de 8 ans. D'abord, les résultats montrent un effet de l'âge pour chacune des tâches, mais cet effet varie selon la complexité de la tâche. En effet, il apparaît que le niveau adulte est atteint à 6 ans pour la Tour de Hanoï à 3 disques. En revanche, les performances pour 4 disques sont, encore à 12 ans, inférieures au niveau adulte.

Une autre étude menée par De Luca, *et al.*, (2003) a porté sur le développement des fonctions exécutives, dont la planification. Ces auteurs ont montré qu'en considérant la condition des déplacements à minima, les enfants de 8 à 10 ans et ceux de 11 à 14 ans obtenaient significativement un nombre de solutions parfaites inférieur (essais complétés correctement avec le nombre de déplacements à minima) au groupe de 15 à 29 ans. En effet, ce dernier a été, apparemment, le plus efficace dans l'organisation et la planification de ses actions.

Dans une étude plus récente réalisée en contexte hispanophone, Diaz *et al.* (2012), ont évalué 1.032 enfants espagnols de 6 ans à 12 ans scolarisés à l'école primaire. L'étude avait pour but d'obtenir des données normatives sur la résolution du problème de la Tour de Hanoï. Ils ont analysé le nombre de résolutions optimales pour chaque niveau scolaire. Les résultats ont mis en évidence la présence de moments différents du développement de la planification. D'abord les enfants les plus jeunes (6,3 ans et 7,4 ans) obtiennent une performance significativement inférieure par rapport à l'ensemble ; ensuite, le groupe 2 (7,5 – 8,4 ans,) obtient des performances similaires aux groupes 3 (8,5 -9,4 ans) et 4 (9,5-10,4 ans), mais des performances inférieures aux groupes 5 (10,5-11,4 ans) et 6 (11,5-12,4 ans). Le groupe 4 (9,5-10,4 ans) a obtenu un pattern similaire aux groupes 2 (7,5-8,4 ans) et 3 (8,5-9,4 ans) mais n'a pas montré des différences avec le groupe 5 (10,5-11,4 ans) ; ce groupe par contre, s'est différencié du groupe 6 (11,5-12,4 ans). Enfin, les groupes 5 (10,5-11,4 ans) et 6 (11,5-12,4 ans) obtiennent des performances similaires.

Ces résultats montrent donc un effet de l'âge sur la capacité de planification. Vers 6 ans, elle commence à se développer mais, ce n'est que vers 7 ans qu'elle s'installe.

Entre 7,5 ans et 10,4 ans, les enfants se différencient peu quant à leur capacité de planification. Enfin, il existe de similarités entre les âges de 10,5 ans et 12,4 ans. Ces résultats confirment donc, une amélioration de cette capacité en fonction de l'âge.

Ces études suggèrent donc un effet de l'âge sur le développement de la planification. Cependant, Garber (1997) et Garber et Goldin-Meadow (2002) en utilisant des descriptions verbales et gestuelles lors de la résolution du problème de la Tour de Hanoï auprès des enfants de 8 à 10 ans et des adultes de 18 à 24 ans, ont confirmé que, les enfants et les adultes résolvaient cette tâche avec le même niveau d'expertise, étant donné que le problème de la Tour de Hanoï ne sollicite pas de connaissances particulières mais seulement la compréhension de règles (données dans la consigne).

Résumé

La plupart des études soutiennent que la capacité de planification se développe avec l'âge. D'après ces études, la planification émerge à l'âge préscolaire et qu'elle continue son développement jusqu'à l'adolescence (Hudson & Fivush, 1991; Prevost, Bronson, & Casey, 1995). Ces études suggèrent cependant que même si la capacité de planification apparaît vers 4/5 ans, à cet âge-là, la capacité des enfants à planifier certaines activités est encore peu élaborée, ce qui implique qu'ils requièrent davantage d'accompagnement et de direction de la part des adultes pour résoudre un problème. La planification évoluerait plus lentement que les trois autres types de fonctions exécutives que sont l'inhibition, la mémoire de travail et la flexibilité cognitive. Le développement de la planification serait donc plus accentué à partir de 8 ans. Différents facteurs peuvent influencer ce développement, par exemple, le contexte socio-économique (Aran, 2011; Farah, *et al.*, 2006; Noble, McCandliss & Farah, 2007). Différents recherches menées avec la Tour de Hanoï, confirment les résultats précédents.

La méthode des protocoles verbaux a été souvent utilisée comme une méthode simultanée à la résolution de la Tour de Hanoï. Les participants verbalisent leur résolution au même temps qu'ils résolvent la tâche. Cette méthode est encore aujourd'hui utilisée en psychologie cognitive comme une méthode d'accès aux « représentations » et aux processus autres que les processus langagiers. Cette méthode est considérée selon Weil-Barais, (2011) « *comme le r flet (indirect certes, mais transparent) de structures de connaissances et, de ce fait, non traitées en eux-mêmes comme produits de processus de « mise en mots » de ce qui est verbalisable* » (p. 283).

Nous la présentons brievement par la suite car nous nous y sommes intéressées dans cette thèse.

2.3. Retour à une méthode délaissée : la méthode des protocoles verbaux dans la résolution du problème de la Tour de Hanoï.

Newell et Simon (1972) ont déjà soutenu que nos pensées sont dans la plupart des cas inobservables. Pour obtenir des détails sur la façon dont les individus résolvait des problèmes, ces auteurs ont proposé des méthodes fondées sur l'emploi de protocoles de recueil de données verbales. Il s'agissait de mettre des individus en situation de résolution de problèmes et d'enregistrer les verbalisations de leurs pensées. Ces verbalisations étaient demandées au préalable par les expérimentateurs.

D'après Reed (1999), le fait que cette méthode soit coûteuse en termes de temps de travail à consacrer au traitement des données verbales recueillies (transcription et analyse des corpus), n'a pas favorisé son utilisation dans les recherches ultérieures. De plus, la méthode génère une grande masse de données variées et de résultats détaillés sur le plan qualitatif et linguistique, ce qui en rend la synthèse difficile. Cependant, Reed considère qu'il ne faut pas négliger ce type de recueil et d'analyse de données, car il constitue une source d'information extrêmement riche, et permet ainsi de mieux rendre compte des mécanismes de pensée sous-jacents à la résolution de problèmes.

On trouve tout de même certains travaux fondés sur la méthode de protocoles verbaux pour le cas de la résolution du problème de la Tour de Hanoï auprès des enfants et des adultes. En effet, Klahr (1981) demandait aux enfants d'exprimer

verbalement ce qu'ils feraient avant de commencer à manipuler les disques. D'après Gagné et Smith (1962), cette procédure facilite la résolution des nouveaux problèmes chez l'adulte. De même, cela peut favoriser la résolution chez l'enfant en témoignant d'une activité de planification qui n'est peut-être pas réelle d'après Richard (1982). L'étude d'Anzai et Simon (1979) a également utilisé les protocoles verbaux alors que les sujets devaient résoudre la tâche de la Tour de Hanoï. Par ailleurs, les premières recherches d'Ewer & Lamber (1932), et Gagné & Smith (1962), ont porté sur les capacités de généralisation à d'autres problèmes différents à celui de la Tour de Hanoï, impliquant un nombre différent de disques en fonction de l'information fournie dans la consigne et de la demande faite aux sujets d'explicitier les raisons de leur choix.

Les études utilisant les protocoles verbaux dans des tâches de résolution de problèmes ont été presque abandonnées d'après Reed (1999). Cela serait dû à la difficulté du codage des données verbales lors de leur traitement et analyse. Cependant, ces vingt dernières années, de nombreux travaux de recherche se sont portés non seulement sur l'étude des aspects comportementaux verbaux, mais aussi sur l'étude des aspects comportementaux non verbaux, en particulier la gestualité, et l'interaction entre les gestes et la parole. C'est le cas des recherches de McNeil (1992) et de Goldin-Meadow et son équipe depuis 1986.

Résumé

La méthode de protocoles verbaux a eu une grande influence dans le domaine de l'étude de la planification et de la résolution de problèmes, mais elle a été délaissée depuis quelques décennies. Il semble que de nouvelles recherches cherchent à réhabiliter cette méthode en y intégrant de nouveaux aspects à étudier tels que la gestualité (Goldin-Meadow, 1986 -2014- ; McNeil, 1992). Il existe encore trop peu d'études cherchant à intégrer la technique des protocoles gestuels dans des tâches de planification et de résolution de problèmes. Nous nous intéressons à ce sujet.

Bilan Chapitre 2

*L'étude de la planification:
de l'enfance à l'âge adulte*



Notre intérêt étant la planification en situation de résolution de problèmes, nous posons deux questions fondamentales : comment a-t-elle été étudiée, particulièrement en psychologie ? Comment se développe-t-elle ?

La planification en tant que capacité cognitive a concerné plusieurs courants en psychologie : des courants comportementalistes comme le behaviorisme, en passant par les approches cognitivistes qui s'intéressent aux processus internes de la pensée, jusqu'au courants neuropsychologiques qui mettent l'accent sur les implications des lobes frontaux. La plupart de ces recherches ont été faites auprès d'adultes, très peu auprès d'enfants et presque aucune auprès d'adolescents. Nous proposons une étude de la planification avec différentes tranches d'âges et avec très peu d'écart, ce qui nous permet de respecter les moments développementaux clés.

Nous utilisons une tâche telle que la Tour de Hanoï qui est encore utilisée actuellement dans les études sur la planification. Nous y appliquons une méthode qui nous semble intéressante dans l'étude des processus cognitifs, la méthode des protocoles verbaux. La critique souvent faite à cette méthode de la verbalisation de la pensée lors de la résolution de problèmes, concerne, d'après Weils-Barais (2011), les contraintes qu'imposent les phénomènes de mémoire et d'interférence avec la tâche effectuée. Nous proposons, à fin de pallier à cette limite, d'étudier les gestes, qui se produisent souvent spontanément, et, presque toujours en accompagnant la parole.

Pourquoi étudier la planification à travers les gestes ? Qu'est-ce que cela peut nous apporter comme éléments d'informations pour mieux comprendre les mécanismes sous-jacents ? Lorsqu'on s'intéresse seulement à la résolution du problème (le résultat), cela ne nous donne aucun élément pertinent pour étudier le processus antérieur de planification qui préside à la réalisation. Certaines questions fondamentales se posent : est-ce que les gestes qui accompagnent la parole peuvent refléter la pensée ?

Nous donnent-ils davantage d'informations sur les mécanismes en jeu ? Y a-t-il là deux comportements de planification non-concordants : verbal et non verbal ? Celles-ci constituent le cœur de la question de recherche qui anime la présente étude.

Chapitre 3. Communiquer sa pensée : l'explication verbale et gestuelle de la résolution du problème de la Tour de Hanoï.

L'objectif de ce chapitre est de présenter les bases théoriques générales de la perspective à partir de laquelle nous étudions le développement de la planification. Cette perspective s'inscrit dans le cadre de la multimodalité de la communication et de la pensée, selon laquelle la cognition humaine s'appuie sur les aspects verbaux et non-verbaux du comportement pour communiquer.

Ainsi, dans un premier temps, nous présentons une revue de cette perspective multimodale ce qui nous permettra dans un deuxième temps, d'expliquer le contexte spécifique selon lequel nous envisageons la planification en analysant la relation gestes-parole.

3.1. La multimodalité de la communication et de la pensée.

En termes généraux, la perspective multimodale de la communication part du principe selon lequel, lors de la communication avec autrui, différentes modalités d'expressions verbales et non-verbales interviennent. Par exemple, les gestes de la main et de la tête, les mimiques faciales et les regards complètent et/ou nuancent le message verbal partagé entre interlocuteurs (Guidetti, 2010).

Cette perspective accorde une place importante aux comportements non-verbaux, tout en se questionnant sur les relations qui s'établissent entre les comportements verbaux et non-verbaux. Pour Colletta (2004), « *cette approche conduit à un profond renouvellement de la réflexion sur la cognition langagière et les relations entre le langage et la pensée* » (p. 77). Autrement dit, la perspective multimodale considère un lien étroit entre gestualité et production langagière. Ces deux dimensions s'intègrent dans un système de communication unifié reposant sur un système de représentations cognitives commun : quand un locuteur produit un message, la plupart des informations qu'il veut partager est certes véhiculée par son discours, mais également, et dans une mesure non négligeable, par ses gestes (McNeill, 1992).

Selon Tellier (2008), depuis les années 70, l'étude de la gestualité est devenue un autre champ disciplinaire parallèle à celui de la communication non verbale qui se

développait déjà dès les années 1960 et 1970. Elle rajoute que, tandis que le domaine de la communication non verbale est focalisé sur ce que le langage non verbal révèle (tels que la direction du regard, les postures, les mimiques faciales ou les distances proxémiques) et sur son influence dans les interactions inter-humaines ; le domaine d'étude de la gestualité s'intéresse principalement aux liens qui unissent le geste, la parole et la pensée.

Dans cette thèse, nous porterons une attention spéciale à ce dernier domaine.

3.1.1 L'étude de la gestualité : lien entre les gestes, la parole et la pensée

D'après Kendon (2004), l'étude du geste dans la tradition occidentale est très ancienne. Cependant, cet auteur signale que son intérêt a diminué à la fin du XIX^{ème} siècle et que ce n'est qu'à partir de la septième décennie du XX^{ème} siècle qu'il a été renouvelé. Dès lors, il y a eu une multiplication constante d'études sur les gestes notamment dans différents pays émergents où l'étude des gestes est devenue un champ d'études reconnu. A ce propos, Kendon cite:

« In 1996, the first international conference devoted entirely to gestures studies was held in Albuquerque, New Mexico. Annually, from 1998 onwards, there have been further conferences on gesture studies in Germany, France and Portugal, and in 2002 the first meeting was held of the International Society for gesture Studies in Austin, Texas. Papers from these meeting have been published in Santi et al. (1998), McNeill (2000a), Cavé et al. (2001), Posner and Müller (2004), and Rector, Poggi and Trigo (2003). Gesture, a journal devoted to gesture studies, was launched in 2001 (p. 2).

La conception sémiotique de la gestualité a permis d'identifier une de leurs principales propriétés, celle de symbole ou signe sémiotique (Goldin-Meadow, 2011). En effet, McNeill (1992) explique que :

« les gestes ne sont pas seulement des mouvements et ne peuvent jamais être entièrement expliqués en termes purement kinésiques. Ce ne sont pas juste les bras bougeant dans l'air, mais les symboles qui manifestent leurs propres

significations. Ils possèdent une signification qui est librement conçue par le locuteur. Les mains sont des symboles de par le fait de représenter quelque chose d'autre qu'elles-mêmes » (p. 105-106).

Mais, comment le symbole a-t-il été étudié ? Qu'est-ce qu'un symbole ? Selon Palacios et Rodriguez (2006), le travail de Piaget sur « La formation du symbole chez l'enfant », publié en (1945) a été un évènement historique marquant dans l'étude du symbole. En effet, pour ces auteurs, le travail de Piaget sur l'étude du symbole, qu'il aborde comme jeu symbolique, a eu deux conséquences importantes.

« Premièrement, Piaget a postulé une théorie du symbole qui est amplement acceptée en le caractérisant comme un signifiant motivé et privé. Autrement dit, il met l'accent sur: a) la relation iconique, sur la base de la similarité perceptive entre le signifiant et le signifié, en contraste avec la relation arbitraire des signes linguistiques et b) le caractère solitaire du symbole; l'enfant construit et invente les symboles tout en jouant individuellement, sans nécessiter la participation d'autres personnes. Deuxièmement, [ce travail] a inspiré et est devenu la base pour des études systématiques ultérieures du jeu symbolique comme une activité solitaire¹⁹ » (p.1).

Pour Piaget donc, le symbole est construit individuellement. Mais, il existe aujourd'hui d'autres travaux des recherches et théories qui proposent, à l'opposé, la construction sociale et publique du symbole basées sur la théorie socioconstructiviste de Vygotsky (1930). Moro et Rodriguez (2000) par exemple, proposent d'étudier l'interaction triadique bébé-objet-adulte. Pour ces auteurs, cette interaction se fonde « sur une construction complexe de significations qui s'élabore en un premier temps dans l'interaction interindividuelle sous la médiation des signes

¹⁹ Notre traduction de l'espagnol : « Primero aporto una teoría del simbolo que es ampliamente aceptada en lo que lo caracteriza como un significante motivado y privado. Esto es, el enfatiza : a) la relacion iconica, basada en la similitud perceptiva, entre el significante y el significado, en constraste con la relacion arbitraria de los signos y b) el caracter solitario del simbolo; el nino construye e inventa los simbolos de manera individual mientras juega, sin requerir la participacion de las demas personas. Segundo, inspiro y llego a ser la base de los estudios sistematicos posteriores del juego simbolico como como actividad solitaria » (p. 1).

d'autrui avant que de s'autonomiser progressivement et former part du répertoire individuel enfantin » (p. 286).

En outre, à partir des années 1980, selon Palacio et Rodriguez (2006), il y a eu un accroissement des travaux de recherches sur la compréhension des états mentaux chez l'enfant ou la théorie de l'esprit qui suggèrent un lien entre le jeu symbolique et la compréhension des états mentaux d'autrui. Les travaux de Tomasello (1999) en témoignent.

Les gestes, constituent donc aujourd'hui dans le monde de la sémiotique, un des cinq comportements non verbaux (Ekman & Friensen, 1969). Plusieurs nominations et classifications existent. Ekman et Friensen les appelle illustrateurs (*illustrators*), Kendon (2004) parle de *gesticulation* (gesticulation) et McNeill (1992), des gestes (*gesture*). Sa dénomination et de même sa classification, ne fait pas l'unanimité. D'après Fibiregova, (2012), pourtant, il semblerait que tous les systèmes de classification suivent relativement la classification sémiotique traditionnelle de Peirce (1972). Trois catégories de gestes sont donc distinguées : les gestes « iconiques », « indexicaux » et « symboliques ». Guidetti, Fibigerova et Colleta (2014) proposent dans le tableau suivant une classification des gestes selon la forme, la fonction et la relation avec la parole. Nous résumons par la suite le tableau proposé par ces auteurs :

Tableau 5. Classifications des gestes selon la forme, fonction et relation gestes-parole.

(In the first row, under the header, « Type of sign”, gestures related to message content are set in italics and gestures related to the message structure are in bold type), Guidetti, Fibigerova et Colleta (2014).

Criterion Used	Resulting categories	Efrom 1972 [1941]	Nespolous, Perron & Lecours (1986)	Ekman & Friesen (1969)	McNeill (1992, 2000, 2005)
TYPE OF SIGN (corresponds to the nature relation between the sign and its meaning and to the form of coding)	Icons (analogic coding)	Objective gesture: <i>physiographic</i> (Iconographic Kinetographic) Gesture with logical/discursive meaning Baton-like+Ideographic	Mimetic gestures	Illustrator (without deictic movements): Pictographs, Kinetographs, Spatial movements Ideographs, Batons	Imagistic gesture: Iconic, Metaphoric Non-imagistic gesture: Beats
	Indexes (« natural » coding)	Objective gesture: Deictic/pointing	Deictic gestures	Illustrators: Deictic movements	Non-imagistic gesture: Deictic gesture
	Symbols (arbitrary coding)	Symbolic/ Emblematic gesture	Arbitrary gestures	Emblems	Emblems in a completely separate category)
FUNCTION (according to Jakobson's conception of linguistic function, i.e. concerns the pragmatic role of the message, unlike for linguistic analysis, only five functions are found, the sixth one (meta-linguistic function) being absent)	Emotive	When gestures are oriented to the speaker displaying his/her own actual mental state: <i>Making a fist while saying "Damned deadline!"</i> Ekman and Friesen distinguish a specific category of "affect displays" (indeed, affect displays are identified with facial expressions rather than gestures, however...) but, for example, "emblems" also have this function.			
	Conative	When gestures are oriented to the listener, displaying intentions of the speaker towards the listener, and regulating the listener's behavior: <i>Repeatedly moving index finger when saying "Come here!"</i> Ekman and Friesen distinguish a specific category of "regulators" but, for example, "pointing" or emblems" also have this function.			
	Phatic	When gestures are oriented to the channel, maintaining the contact between speaker and listener: <i>Open palm, turned up and directed towards the listener while saying "You know what I mean"</i> Ekman and Friesen's "regulators, emblem and pointing gestures have this function, too.			
	Poetic	When gestures are oriented to the message itself (the way the message is conveyed) – its structure and organization, its rhythm, stress, foreground and background, its beauty, and metaphorical aspects: <i>Open palm, vertically oriented, moving A-B-A in perfect synchrony with the underlined words: "Don't forget, you have to by <u>two</u> things : <u>milk</u> and butter"</i> This function could be particularly attributed to beats and emblems, and also to metaphoric or ideographic gestures under some conditions.			

	Referential	When gesture are oriented to he reference, content or topic, maintaining the contact between speaker and listener: <i>Intensively wiggling fingers while saying "I was running very quickly"</i> Almost all gesture forms can have this function but not beats
RELATION TO SPEECH	Gesture an speech match Redundant	When gesture does not add any specific information to speech <i>While doing the tower of Hanoi task: "I put the yellow disk on the second rod", Indeed, gesture depicts rod #2"</i>
	Mismatch type 1 : Complementary	When gesture adds some information to speech; without this gesture, speech itself would not be informative: <i>When doing the tower of Hanoi task : "I put the yellow disk here" Gesture depicts rod # 2.</i>
	Mismatch type 2 : Supplementary	When gesture adds some information to speech; without this gesture, speech itself would still be informative, but less informative than gesture: <i>Motion description: "The man is running across the road". Gesture shows not only "running" and crossing" but also "crossing in a specific direction" –from right to left (and not from left to right!!) – information that was not verbalized!!</i>
	Mismatch type 3 : Different	When gesture and speech convey different information : <i>While doing the tower of Hanoi task: "I put the yellow disk on the second rod". However, the gesture depicts rod # 3, not rod # 2"</i>

Cette thèse se focalise notamment dans la relation concordante (match) et non-concordante (mismatch), des gestes co-verbaux (Church & Goldin-Meadow, 1986 ; McNeil, 1992) produits lorsque les participants expliquent la planification de la Tour de Hanoï. Nous exposons dans une section détaillée plus loin dans ce chapitre et dans la partie du contexte empirique (cf. Methodologie) ce que nous comprenons par relation concordante et non-concordante entre les gestes et la parole.

McNeill (1992, 2005) parle d'une relation co-expressive entre les gestes et la parole qui montre que dans les processus de pensée, qui sont impliqués dans la parole, la pensée imagée et la pensée catégorielle linguistique, sont liées dans une relation dialectique. Basé sur le travail de Kendon (1988), McNeill (1992, 2005) a élaboré le « continuum de Kendon »²⁰. McNeill propose à son tour une classification des gestes plus spécifique en utilisant le terme « gestes co-verbaux » pour designer

²⁰ Kendon (1988, 2004) quand lui propose placer sur un continuum quatre types des gestes : Gesticulation (gestes spontanés accompagnant, illustrant ou remplaçant parfois le discours), pantomime (imitation), emblèmes (gestes conventionnels propres aux différentes cultures) et langue des signes (gestes et postures codifiés, appartenant les langues signées).

ce que Kendon avait appelé « gesticulation ». Les gestes co-verbaux correspondent « aux mouvements spontanés et idiosyncratiques des mains et des bras qui accompagnent la parole » (McNeill, 1992, p. 37). Ils sont par nature liés au contexte en ne pouvant être interprétés qu'à partir de celui-ci et sont divisés en différentes catégories ou dimensions.

McNeill fait une première classification entre « *imagistic* et *non-imagistic gestures* ». Les « *imagistic gestures* » sont ceux dans lesquels les mouvements sont interprétés comme représentant la forme de l'objet. Ces gestes peuvent être considérés comme véhiculant une image d'une certaine sorte, que ce soit une image de la façon dont quelque chose apparaît, ou d'une action, ou d'une activité. Ils sont divisés en : gestes iconiques et gestes métaphoriques.

Les *gestes iconiques* sont en relation avec le contenu sémantique du discours. Autrement dit, ils s'affichent dans la forme et les modalités de la même scène concrète qui est présentée dans le discours (McNeill, 1992). Donc, pour donner un exemple, l'énoncé, « *on s'appelle ? peut être accompagné d'un mouvement de la main près de l'oreille* » (Gonseth, 2013, p. 21). D'après Gonseth, 2013, « *la forme de ces gestes dépend donc clairement du contenu sémantique qu'ils véhiculent et diffère, naturellement, selon l'entité décrite. De plus, elle varie avec le point de vue du locuteur, qui peut tout aussi bien se placer en acteur, ou en observateur de la scène* » (p. 21)

Les *gestes métaphoriques* présentent également une image de forme ou de mouvement, mais l'image représentée est montrée comme une image qui évoque un concept abstrait (McNeill, 1992). Ils se différencient des gestes iconiques dans la façon dont l'image du geste décrit est utilisée par le locuteur. Si elle est utilisée comme un moyen de présentation d'une image qui consiste à représenter une abstraction, le geste est dit « métaphorique ». Dans les deux cas, le geste affiche une image jugée de quelque chose qui pourrait être un objet concret ou de l'action dans le monde. C'est ainsi que l'image est mise à profit dans le discours du locuteur qui détermine si le geste est étiqueté « iconique » ou « métaphorique » (Kendon, 2004).

Kendon (2004), décrit de la manière suivante un exemple de gestes métaphoriques :

« a speaker (who is a social worker) is describing how, in an initial interview, a psychiatric patient had, without being asked, explained some intimate details of her life with great energy and spontaneity. The social worker said: "She spoke very rapidly and this was all coming out quite spontaneously" As she says " all coming out ", starting from a position close to the side of her waist, she moves her hand rapidly outwards and upwards in a movement that suggests the image of a substance gushing out of herself. Just as, in her speech, she refers to the contents of the patient's discourse as "coming out" (as water might flow from some container), so, in her gesture, she performs a movement that seems to depict the same idea imagistically » (p. 100)

En revanche, les « *non-imagistic gestures* » incluent les gestes de pointage (gestes déictiques) et des gestes qui semblent être de simples mouvements rythmiques qui, servent à marquer les segments des discours ou la structure rythmique de la parole. Ceux-ci sont considérés comme des battements (beats).

Les *gestes déictiques*, correspondent aux « *pointing movements which are prototypically performed with the pointing finger* » (McNeill, p. 80). Les gestes déictiques ou de pointage, ont pour fonction d'indiquer, de montrer un objet de référence, sa location et /ou sa direction [...] Cela « *nous permettant de diriger l'attention de notre interlocuteur et de coordonner ainsi l'attention visuelle de différents intervenants* » (Gonseth, p. 22).

D'après Krauss, Chen et Gottesman (2000), ces gestes accompagnent souvent la parole mais, ils peuvent également être utilisés pour la substituer. Son utilisation est fréquente lorsqu'on doit donner une réponse à une question sur un emplacement ou une direction. Par exemple, lorsque un étranger nous demande où se trouve le métro, nous pouvons indiquer l'endroit sans le décrire oralement. A ce propos, Gonseth (2013) ajoute « *une réponse uniquement gestuelle peut sembler impolie ou brutale, [donc] nous avons, bien sûr, la possibilité de l'accompagner verbalement : 'juste ici' » (p.22).*

Enfin, les *gestes de battements* sont « *movements that not present a discernible meaning* » (McNeill, 1992, p. 80). Ces gestes permettent de lier les différentes parties du discours, d'introduire un nouvel élément ou d'en mettre certains en évidence, ce qui fait que leur fonction discursive est principalement pragmatique (Gonseth,

2013). De plus, Roustan (2012), soutient que les gestes de battements semblent être particulièrement associés à la prosodie (i.e, le rythme, l'intonation, la mélodie de la parole).

McNeill (1992) défend l'idée selon laquelle les gestes et la parole s'articulent au sein d'un seul système. Il suggère qu'ils ne devraient pas être analysés séparément. Deux arguments semblent encore aller dans ce sens. D'abord, il y a une forte cohérence sémantique entre les deux modalités dans un énoncé. Selon McNeill, le geste et la parole forment un système de communication unifié et la cohérence est possible parce que le geste et la parole partent d'une représentation cognitive commune, ils font partie d'une seule idée. De ce fait, quand un locuteur produit un message, la plupart des informations qu'il veut partager est véhiculée dans le discours tandis qu'une partie de l'information peut être véhiculée par le geste.

Cependant, le geste et la parole transmettent des informations dans des perspectives différentes. Le geste n'est pas limité à une forme fixe et peut varier sur plusieurs dimensions telles que le temps, la forme, le mouvement, la trajectoire, l'utilisation de l'espace, le rythme, etc., ce qui le rend complexe. En bref, alors que le discours se conforme davantage à un système codifié, limité et reconnaissable de mots et de mécanismes grammaticaux, les gestes sont plus libres relativement aux normes du langage, et transmettent le message sur une base plutôt globale et visuelle que détaillée et auditive (Goldin-Meadow, 2003).

Le second argument de McNeil pour dire que le geste et la parole forment un système unifié est qu'ils sont toujours synchrones. Dans une étude publiée en 1992, McNeill a révélé que 90% des gestes observés chez des locuteurs ont été produits en parlant. Il a également constaté que le geste et la parole sont produits simultanément et réfèrent à un contenu unique.

Ces arguments montrent que le geste joue un rôle important pour le locuteur, et pas seulement pour son interlocuteur. C'est une des raisons pour lesquelles le locuteur produit des gestes en même temps qu'il parle. Iverson et Goldin-Meadow (1998) ont mis en évidence que les locuteurs aveugles de naissance produisent des gestes spontanément même quand ils parlent à des auditeurs aveugles. Ceci peut expliquer également pourquoi nous faisons des gestes lorsque nous parlons au téléphone par exemple (Tellier, 2009).

En considérant tous ces travaux, il nous semble important d'insister sur l'importance de la fonction des gestes dans la production de la parole par des locuteurs. Deux hypothèses expliquent cette importance.

La première, proposée par Rauscher, Krauss et Chen, (1996), (cité par Tellier, (2009), est celle de l'hypothèse de la récupération lexicale (LRH)²¹. Elle soutient que le geste joue un rôle actif pour l'accès lexical, en particulier, l'accès aux mots avec un contenu spatial. Ainsi, le geste joue un rôle en générant des formes de surface des énoncés, ceci est déduit directement dans le processus de la production de la parole.

La seconde, hypothèse dite de l'emballage de l'information (IPH)²² proposée par Alibali, Kita & Youg (2000) est tirée de la théorie de McNeill (1992) et McNeill et Duncan (2000). Cette hypothèse défend l'idée que le geste et la parole forment un système intégré. Elle soutient aussi que le geste et la parole aident à constituer la pensée et qu'ils reflètent la représentation mentale imagée²³ qui est activée au moment de parler (Tellier, 2009).

Ainsi, en considérant cette dernière hypothèse, il semble que le geste contribue à l'activité cognitive. Alibali, Kita et Youg (2000), montrent que les gestes ne sont pas là seulement pour aider à la récupération des mots, mais aussi pour organiser la pensée. Ces auteurs soutiennent que l'action des gestes aide les locuteurs dans l'organisation de l'information spatiale pour la verbalisation, et de cette façon, le geste joue un rôle dans la conceptualisation du message qui sera verbalisé. À ce stade de la réflexion théorique, il est donc clair que les gestes aident les locuteurs à exprimer mieux leur pensée, en la constituant et en l'organisant avec le but de conceptualiser le message à verbaliser.

3.1.2 Fonction communicative et fonction cognitive des gestes

Traditionnellement une seule fonction communicative a été attribuée aux gestes. En effet, pendant la communication, il semble que produire des gestes aide les auditeurs à comprendre ce qui est dit. À ce sujet, Alibali, Heath, et Myers (2001) ont mené une recherche qui avait pour but de mieux appréhender les effets de la

²¹The Lexical Retrieval Hypothesis (LRH)

²² The Information Packaging Hypothesis (IPH)

²³The imagistic mental representation

visibilité entre le locuteur et l'auditeur, sur la production du geste. Ils ont constaté que les personnes produisent davantage de gestes quand elles parlent à un interlocuteur visible. Par contre, elles ont tendance à utiliser moins de gestes quand elles parlent à quelqu'un caché derrière un écran. Donc, la fonction communicative des gestes semble être évidente.

Cependant, des recherches ont montré aussi que les gestes, sans doute, ont d'autres fonctions. En effet, ils assureraient une fonction cognitive. Ceci nous place dans le domaine de la psychologie cognitive où l'étude des gestes est pertinente.

D'après Goldin-Meadow (2003), les gestes que nous produisons quand nous parlons ont une charge mentale, un contenu. Ils transmettent des idées essentielles, un propos. Elle affirme aussi que les gestes ne constituent pas des « bruits » qui accompagnent la parole, mais qu'ils jouent un rôle actif dans la façon de parler et notamment de penser.

En effet, penser implique de nombreux processus cognitifs très complexes. Des études ont montré par exemple que les gestes, non seulement réduisent les exigences de traitement en mémoire, mais qu'ils permettent d'économiser des ressources cognitives pour les locuteurs en interaction (Iverson & Goldin-Meadow, 2005). De plus, différents types de gestes reflètent différents types de processus cognitifs pendant la production du langage (Kita, De Condappa, & Mohr, 2007).

En outre, McNeill et Duncan (2002) mettent en évidence de quelle façon les gestes peuvent contribuer à externaliser la cognition au delà du langage verbal. En citant l'hypothèse de Slobin (1987) sur le fait que « *languages induce different forms of 'thinking-for-speaking'— thinking generated* » (p. 141), ces auteurs considèrent « *the speech and gesture jointly as an enhanced 'window' onto thinking and show how the co-occurrences of speech and gesture in different languages enable us to infer thinking for-speaking in Slobin's sense* » (p. 141). De ce fait, ils expliquent qu'étudier comment les locuteurs organisent leur réflexion pour répondre aux exigences de codage linguistique en ligne, au cours des actes de parole ne doit fonctionner que sur le plan de l'expression linguistique et suggèrent d'intégrer les gestes.

D'ailleurs, en étudiant le rôle des gestes sur la mémoire de travail spatiale, Morsella et Krauss (2004) ont mis en évidence que les locuteurs font davantage de gestes en décrivant des objets visuels déjà mémorisés que lorsque les objets sont visiblement accessibles. Ils ont également constaté que les locuteurs font davantage

de gestes en décrivant les objets qui sont traités par la mémoire de travail spatiale, tels que les dessins, qui sont difficiles à mémoriser et à coder verbalement.

La découverte des liens entre les gestes, la parole et la pensée ainsi que le rôle qu'ils jouent lors du développement des processus cognitifs, a éveillé l'intérêt de l'étude des gestes dans différents domaines de connaissance. On peut savoir aujourd'hui grâce à ces domaines de recherche, notamment à la psychologie du développement, comment évoluent les gestes au cours du développement.

3.1.3 Développement des gestes : une revue des travaux

Les recherches en psychologie du développement ont mis en évidence que dès l'âge de 10 mois, les bébés commencent à produire des gestes comme le pointage, donner et montrer (Bates & Dick, 2002). Mais on sait aussi que c'est juste à la fin de la première année (9 – 13 mois) que ce « complexe gestuel » augmente (Guidetti, 2003). Entre 12 et 18 mois, l'enfant fait des gestes de façon isolée, ce qui signifie soit qu'il fait des gestes soit qu'il parle, mais il ne le fait pas en même temps. Ainsi, l'enfant choisit entre les deux systèmes qu'il connaît (Tellier, 2009). Puis, le geste et le discours commencent de plus en plus à s'intégrer et l'enfant commence à produire des combinaisons synchronisées de gestes et de mots significatifs. Selon Tellier (2009), c'est le début de l'intégration des gestes et du discours que nous trouvons dans l'expression des adultes.

Durant la petite enfance, les enfants apprennent de plus en plus de mots. Il y a une certaine augmentation dans l'utilisation des gestes déictiques pour accompagner par exemple le mot « ceci » (Iverson, Capirci, & Caselli, 1994). Au cours des deuxième et troisième années, le geste de pointage devient de plus en plus intégré à la langue parlée, en particulier pour compléter les messages parlés (Iverson *et al.*, 1994). Comme le discours se développe, les gestes deviennent de plus en plus élaborés, en particulier dans leur relation avec la parole. Les gestes iconiques ont tendance à apparaître de plus en plus avec les verbes et les adjectifs plutôt qu'avec les noms, et les relations entre gestes et langage s'étendent au domaine de la morphosyntaxe.

Selon McNeill (1992) entre la troisième et la cinquième année la production des gestes iconiques s'accroît de manière significative. Les gestes iconiques et la parole

deviennent de plus en plus synchronisés. Néanmoins, les gestes co-verbaux chez les enfants ne sont pas encore utilisés pour faire référence au contenu abstrait. Les gestes métaphoriques sont abondamment rencontrés dans les productions gestuelles des jeunes enfants. Dès l'âge de 5 ans, le reste du système gestuel comme les gestes de battements se développent. Les gestes métaphoriques ainsi que les gestes iconiques abstraits deviennent de plus en plus nombreux.

Par rapport au développement gestuel des enfants de 6 à 11 ans, on sait d'après Colletta (2004) que l'émergence des gestes métaphoriques et de battements se produisent après l'âge de 5-6 ans. Colletta a également constaté que les compétences multimodales (i.e., linguistiques, prosodiques et gestuelles) se développent ensemble et simultanément.

Jusqu'à présent la recherche sur le développement gestuel s'est focalisée sur les jeunes enfants au cours de leur acquisition de la langue maternelle, mais elle a consacré moins d'attention aux enfants plus âgés et à la façon dont ils développent leur gestuelle tout en acquérant de nouvelles compétences discursives. Les gestes des enfants au delà 11 ans et d'adolescents n'ont pas été étudiés. Ceci peut-être dû au fait que la plus grande partie de la langue maternelle est déjà acquise et que des changements significatifs sont très lents à se produire (Tellier, 2009). C'est dans ce contexte que la relation entre le geste et la parole a été étudiée.

Résumé

La cognition humaine s'appuie sur des aspects verbaux et non-verbaux du comportement pour communiquer. La perspective multimodale de la communication et de la pensée prend en compte ces deux aspects pour étudier les processus de pensée. Elle étudie, en particulier, la relation entre les gestes, la parole et la pensée. L'étude de cette relation est récente, même si l'intérêt par les gestes existe depuis longtemps (Kendon, 2004). A partir des années 1970 donc, le champ d'étude de la gestualité prend une place plus importante et des multiples recherches commencent à se développer. Toutefois, il n'y a aucun consensus quant à la classification des gestes. Nous empruntons une classification générale résumée par Guidetti, Fibigerova et Colletta (2014). Cette classification est résumée selon le type de geste, sa fonction et sa relation avec la parole.

Notre thèse suit la classification des gestes coverbaux proposé par Kendon (2004), et reprise par McNeill (1992, 2005) en nous focalisant sur la relation concordante ou non-concordante entre les gestes et la parole (Church & Goldin-Meadow, 1986) lors des explications des tâches de résolution de problèmes (Garbert et Goldin-Meadow, 2002).

La découverte des liens entre les gestes, la parole et la pensée et également du rôle qu'ils jouent lors du développement des processus cognitifs a éveillé l'intérêt de l'étude des gestes dans différents domaines de connaissance. On peut savoir aujourd'hui grâce à ces domaines de recherche, notamment à la psychologie du développement, comment évoluent les gestes au cours du développement.

3.2. Relation Geste-Parole : que transmet le geste, que transmet la parole ?

Tout d'abord, les gestes qui accompagnent la parole, sont étudiés dans différents contextes culturels et linguistiques (Feyereisen & Lannoy, 1991). D'après Goldin-Meadow (1999), il faut distinguer les gestes qui accompagnent la parole (co-speech ou co-verbaux) des gestes qui remplacent la parole (emblems). Les gestes coverbaux sont donc étudiés lors de conversations, de narrations, de descriptions d'objets et d'actions et lors d'explications de différentes tâches.

Ces gestes ont un effet sur la pensée car ils ont la capacité de refléter les actions dans le monde réel (McNeil, 2005). Le discours verbalisé peut ne pas refléter la pensée mais les gestes oui (Goldin-Meadow, 2014). Ils sont donc un complément au discours et parfois, ils le remplacent, comme dans le cas des emblèmes. Les actions des gestes ne reflètent pas seulement la pensée, mais peuvent aussi fournir un feedback et modifier la pensée. Ainsi, le geste peut avoir le pouvoir de servir d'unique lien entre une action et une pensée abstraite associée à l'action. Pour McNeill (1992, 2005), les gestes ne sont pas uniquement liés à la parole, mais souvent illustrent le message transmis dans le discours qu'ils accompagnent. Cependant, parfois, les gestes transmettent une information qui va plus loin que celle véhiculée dans le discours, et de ce fait, ils ajoutent de l'information. Cette relation entre l'information transmise dans le discours et celle transmise dans les gestes est parfois concordante, parfois non. L'étude de cette relation concordante ou non-concordante entre les gestes et la parole, est à l'origine des recherches actuelles.

3.2.1 Non-concordance - « mismatch » - gestes-parole : leur rôle dans les tâches de résolution de problèmes

Dans les deux dernières décennies, les recherches que conduisent principalement Goldin-Meadow et ses collègues ont confirmé, à travers différentes tâches de résolution de problème, le rôle significatif des gestes dans le développement cognitif (Alibali, Bassok, Olseth, Syc & Goldin-Meadow, 1999 ; Beilock, & Goldin-Meadow, 2010 ; Church & Goldin-Meadow, 1986 ; Garber & Goldin-Meadow, 2002 ; Goldin-Meadow, 2003, 2005, 2009, 2011, 2014 ; Goldin-Meadow & Wagner, 2005 ; Iverson & Goldin-Meadow, 2005 ; Goldin-Meadow, Cook, & Mitchell 2008).

Ces recherches mettent en évidence que les gestes réalisés par des écoliers pendant l'explication de tâches de résolution de problèmes mathématiques pouvaient contenir une information différente de celle véhiculée par les mots (Alibali, Bassok, Olseth, Syc, & Goldin-Meadow, 1999 ; Church & Goldin-Meadow, 1986). Cet effet, qui se produit entre les gestes et la parole, est appelé « mismatch » (non-*concordance*). Le « mismatch » révèle une évolution significative du point de vue du développement cognitif des enfants.

Goldin-Meadow et ses collègues proposent des hypothèses explicatives à ce phénomène de « *mismatch* » geste-parole en s'inscrivant dans des paradigmes d'apprentissage et de résolution de problèmes (Garber & Goldin-Meadow, 2002) :

a) Selon le paradigme d'apprentissage, lorsque des enfants doivent résoudre un problème de conservation de liquides de Piaget ou de mathématique par exemple, le « *mismatch* » geste-parole est produit quand ils sont sur le point d'apprendre quelque chose de nouveau. En particulier, le travail de Church et Goldin-Meadow (1986) a démontré que par rapport aux enfants « concordants » (ceux qui transmettaient la même information dans les gestes et dans la parole lorsqu'ils expliquaient leurs réponses à ces problèmes), les enfants qui produisaient davantage de « *mismatches* » gestes-parole, profitaient aussi davantage des consignes données au cours de l'apprentissage du problème *a posteriori*. Ce serait donc l'activation simultanée de croyances multiples sur les problèmes qui s'externaliserait, caractérisant l'état de connaissance transitoire, ce qui serait à l'origine de ce « *mismatch* » entre gestes et paroles (Guidetti, 2010). Les gestes

joueraient donc un rôle en facilitant l'élaboration des connaissances et indiqueraient un état de savoir transitoire.

b) Selon le paradigme de résolution de problèmes, le « *mismatch* » gestes-parole serait le produit d'une prise de décision, de choix à faire entre plusieurs stratégies de résolution de problèmes. Goldin-Meadow, Alibali et Churh (1993a) ont supposé que lors d'un « *mismatch* », le geste indiquerait une stratégie de résolution de problèmes différente de celle exprimée verbalement et que le locuteur n'avait pas intégrée avec la stratégie de résolution des problèmes exprimée à travers la parole. Le phénomène de « *mismatch* » gestes-parole révélerait donc, selon eux, l'activation de deux modalités de stratégies de résolution dans un seul problème. Pour tester cette hypothèse, les auteurs ont développé une autre étude en utilisant le paradigme de double tâche (Goldin-Meadow, Nusbaum, Garber & Church, 1993b). Ces auteurs ont constaté que les enfants non-concordants qui ont produit davantage de « *mismatch* » pendant l'explication d'une tâche de résolution de problèmes, ont fait appel à moins de mots (double tâche) en comparaison avec les enfants concordants qui avaient produit peu de « *mismatch* ». Les auteurs ont interprété ces résultats en considérant que le premier groupe d'enfants (composé des enfants non-concordants) n'a pas utilisé davantage de mots car ils avaient deux stratégies (une stratégie véhiculée par le geste et l'autre par la parole) les dispensant de faire appel à davantage de mots. Ceux-ci devaient faire un effort cognitif supérieur par rapport aux enfants concordants.

3.2.2 La résolution de problèmes au cours d'explications verbales et gestuelles du problème de la Tour de Hanoï.

Pour approfondir la compréhension du paradigme de résolution de problèmes Garber et Goldin-Meadow (1997, 2002) ont mené une autre étude, cette fois en utilisant la tâche de la Tour de Hanoï. Cette étude visait à savoir si l'analyse des gestes pouvait aussi être validée comme méthode pertinente pour identifier les moments où les personnes résolvant le problème de la Tour de Hanoï maintiennent deux stratégies (une exprimée à travers la parole et une autre à travers le geste). Afin de confirmer cette hypothèse, ils se sont inspirés d'une variété d'études qui témoignent de la résolution de la Tour de Hanoï chez des enfants et des adultes et en

utilisant différentes mesures d'évaluation de la résolution (Anzai & Simon, 1979 ; Byrnes & Spitz, 1979 ; Egan & Greeno, 1973 ; Klahr & Robinson, 1981 ; Newell & Simon, 1972).

Ces études ont montré, en effet que les joueurs qui résolvent de façon optimale cette tâche, (c'est-à-dire avec le plus petit nombre de déplacements de disques) sont ceux qui élaborent des buts intermédiaires. En effet, la réalisation de la tâche complexe dans son ensemble présuppose que le sujet prenne conscience que passer par des étapes intermédiaires permet d'accomplir la tâche en évitant les manipulations inefficaces (Reed, 1999).

D'après les recherches précitées, il existe des « *moments clés de décision* » lors de la résolution de la tâche au cours de laquelle il faut planifier à l'avance les buts intermédiaires. D'abord, il y a, de la part du joueur, une prise de conscience qu'un but doit être atteint. Ensuite, il acquiert une connaissance de la profondeur de la recherche nécessaire pour atteindre l'objectif fixé ; autrement dit, le nombre de mouvements qui doivent être anticipés afin d'atteindre l'objectif final. De ce fait, les joueurs, plutôt que de stocker en mémoire tous les mouvements qui doivent être effectués dans le puzzle, construiront généralement des petits plans qui impliquent les déplacements des disques plus grands et ensuite, les disques les plus petits et ainsi de suite jusqu'à la tige finale. En somme, les déplacements dans la Tour de Hanoï sont planifiés dans une série de petits buts intermédiaires à atteindre, afin d'arriver au résultat final.

Garber et Goldin-Meadow (2002) ont émis l'hypothèse que les participants pourraient produire des « *mismatch* » gestes-parole justement dans ces « *moments de décision* » où ils devaient planifier lors de l'explication de la résolution de la tour de Hanoï où ils devaient donc planifier les buts intermédiaires, mais que, par contre, ils ne produiraient pas de « *mismatch* » dans les étapes successives de résolution une fois que les buts intermédiaires avaient été accomplis. Leur hypothèse a été confirmée et a souligné qu'au cours des descriptions de la résolution du problème de la Tour de Hanoï, le plus grand nombre de « *mismatch* » gestes-parole a été produit avec précision dans ces « moments clés de décision » ou « *choice points* », lors desquels les buts intermédiaires devaient être anticipés. Ce qui revient à dire que les « *mismatch* » gestes-parole se sont produits quand il y avait des choix entre des

chemins possibles à adopter dans l'espace-problème (situation de conflit entre deux solutions), et non quand ces stratégies avaient déjà été choisies.

En particulier, la recherche menée par Garbert et Goldin-Meadow (2002), dans laquelle le problème de la Tour de Hanoï est utilisé, a conduit à dégager les conclusions suivantes :

- a) La production de « non-concordances » gestes-parole varie en fonction du type de trajectoire décrite par les participants : optimales ou non-optimales. Les « non-concordances » se sont produites davantage chez les participants qui décrivaient des trajectoires non-optimales pour les deux raisons suivantes : soit ils étaient incapables de décrire des trajectoires optimales, soit ils montraient qu'ils hésitaient entre de multiples possibilités de déplacements lors de la description de la tâche. Cela pouvait indiquer des difficultés inhérentes au processus d'intégration de nouvelles connaissances, des difficultés inhérentes au processus de la planification de la tâche.

- b) La production de « non-concordances » gestes-parole varie en fonction du moment de la résolution de la tâche, c'est-à-dire qu'elles sont plus fréquentes aux moments où les buts intermédiaires pour arriver au but final sont en train de se construire. Autrement dit, aux moments où ces buts intermédiaires sont construits. En effet, le joueur peut choisir entre au moins deux chemins/trajectoires possibles : l'un d'eux qui lui permet de résoudre le jeu de façon optimale (par un nombre minimum de déplacements, ce qui l'amène à une trajectoire optimale), et l'autre qui l'éloigne du but final et de ce fait, l'amène à faire davantage de déplacements (trajectoire non-optimale).

Cette étude a ainsi confirmé que les non-concordances se produisaient davantage dans ces moments d'anticipation (choice points) de la trajectoire à adopter, et non à d'autres moments (non choice points) de déroulement du jeu; preuve que les joueurs avaient planifié le déroulement, ce qui se traduisait par des non-concordances plus fréquentes.

Résumé

Les gestes et la parole sont deux dimensions qui s'intègrent dans un système de communication unifié reposant sur des représentations cognitives communes : quand un locuteur produit un message, la plupart des informations qu'il veut partager est certes véhiculée par le discours, mais également par les gestes (McNeil, 1992).

En analysant les descriptions verbales et gestuelles de la résolution du problème de la Tour de Hanoï, Garbert et Goldin-Meadow (1997, 2002) ont montré que lorsque les participants expliquaient leur résolution du problème, les gestes et la parole ne transmettaient parfois pas la même information. Cette divergence, appelée « **mismatch** » ou non-concordances entre les gestes et la parole indiquerait deux stratégies différentes de résolution du problème : l'une envisagée par le geste, et l'autre par la parole. Ils ont montré que lorsque les participants expliquent de façon optimale la résolution de la tâche, les non-concordances se produisent aux moments-clés indiquant la capacité à prévoir différentes stratégies de résolution. En revanche, lorsque les participants expliquent de façon non-optimale la résolution de la tâche, les non-concordances se produisent à des moments différents, preuve que les participants hésitent entre plusieurs stratégies de résolution.

3.3 La planification au cours d'explications verbales et gestuelles du problème de la Tour de Hanoï.

Les résultats des études classiques sur la résolution de la Tour de Hanoï (Anzai & Simon, 1979 ; Egan & Greeno, 1974 ; Gagne & Smith, 1962 ; Kotovsky, Hayes & Simon, 1985 ; Newell & Simon, 1972 ; Simon, 1975) ainsi que les résultats de l'étude de Garbert et Goldin-Meadow (2002) sur les « **mismatches** » gestes-parole dans la résolution de la Tour de Hanoï suggèrent que des habilités de planification sont nécessaires pour résoudre ce problème.

L'élaboration et l'anticipation de buts intermédiaires pour atteindre de façon optimale le but final de la tâche en témoignaient. D'ailleurs, selon Richard (1982), le problème de la tour de Hanoï est l'un des problèmes de transformation d'état le plus approprié à l'étude de la planification, dans la mesure où l'élaboration de buts

intermédiaires et la recherche des conditions à remplir pour pouvoir les réaliser sont des étapes critiques/cruciales dans le processus de résolution. D'autres études en témoignent aussi (Diaz *et al.*, 2012 ; Welsh, 1991).

D'après Reed (1999), les problèmes de transformation d'états nécessitent principalement des capacités de planification, basées sur une méthode d'*analyse moyen-fin*. Puisqu'un état-but est donné, le sujet doit comparer l'état initial du problème avec l'état-but. L'analyse *moyen-fin* nécessite d'identifier les différences qui existent entre l'état initial et l'état-but, ce qui implique de sélectionner les opérations qui réduiront ces différences.

Bilan Chapitre 3

Communiquer sa pensée : l'explication verbale et gestuelle de la résolution du problème de la Tour de Hanoï.



Le but de l'étude de Garbert et Goldin-Meadow (2002) n'était pas d'étudier le développement de la planification dans la résolution de cette tâche. Toutefois, ces auteurs semblent suggérer que les « *mismatches* » gestes-parole lors des descriptions (verbales et gestuelles) de la Tour de Hanoï peuvent être un

indicateur de la mise en place de ces capacités.

À partir des réflexions précédentes, on peut s'interroger sur deux aspects particuliers caractéristiques des mécanismes de planification dans la tâche de résolution du problème de la Tour de Hanoï :

- a. On peut se demander si les non-concordances gestes-parole peuvent aussi être un indicateur du développement des capacités de planification, autrement dit, si les non-concordances peuvent montrer des différences par rapport à l'âge. En effet, les nombreuses études évaluant la planification avec la Tour de Hanoï ou la Tour de Londres, montrent ces différences (Aran, 2011 ; Anderson & Douglas, 2001 ; Byrnes & Spitz, 1979 ; Diaz, *et al*, 2012 ; Luciana & Nelson, 1998 ; Richard, 1982 ; Wels, 1991). En outre, compte-tenu du fait que la Tour de Hanoï est une tâche où le niveau de la complexité augmente en fonction du nombre de disques, on peut se demander également si les non-concordances gestes-parole pourraient se traduire par des différences liées à la complexité de cette tâche.
- b. On peut s'interroger également, sur le fait que la capacité à planifier, à anticiper, pouvant être influencée par d'autres facteurs, par exemple le contexte socio-économique, les non-concordances peuvent aussi être un indicateur de ces influences.
- c. Etant donné que la planification se caractérise par des mécanismes d'anticipation et de schématisation (Hoc, 1987) et que des représentations de la résolution de la tâche sont mises en place, dès que les joueurs reçoivent la consigne, nous nous demandons aussi si les non-

concordances gestes-paroles peuvent être un indicateur de la planification précédant la résolution de la tâche.

Dans ce contexte nous définissons la planification comme étant une fonction cognitive de haut niveau intervenant dans des situations nouvelles, complexes et conflictuelles. C'est une capacité qui consiste à prévoir une séquence d'actions avant de la mettre en œuvre afin d'atteindre un objectif ou un but. De ce fait, il s'agit d'une compétence cognitive liée à l'anticipation des conséquences des actions. Nous l'étudierons à partir des explications verbales et gestuelles anticipant la réalisation de la tâche de la Tour de Hanoï.

Chapitre 4. Planification verbale et gestuelle : des effets de l'âge, du milieu socio-économique et de la complexité de la tâche.

Il semble y avoir des âges clés dans le développement des fonctions cognitives complexes : entre 3-4 ans, à 8 ans, à 12 ans, puis à l'adolescence. En outre, la planification, évoluerait encore plus lentement que les autres fonctions exécutives (i.e., inhibition, traitement en mémoire de travail et flexibilité), et cette évolution s'accentuerait à partir de 8 ans.

En ce qui concerne l'étude du développement de la planification grâce à la Tour de Hanoï, le travail de Byrnes et Spitz (1979) montre que la planification est moins caractéristique du comportement des enfants avant 7-8 ans, mais qu'elle est plus marquée à partir de 14 ans. En utilisant le problème de la Tour de Londres (Shallice, 1982) (une variation de la Tour de Hanoï qui sert à évaluer les troubles de la planification) l'étude de De Luca, *et al.*(2003) a montré en tenant compte de la condition des mouvements minimaux, que les enfants de 8 à 10 ans et ceux de 11 à 14 ans obtenaient significativement un nombre inférieur de solutions parfaites (i.e., essais complétés correctement avec le nombre minimal de mouvements), ceci en comparaison avec les groupes de sujets âgés de 15 à 29 ans, qui ont été, apparemment, les plus efficaces dans l'organisation et la planification de leur comportement. Ces résultats semblent soutenir l'idée selon laquelle ces capacités de planification et de résolution de problèmes poursuivent leur développement encore après l'adolescence.

En outre, Welsh (1991), a examiné, par exemple, l'évolution des performances entre 3 et 12 ans lors de la réalisation de 6 tâches exécutives. La Tour de Hanoï a été utilisée pour évaluer la planification en situation de résolution de problème comportant 3 puis 4 disques. Le problème à quatre disques a été présenté aux enfants à partir de 8 ans. D'abord, les résultats montrent un effet de l'âge pour chacune des tâches, mais cet effet varie selon la complexité de la tâche. En effet, il apparaît que le niveau adulte est atteint à 6 ans pour la Tour de Hanoï à 3 disques. En revanche, les performances pour 4 disques sont, encore à 12 ans, inférieures au niveau adulte.

Enfin, une étude de Diaz *et al* (2012), montre une influence de l'âge sur la capacité de planification, lorsqu'on utilise la Tour de Hanoï. Vers 6 ans, elle commence à se développer mais, ce n'est que vers 7 ans qu'elle s'installe. Entre 7,5 ans et 10,4 ans les enfants se différencient peu quant à leur capacité de planification ; les similarités sont plus proches entre les âges de 10,5 ans et 12,4 ans. Ces résultats confirment donc, une amélioration de cette capacité en fonction de l'âge, quand on utilise la Tour de Hanoï.

4.1 Les non-concordances gestes-parole comme indice de planification de la tâche de la Tour de Hanoï : l'effet de l'âge ?

Ces résultats semblent soutenir l'idée selon laquelle les capacités de planification et de résolution de problèmes continuent leur développement encore après l'adolescence.

La recherche de Garber et Goldin-Meadow (2002) menée auprès d'enfants âgés de 8 à 10 ans et d'adultes âgés de 18 à 24 ans, a permis de conclure que les enfants et les adultes évalués produisent des « *mismatches* » gestes-parole de façon similaire lors des explications fournies en post-résolution du problème de la Tour de Hanoï. Autrement dit, Garber et Goldin-Meadow (2002), n'ont pas mis en évidence de différences significatives liées à l'âge.

Toutefois, au regard des résultats présentés dans les études précédentes qui témoignent de l'existence d'un effet de l'âge dans la planification de la Tour de Hanoï, nous nous demandons si en analysant les non-concordances gestes-parole (« *mismatch* ») lors des explications précédant la réalisation de la Tour de Hanoï, et en considérant différents groupes d'âges, nous pensons également que des différences significatives entre nos trois groupes d'âge (enfants, adolescents et adultes) pourraient ressortir. Nous nous intéressons aux explications anticipant la réalisation car nous considérons cette phase comme la phase de planification du problème.

Nos hypothèses relatives à un effet de l'âge sont explicitées ci-après :

Notre **première hypothèse** est la suivante : il existe un effet de l'âge associé au type de stratégie (optimale ou non-optimale) sur la production de non-concordances

gestes-paroles lors de l'explication préalable du problème avec 3 disques et avec 4 disques. En utilisant une stratégie non-optimale de planification, le nombre de non-concordances est supérieur à celui de l'utilisation d'une stratégie optimale.

De ce fait, on s'attend à ce que les adultes utilisent davantage une stratégie de planification optimale associée à un nombre plus faible de non-concordances gestes-parole que les adolescents et qu'eux-mêmes en utilisent plus que les enfants (adultes < adolescents < enfants).

À notre connaissance, aucune recherche n'a été réalisée jusqu'à présent dans ce sens.

D'autres effets généraux

Nous supposons un effet de l'âge sur le nombre de tentatives d'explication de la planification. - On s'attend à ce que les adultes utilisent davantage une stratégie de planification optimale que les adolescents et qu'eux-mêmes en utilisent davantage que les enfants (adultes > adolescents > enfants).

On s'attend également à ce que le nombre de tentatives d'explication des adultes est plus faible que celui des adolescents que lui-même est plus faible que celui des enfants (adultes < adolescents < enfants)

On s'attend également à ce que le temps d'explication des adultes est plus faible que celui des adolescents que lui-même est plus faible que celui des enfants (adultes < adolescents < enfants)

4.2 Les non-concordances gestes-parole comme indice de planification de la tâche de la Tour de Hanoï : l'effet du milieu socio-économique ?

Etant donné que les études faites dans des contextes de pauvreté – présentés précédemment - mettent en évidence des différences dans les performances des épreuves mesurant la planification, entre des participants provenant de milieux sociaux défavorisés et des participants provenant de milieux socio-économique favorisés, nous faisons l'hypothèse que les non-concordances gestes-paroles révèlent aussi ces différences.

À notre connaissance, des études sur les non-concordances gestes-paroles en lien avec la planification n'ont pas été faites ni du point de vue du développement ni du point de vue des différents contextes socio-économiques.

Aucune étude à notre connaissance non plus, n'a été réalisée en Colombie autour de ce sujet. Donc, il nous semble important de combler ce manque.

Nous émettons l'hypothèse qu'il existe un effet du milieu socio-économique associé au type de stratégie (optimale/non-optimale) sur la production de non-concordances gestes-paroles lors de l'explication du problème avec 3 et avec 4 disques. En utilisant une stratégie non-optimale, le nombre de non-concordances est supérieur en comparaison avec l'utilisation d'une stratégie optimale.

De ce fait, -on s'attend à ce que le groupe de milieu socio-économique favorisé utilise davantage une stratégie de planification optimale associée à un nombre plus faible de non-concordances par rapport à celui du milieu défavorisé (favorisé > défavorisé).

D'autres effets généraux

Nous avons supposé un effet du milieu socio-économique sur le nombre de tentatives d'explication verbale et gestuelle. De ce fait, on s'attend à ce que le groupe du milieu socio-économique favorisé utilisent davantage une stratégie de planification optimale que celui du milieu défavorisé qui utilise davantage une stratégie de planification non-optimale.(groupe favorisé > groupe défavorisé).

On s'attend à ce que le nombre de tentatives d'explication du groupe de milieu socio-économique favorisé est plus faible que celui du milieu socio-économique défavorisé (favorisé < défavorisé).

On s'attend également à ce que le temps d'explication des participants du milieu socio-économique favorisé est plus faible que celui des participants du milieu socio-économique défavorisé (favorisé < défavorisé).

4.3 Les non-concordances gestes-parole comme indice de planification de la tâche de la Tour de Hanoï : l'effet du niveau de la complexité de la tâche ?

En ce qui concerne la complexité de la tâche, Byrnes et Spitz (1979) ont démontré que si le problème à deux disques est réussi par la quasi-totalité des sujets

dès l'âge de 8 ans, le problème à trois disques n'est réussi dans le minimum de coups que par 70% des adolescents de 14 ans. En somme, pour ce qui est des capacités de planification, il y a une progression rapide entre 7 et 9 ans, un plateau entre 9 et 12 ans, de nouveau un progrès important entre 12 et 14 ans et de nouveau un plateau.

En outre, Welsh, Pennington et Groisser (1991) ont examiné par exemple l'évolution des performances entre 3 et 12 ans en utilisant six tâches exécutives. La Tour de Hanoï a été utilisée pour évaluer la planification avec des problèmes comportant 3 puis 4 disques. Celui à quatre disques a été présenté aux enfants à partir de 8 ans. En général, les résultats montrent un effet de l'âge par rapport à chacune des tâches exécutives. Quant à la Tour de Hanoï en particulier, ils ont trouvé que le niveau adulte est atteint à 6 ans pour la Tour de Hanoï à trois disques.

En revanche, les performances pour la Tour de Hanoï à 4 disques sont encore, à 12 ans, inférieures au niveau adulte. De même, l'étude de Welsh (1991) a trouvé que la planification optimale de la Tour de Hanoï diminue avec le niveau de complexité. D'abord, ces résultats suggèrent un effet de l'âge dans les résultats et ensuite il semblerait que ces résultats varient en fonction de la complexité de la tâche.

Comme le présentent les deux études précédentes, le niveau de complexité de la tâche a été étudié avec la Tour de Hanoï, cependant, à notre connaissance aucune recherche n'a été réalisée en utilisant les non-concordances comme un indicateur d'évaluation de cette complexité.

Notre **troisième hypothèse** est qu'il existe un effet de la complexité du problème sur le nombre de non-concordances gestes-paroles. De ce fait, le nombre de non-concordances est supérieur lors de l'explication des participants du problème avec 4 disques que lors de l'explication du problème avec 3 disques.

De ce fait, on s'attend à ce que le nombre de non-concordances est plus important lors de l'explication de la tâche à 4 disques que lors de la tâche à 3 disques chez tous les participants ($4 > 3$).

On s'attend à ce que plus le participant est âgé, moins il produit de non-concordances lors de l'explication de la tâche la plus complexe (adultes < adolescents < enfants).

On s'attend également à ce que le groupe de milieu socio-économique favorisé produise un nombre plus faible de non-concordances gestes-parole lors de

l'explication de la tâche à 4 disques par rapport au groupe de milieu socio-économique défavorisé (favorisé < défavorisé)

Cette thèse s'intéresse donc au développement de la planification chez des enfants, des adolescents et jeunes adultes colombiens âgés respectivement de 8-10 ans, de 12-14 ans et de 18-20 ans. Plus précisément, cette recherche s'intéresse aux gestes et à la parole produits par les participants lorsqu'ils expliquent comment ils planifient et résolvent la tâche de la Tour de Hanoï.

Nous proposons de répondre à trois questions de recherche:

Y a-t-il un effet de l'âge sur la planification, étudiée à travers les gestes et la parole, produits lors de l'explication anticipant la réalisation du problème de la Tour de Hanoï?

Existe-t-il un effet du contexte socio-économique sur la planification, étudié à travers les gestes et la parole, produits lors de l'explication anticipant la réalisation du problème de la Tour de Hanoï ?

Y a-t-il un effet du niveau de complexité de la tâche sur la planification, étudiée à travers les gestes et la parole produits lors de l'explication anticipant la réalisation du problème de la Tour de Hanoï ?

Nous proposons donc trois objectifs majeurs :

- Élargir les études précédentes sur le fait que les gestes qui accompagnent la parole, plus précisément les gestes en relation de concordance/non-concordance avec la parole, peuvent servir d'indicateur permettant de mieux comprendre les mécanismes sous-jacents dans la résolution du problème de la Tour de Hanoï, dans un contexte tel que celui de la Colombie.
- Analyser le développement de la planification en comparant trois groupes d'âges différents (des enfants, des adolescents et des jeunes adultes) et en utilisant plusieurs variables, afin d'identifier des différences développementales significatives lors de deux phases : la phase d'explication verbale et gestuelle anticipée et la phase de réalisation du problème de la Tour de Hanoï.

- Vérifier nos hypothèses par rapport au fait que d'autres facteurs, tels que le contexte socio-économique et la complexité de la tâche, ont une influence sur le développement de la planification.

PARTIE II : CONTEXTE EMPIRIQUE

Chapitre 5. Aspects méthodologiques

5.1 Introduction

Dans le but de mieux comprendre le développement de la planification chez l'enfant, l'adolescent et l'adulte, et d'analyser l'effet de l'âge, du milieu socio-économique et de la complexité de la tâche sur ce développement, nous avons réalisé une seule expérience en utilisant une version de la Tour de Hanoï avec quatre disques au maximum.

Cette étude repose sur des analyses systématiques du comportement verbal et non verbal produit par nos participants pendant leurs explications anticipant la réalisation de la Tour de Hanoï, étant donné que nous définissons la planification comme la capacité à anticiper des actions menant à un but. L'objectif est de caractériser finement, la relation concordante et non-concordante entre les gestes et la parole. Ainsi, la présente étude s'inscrit dans une perspective multimodale, intégrant les formes d'expressions verbales et non-verbales intervenant lors de l'explication anticipée du problème de la Tour de Hanoï.

5.2 Participants

Notre étude porte sur 144 sujets, des enfants (n=48), des adolescents (n=48) et des adultes (n= 48) que nous avons regroupé en trois groupes d'âge : 8 à 10 ans, 12-14 ans et 18-20 ans. Les participants à cette étude résident tous en Colombie, dans la région de Barranquilla et de son aire métropolitaine (Soledad et Malambo)²⁴ dans le département de l'Atlantique en Colombie. Les cartes 1 et 2 ci-dessous permettent de situer d'abord la Colombie dans l'Amérique du Sud et ensuite Barranquilla dans le département de l'Atlantique en Colombie.

²⁴Barranquilla est une ville du nord de la Colombie et la capitale du département d'Atlántico. Elle se situe sur la rive occidentale du río Magdalena, le fleuve le plus important de Colombie, à 7,5 km de son embouchure sur la mer des Caraïbes, ou mer des Antilles, partie de l'océan Atlantique. Sa population est de 1 193 667 habitants (2011), ce qui en fait la quatrième ville la plus peuplée de Colombie, après Bogota, Medellín et Cali. L'aire métropolitaine de Barranquilla, dont la ville est le cœur, constituée principalement par les municipalités de Soledad, Galapa, Malambo et Puerto Colombia, compte 1 923 698 habitants (2011) (Rapport PNUD-Programme des Nations Unis pour le développement-Colombie : Barranquilla, Informe sobre el estado de avance de los objetivos de desarrollo del milenio, Estado de avance 2012, p. 10 et 11)

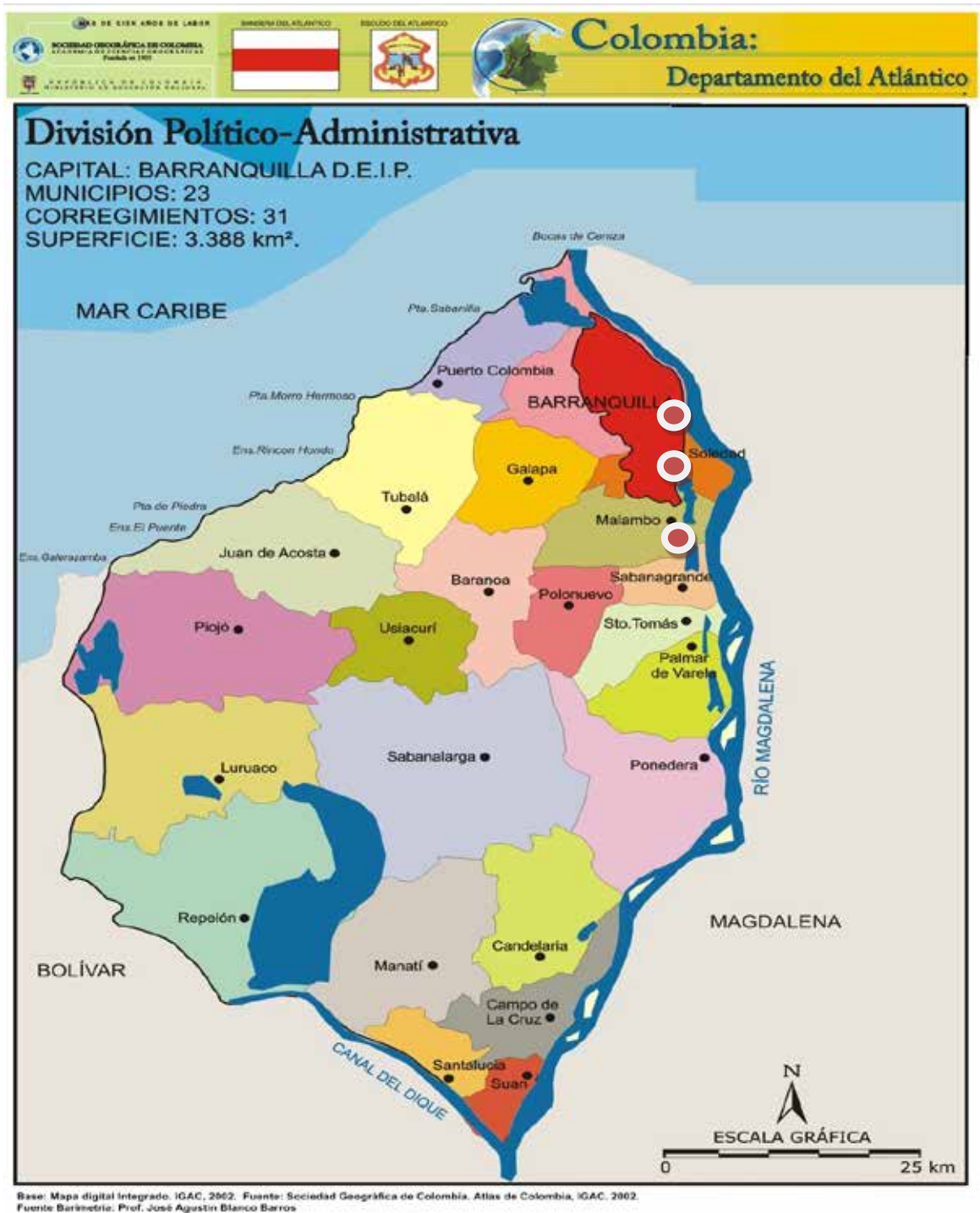
Carte 1. Situation géographique de la Colombie



©http://www.google.fr/imgres?imgurl=http://www.lib.utexas.edu/maps/americas/south_america_pol98.jpg&imgrefurl=http://www.americas-fr.com/geographie/cartes/carte_amerique_latine.html&h=1436&w=1106&tbnid=5a0z2vrN0yt-nM:&zoom=1&tbnh=90&tbnw=69&usq=_nT7CTo617SkS9Ugu5rXLfAMo_CA=&docid=qkSqHRqkxPXFcm&sa=X&ei=qSoYVIKnOc7laOWtgqAG&ved=0CDUQ9QEwBQ&dur=479 (consulté le 16/09/2014)

 Position géographique de la région de Colombie où a été réalisé le recueil de données

Carte 2. Situation géographique de Barranquilla



©

http://www.google.fr/imgres?imgurl=http://www.sogeocol.edu.co/dptos/atlantico_05_division.jpg&imgrefurl=http://www.sogeocol.edu.co/atlantico.htm&h=3428&w=2340&tbnid=MruQhRCawihxjM:&zoom=1&tbnh=90&tbnw=61&usq=_3ZTcjavcQcctcvL5eotqweZDd7M=&docid=db_bMYnjFjBrM&sa=X&ei=yywYV0qfGpPiatGagTA&ved=0CEsQ9QEwBQ&dur=575 (consulté le 16/09/2014)

 Villes où a été réalisé le recueil de données.

Nous avons décidé d'analyser le développement des capacités de planification dans la résolution du problème de la Tour de Hanoï en considérant ces différentes tranches d'âges qui semblent être des périodes clés : entre 8 et 10 ans, car d'après les recherches précitées dans le contexte théorique, la plupart des enfants de cet âge sont déjà capables de résoudre le problème avec deux disques ; entre 12 et 14 ans, il semble que ces capacités ne soient pas encore généralisées, donc, mais encore en développement. Enfin, entre 18 et 20 ans, parce qu'il semble que ces capacités soient déjà acquises d'après les études citées précédemment. Nous nous sommes intéressée aux différences dans le développement de ces capacités. Ainsi donc, les étudier en considérant ces tranches d'âges nous a semblé logique. De plus, il existe très peu d'études comparant les trois étapes du développement : enfance, adolescence et âge adulte. En général, ce sont les enfants qui sont comparés aux adultes, en ignorant une l'étape charnière et importante qu'est l'adolescence.

Nous avons retenu pour les besoins de l'étude différents critères dont le milieu socio-économique d'appartenance. Trois raisons ont motivé ce choix. La première, concerne l'intérêt d'étudier le développement de la planification dans une perspective plus large, en considérant des facteurs autres que l'âge. La seconde, parce qu'à notre connaissance, aucune recherche étudiant le développement de la planification en lien avec la gestualité co-verbale n'a pas été faite en considérant le contexte socio-économique d'appartenance. Enfin, cette étude s'inscrit dans la continuité d'études réalisées en Colombie par le groupe de recherche du Département de psychologie de l'Université del Norte à Barranquilla, Colombie.

Le tableau ci-dessous (Tableau 6) présente les caractéristiques de la population.

Tableau 6. Caractéristiques de la population rencontrée.
(par groupe d'âge, de milieu socio-économique d'appartenance et genre)

AGE	MILIEU SOCIO-ECONOMIQUE											
	FAVORISE						DEFAVORISE					
	F (n=36)*			M (n=36)**			F (n=36)*			M (n=36)**		
	M Ans mois	σ	Min- Max Ans mois	M Ans mois	σ	Min- Max Ans mois	M Ans mois	σ	Min- Max Ans mois	M Ans mois	σ	Min- Max Ans mois
8-10 ans n=48	9;6	0,75	8;2 10; 8	9;7	1	8;2 10;10	9;1	0,75	8;3 10;4	9;4	0,89	8;5 10;9
12-14 ans n=48	13 ; 14	0,80	12 ; 4 14 ; 4	13 ; 2	0,54	12 ; 4 14 ; 3	13 ; 0	0,65	12 ; 0 14;3	13;5	1	12;10 14;9
18-20 ans n=48	19 ; 4	0,70	18 ; 2 20 ; 6	19 ; 5	0,86	18 ; 1 20 ; 9	18 ; 10	0,66	18;5 19;11	19;4	0,95	18 ; 3 20;10

*Féminin

**Masculin

En Colombie, le contexte socio-économique est défini par la « stratification » socio-économique qui est un instrument technique employé en Colombie. Celui-ci permet de classer en « strates » la population de toutes les villes et tous les villages du pays en fonction des conditions socio-économiques, appréciées à travers la qualité du logement et de l'environnement des différents groupes sociaux. Toute la population colombienne est donc classée en 6 « strates ». La population la plus défavorisée correspond à la « strate » 1 et la plus favorisée à la « strate » 6. Souvent on regroupe les 6 « strates » en 3 catégories : basse: pour les « strates » 1 et 2; moyenne : pour les « strates » 3 et 4 et haute : pour les « strates » 5 et 6. Cette « stratification » sert principalement à établir les prix des services publics (plus chers pour les plus favorisés et subventionnés pour les plus défavorisés) et à fixer certains impôts²⁵.

La « stratification » est inspirée des principes de solidarité et de redistribution des revenus. Dans le contexte spécifiquement scolaire, cette stratification socio-économique s'observe dans la classification des écoles et des universités publiques et privées. Dans la plupart des cas, et grâce au niveau des revenus des parents, les étudiants issus de contextes socio-économiques favorisés suivent leurs études dans

²⁵ Voir www.dane.gov.co (DANE: Departamento administrativo nacional de estadística en Colombie)

les écoles et universités privées. Cette information nous a été confirmée par les directeurs des écoles qui avaient en leur possession les registres d'inscriptions des enfants. Concernant les adultes, les informations étaient également contenues dans leurs registres. En revanche, les étudiants issus de contextes socio-économiques défavorisés suivent leurs études dans les écoles et universités publiques. Nous avons donc considéré ces variables, et vérifié la stratification socio-économique d'après les registres des écoles et des universités.

Nous avons également considéré d'autres critères : (1) le fait d'être scolarisé (2) l'absence d'antécédents neurologiques ou psychiatriques, (3) l'absence de troubles d'apprentissage ou comportementaux sévères et de déficit d'attention (4) le fait de n'avoir aucune connaissance de la tâche de la Tour de Hanoi ou d'une tâche similaire. Nous avons constaté les critères 2 et 3 d'après les informations fournies par l'école ; et le critère 4 en questionnant les participants avant de passer l'épreuve.

Le Tableau 6 synthétise les niveaux scolaires des participants en Colombie et leurs équivalents en France, ce qui permet de montrer dans quel niveau sont scolarisés nos participants colombiens.

Tableau 7. Comparatif niveau scolaire Colombie – France.

No.	Niveaux Scolaire Colombien	Tranches d'âges	Niveaux Scolaire Français	Tranches d'âges	Répartition de notre échantillon
1	Pre-escolar	3 – 5 ans	Maternelle (cycle 1)	4-6 ans	n= 0
2	Educación Básica Primaria	6 - 10 ans	Ecole primaire (cycle 2 et 3)	7-11 ans	n= 48 (8-10 ans)
3	Educación Básica Secundaria	11 – 14 ans	Secondaire Collège	12-15 ans	n= 48 (12-14 ans)
4	Educación Media Académica	15 – 16 ans	Secondaire Lycée	16-18 ans	n= 0
5	Educación Superior Universitaria	17 – 23 ans	Enseignement Supérieur	18-ans et +	n= 48 (18-20 ans)

Les enfants de 8-10 ans sont scolarisés dans le niveau 2 « educación básica primaria » (correspondant à l'école primaire en France); les adolescents de 12 -14 ans sont scolarisés dans le niveau trois « educación básica secundaria » (secondaire-collège en France) et les jeunes adultes de 18 à 20 ans sont scolarisés dans le niveau

cinq « educación superior universitaria » (enseignement supérieur en France). En Colombie environ 75%²⁶ des étudiants inscrits en 1^{ère} année d'université ont entre 16 et 17 ans. Ils rentrent à l'université après avoir fini leurs études secondaires et avoir passé l'épreuve « Saber 11 ». Cette épreuve correspond à un examen d'État obligatoire, dont la réussite conditionne l'admission à l'Université. Les jeunes adultes rencontrés à l'Université étaient étudiants de 2^{ème}, 3^{ème} et 4^{ème} année universitaire.

5.3 Matériel

Notre matériel est la tâche de la Tour de Hanoï. Elle est composée d'une base en bois plate, mesurant 20 x 10 cm, et de trois tiges verticales en bois mesurant 8 cm (désignées sous le nom de tiges A, B, et C). Des disques en bois de différents couleurs (jaune, rouge, vert et bleu) sont aussi utilisés dans ce jeu. Le plus petit disque utilisé mesure 3 cm de diamètre. Les autres disques sont de plus en plus grands. Ces disques sont nommés suivant leurs tailles: disque 1, 2, 3 et 4. Le disque 1 est le plus petit et le disque 3 le plus grand dans la version de la tâche avec 3 disques; et le disque 1 le plus petit et le 4 le plus grand dans la version avec 4 disques. La photographie 1 correspond à l'exemplaire de la tour de Hanoï que nous utilisons dans notre étude.



Photographie 1. La Tour de Hanoï utilisée dans notre étude

²⁶Voir <http://www.mineducacion.gov.co/1621/w3-channel.html> : Ministère de l'éducation Nationale en Colombie (MEN)

5.4 Procédure

5.4.1 Recrutement des Participants

Pour mener à bien notre recherche, nous avons été amenée à contacter plusieurs écoles. Six d'entre elles (deux écoles publiques et quatre écoles privées) ont accepté de participer à la recherche. Nous avons d'abord rencontré les directeurs des écoles afin de leur expliquer les objectifs de la recherche et la démarche à suivre avec les enfants à l'école (*cf.* Annexe VI). Nous avons ensuite rencontré les « coordinateurs »²⁷ des sections primaire et secondaire afin de mettre en place l'organisation des entretiens avec les enfants (salle de passation, horaires de passation, permission pour aller chercher les enfants dans les salles de cours, etc.).

Les passations avec les enfants ont été mises en place uniquement après avoir obtenu l'autorisation des parents. Pour ce faire, deux lettres leur ont été envoyées : une lettre de la part de la direction de l'école et une autre de la part de la chercheuse (*cf.* Annexe VII). Ces lettres avaient pour but d'expliquer aux parents toute la démarche des passations avec leurs enfants, et d'obtenir leur consentement de participation et d'enregistrement (*cf.* Annexe VIII). À la demande des directeurs des écoles, nous avons parfois été amenée à organiser des réunions avec certains parents pour leur fournir des précisions quant au déroulement de l'expérience. Une fois les lettres signées par les parents, nous avons commencé les passations avec les enfants. Les directeurs académiques ont fait un premier tri pour choisir les enfants, en respectant les critères d'inclusion que nous leur avons indiqués au préalable. Un deuxième tri était fait par l'expérimentateur en demandant aux enfants s'ils connaissaient le jeu de la Tour de Hanoï. Seuls les enfants qui ne connaissaient pas ce jeu ou un jeu similaire ont été inclus.

Pour le recrutement des jeunes adultes, nous leur avons envoyé des messages électroniques *via* leur adresse électronique institutionnelle (*cf.* Annexes IX et X), après avoir obtenu une liste des étudiants inscrits à l'université. Nous leur avons expliqué notre étude et nous les avons invités à participer. Les jeunes adultes correspondant à nos critères et ayant répondu favorablement à notre message, ont

²⁷ En Colombie, les coordinateurs sont les responsables de coordonner chaque section : primaire et secondaire.

ensuite été personnellement contactés et informés. Ils ont aussi signé un formulaire de consentement (*cf.* Annexe VIII), conformément au code de déontologie des psychologues²⁸, puis, ils ont été enregistrés. D'autres étudiants ont été contactés directement dans les salles de cours à l'université. Ceux qui ont accepté de participer volontairement, ont été filmés. Ces étudiants ne présentaient pas de difficultés particulières quant à leur niveau par rapport à la moyenne académique (ceci a été vérifié à travers la moyenne des notes fournies dans la liste donnée par l'université).

Finalement, après avoir réalisé le recueil des données dans les écoles et les universités, des lettres de remerciements ont été envoyées aux parents, aux directeurs d'école et aux responsables universitaires. Des petits cadeaux et des cartes de remerciements ont été offerts aux participants rencontrés (*cf.* Annexe XII). Ces gestes de remerciements ont été faits volontairement par l'auteure de cette recherche par gratitude pour la confiance et le temps que lui ont été accordés. Aucune institution, ni parents, ni participants adultes n'ont reçu de gratification financière pour leur participation. Conformément au code de déontologie de la psychologie en Colombie (décembre, 2012), l'étude a été faite sur la base du volontariat.

5.4.2 Procédure de passation

Tous les participants ont été évalués individuellement pendant une séance d'environ 20 minutes dans une salle inoccupée mise à disposition par l'école (salle de réunion, salle de cours, bibliothèque, salle de conférences, atelier musique, ou bureau de la coordination scolaire) dans le cas des enfants. Dans le cas des adultes, les passations se sont déroulées dans une salle du laboratoire de psychologie. Les séances avec les adultes ont été entièrement filmées avec leur accord ; concernant les enfants et les adolescents nous avons demandé l'accord des parents (Code de déontologie colombien, 2012). Un modèle du format de l'ordre de passation est présenté dans l'Annexe XI.

²⁸ Voir : Doctrina proyectada por Hernández, G., Secretario del Tribunal Nacional Deontológico y Bioético de Psicología, y acogida por el Tribunal Nacional mediante Acta No 07 del once (11) de diciembre de dos mil doce (2012).

Les sessions ont été identiques tant pour les enfants que pour les adultes : tous les participants ont été invités à résoudre la version de la tâche avec deux, trois et quatre disques. Dans la salle où se sont déroulées les sessions, une caméra vidéo sur pied était placée en face des participants. Avant de commencer la séance, l'expérimentateur se présentait en disant :

Présentation (aux enfants) : «Je m'appelle (prénom de l'expérimentatrice) et comme toi, je fais des études mais moi, c'est à l'Université. Je dois faire un devoir et je demande ton aide. Pour cela nous allons jouer à ce jeu. Je vais tout t'expliquer mais si tu as des questions à me poser, tu peux toujours m'interrompre et me demander ce que tu veux. Cette caméra va tout filmer car après, je dois voir ce que nous avons fait. À la fin, je te montrerai notre vidéo. Nous allons jouer au maximum pendant une demi-heure ».

Présentation (aux adolescents et aux adultes) : «Je m'appelle (prénom de l'expérimentatrice). Je suis ici car dans le cadre de mes études doctorales en France je fais une recherche pour savoir comment les gens résolvent ce jeu. Cette session durera environ 30 minutes et sera filmée dans son intégralité. Je vais tout t'expliquer mais si tu as des questions à me poser, tu peux toujours m'interrompre et me demander ce que tu veux. À la fin, je te montrerai la vidéo ».

Dans le cas des séances avec les enfants, l'expérimentatrice leur a demandé s'ils savaient pourquoi ils étaient là. Après, elle leur a expliqué que leurs parents avaient donné l'autorisation pour qu'ils soient enregistrés (la majorité le savait). L'expérimentatrice a considéré qu'il était ainsi important de préciser aux enfants qu'il s'agissait d'un jeu et non d'une tâche scolaire pour laquelle ils seraient notés.

Dans le cas des séances avec des adultes à l'université, des explications concernant la recherche à laquelle ils participaient et les raisons des enregistrements ont été fournies. Ils ont signé aussi un formulaire de consentement pour l'enregistrement. Lors des séances, l'expérimentatrice s'est efforcée de créer une ambiance détendue avant de commencer la session. Les Figures 5, 6, et 7, présentent les contextes dans lesquels se sont déroulées les sessions.



Figure 5. Enfant de 8 ans



Figure 6. Adolescente de 13 ans



Figure 7. Adulte de 19 ans

Après cette introduction, la caméra était allumée et l'expérimentatrice enregistrerait l'information suivante: « *Aujourd'hui, nous sommes avec (prénom, nom, âge, école/université et date de la séance) et nous allons commencer le jeu* ». Tout de suite après, les consignes et le but du jeu étaient expliqués.

5.4.3 But de la tâche

La tâche consiste à déplacer les disques d'une tour de départ (tour A) à une tour d'arrivée (tour C) en passant par une tour intermédiaire (tour B), tout en respectant les règles suivantes : (1) ne déplacer qu'un disque à la fois; (2) ne pas avoir de disques dans la main ou les poser sur la table (les disques devant être toujours sur n'importe quelle tige) et (3) ne jamais placer un disque plus grand sur un disque plus petit (Piaget, 1974 ; Welsh, Satterlee-Cartmell & Stine, 1999). Le nombre minimum de déplacements requis pour résoudre n'importe quelle version de la tâche de la Tour de Hanoï de façon optimale est $2^n - 1$; n = nombre de disques (7 déplacements pour la tâche à trois disques et 15 pour la tâche à 4 disques).

La consigne pour les participants était la suivante :

« Il s'agit d'un jeu. L'objectif du jeu est de déplacer ces disques que tu vois ici de cette première tige à cette dernière tige. À la fin, dans cette dernière tige, les disques doivent toujours être arrangés dans le même ordre que dans la première tige, d'accord ? Pour déplacer les disques, tu peux utiliser les trois tiges, mais toujours en respectant trois règles (aux enfants plus petits nous leur demandions s'ils savaient ce qu'était une règle et nous leur demandions de nous donner des exemples) : la première, on doit déplacer seulement un disque à la fois, c'est-à-dire, on ne peut pas déplacer deux disques en même temps, la deuxième, on ne peut pas avoir de disques dans la main ou les poser sur la table, c'est-à-dire, les disques doivent être toujours placés sur n'importe quelle tige, et la dernière règle, très importante, est qu'un disque plus grand ne peut jamais être placé sur un disque plus petit ».

Lors de cette explication, avec la tour à deux disques, l'expérimentatrice accompagnait son explication avec des gestes et en déplaçant les disques.

5.4.3.1 Phases de déroulement de la tâche

Nous avons divisé la tâche en deux phases : phase d'explication anticipant la réalisation et phase de réalisation de la tâche. Dans la première phase, les participants sont invités à expliquer leur résolution du problème sans déplacer les

disques. La seconde phase correspond à la phase de réalisation/exécution dans laquelle ils sont autorisés à déplacer les disques. C'est toujours l'expérimentateur qui autorise le déplacement des disques une fois que le participant a expliqué la tâche.

Phase d'explication verbale et gestuelle anticipée (phase 1)

Dans cette phase, l'expérimentatrice intervient en disant :

« Maintenant, avant que tu construises cette tour de deux disques dans cette dernière tige, toujours avec les règles que je viens de te donner, je voudrais que tu réfléchisses puis que tu m'expliques comment tu penses que tu pourrais faire cette tâche. Mais explique-moi d'abord sans déplacer les disques. Une fois que tu auras terminé de m'expliquer, tu pourras les déplacer »

Pour nous expliquer chaque problème (avec deux, trois, puis, quatre disques), les participants n'ont pas eu de nombres de tentatives imposés par avance. Nous avons choisi un type de paradigme « contrôlé » par l'apprenant, c'est-à-dire qu'aucune contrainte de temps ou d'essais n'était imposée (Clémet, 2007). Par contre, après 3 tentatives infructueuses d'explication de la tâche, nous avons pris en compte les difficultés du participant et nous l'avons invité à résoudre le jeu.

Phase de réalisation

Après avoir expliqué chaque problème, le participant était autorisé à résoudre le jeu en déplaçant les disques. L'instruction était : *« maintenant, tu peux résoudre le jeu »*.

Compte-tenu des objectifs de notre recherche, dont celui d'évaluer la complexité du problème, notre protocole envisage la présentation du jeu de façon ascendante. Autrement dit, par niveau de complexité. Donc, tous les participants ont été invités à expliquer et à réaliser, dans l'ordre, le problème avec deux, trois et quatre disques. Le degré maximum de complexité a été mesuré avec le problème avec quatre disques pour tous les participants.

Problème avec deux disques : tâche d'entraînement

Après avoir donné son explication, l'expérimentatrice demandait aux participants de répéter les consignes et les règles. Ainsi donc et dans ce contexte, tout au début, la tour est présentée aux participants avec deux disques placés dans la tige A, comme le montrent les Figures 8 et 9. La tâche avec deux disques a été considérée comme une tâche d'entraînement. On a pris en compte le fait qu'à partir de 8 ans, les enfants sont capables de résoudre la tâche avec deux disques. Nous avons pris le temps nécessaire pour bien expliquer le jeu aux participants et répondre à toutes leurs questions. Dans cette phase, l'expérimentateur explique aux participants qu'ils ont le temps pour réfléchir et donner leur explication.

Quand les participants ont passé 5 min sans donner une explication, l'expérimentatrice est intervenue en leur demandant s'ils avaient déjà une idée pour expliquer la tâche. Une fois qu'ils ont expliqué la tâche, ils ont été invités à déplacer les disques. De cette façon, l'expérimentatrice est passée à la deuxième phase, la phase de réalisation. Pour s'assurer que cette tâche d'entraînement a été bien comprise, dans certains cas, l'expérimentatrice a demandé aux participants de lui réexpliquer la tâche suite à la phase de réalisation.

Seuls les participants qui ont réussi à expliquer et à réaliser la tâche avec deux disques ont été invités à expliquer et à réaliser la tâche avec trois disques et ainsi de suite. Les Figures 8 et 9 illustrent les deux phases.



Figure 8. Phase d'explication anticipée



Figure 9.Phase de réalisation

Problème avec 3 et avec 4 disques

Suite à la phase de réalisation de la tâche avec deux disques, l'expérimentatrice remet les disques sur la première tige et rajoute à cette même tige un troisième disque. Elle explique aux participants que le jeu continue dans la même procédure qu'avec la tâche à deux disques (explication anticipée et réalisation) mais que cette fois, elle va rajouter un troisième disque. Elle explique exactement :

«Je vais rajouter un troisième disque, tu vois ? Maintenant la tour a trois disques. Je veux que tu fasses la même chose. Alors, comme avec deux disques, je veux d'abord que tu m'expliques, sans déplacer les disques, comment tu penses que tu pourrais faire pour construire cette même tour dans la troisième tige. Après, tu pourras déplacer les disques et résoudre le jeu. Tu dois toujours respecter les règles. Tu peux prendre ton temps, une fois que tu es prêt(e), tu m'expliques».

L'expérimentatrice rappelle donc aux participants le but et les règles du jeu. Cette fois, elle ne déplace pas les disques pour leur expliquer. Une fois qu'ils ont fini leurs explications, ils sont autorisés à réaliser la tâche. Enfin, l'expérimentatrice leur explique qu'elle rajoutera le dernier disque, le quatrième, et répète la procédure. Les Figures 10, 11, 12 et 13 illustrent la *phase 1* du problème avec 3 et 4 disques et les Figures 14 et 15, illustrent la *phase 2* du problème avec 3 et 4 disques.

Phase 1 : phase d'explication, tâches à 3 et à 4 disques



Figure 10. Début problème avec 3 disques



Figure 11. Explication anticipée 3 disques



Figure 12. Début problème avec 4 disques



Figure 13. Explication anticipée 4 disques

Phase 2 : phase de réalisation, tâches à 3 et à 4 disques

Figure 14. Phase de réalisation 3 disques



Figure 15. Phase de réalisation 4 disques

L'expérimentatrice n'explique pas aux participants dès le départ que la tâche s'achèvera avec l'ajout du quatrième disque. Il s'agit en quelque sorte de confronter la capacité des participants à la « nouveauté » et à la difficulté. En outre, ce qui nous intéresse est de ne pas rendre la tâche automatique, mais que les participants fassent appel à leurs capacités de planification par rapport à la complexité de la tâche.

Au cours de la séance, l'expérimentatrice intervenait seulement pour rappeler les règles du jeu aux participants en cas de transgression, pour répondre aux questions des participants, en veillant à ne pas donner de pistes de résolution aux participants. Elle intervenait également pour encourager les participants à poursuivre malgré les difficultés.

Dans tous les cas, la séance se terminait par une petite conversation avec les participants, autour de deux questions : a) qu'avaient-ils pensé de l'épreuve ? et b) quelles stratégies avaient-ils mises en œuvre pour réussir l'ensemble de la tâche. La Figure 16 montrent la fin de la séance.



Figure 16..Conversation fin de la séance

5.4.3.2 Critères de finalisation et réussite de la tâche

Nous avons considéré que la phase 1 était complète seulement lorsque les participants avaient finalisé leur explication en décrivant explicitement l'accomplissement complet de la tâche, c'est-à-dire, la reconstruction de la tour (avec deux, trois et quatre disques) dans le même ordre sur la tige C. Ensuite, nous avons considéré comme complète la phase 2 de la tâche dans le seul cas où les participants avaient atteint le but en replaçant les disques dans l'ordre requis sur la tige C.

Notre critère pour définir la réussite ou l'échec à la tâche repose sur les faits suivants :

- les participants sont arrivés au but (dans leurs explications et leur réalisation) ou non
- les participants sont arrivés au but en un minimum de déplacements (la réussite optimale de la tâche), ou non.

Nous n'avons pas soumis les participants à une tâche de complexité plus élevée quand, au bout d'un moment, nous observions qu'ils ne parvenaient pas à réaliser la tâche, ou qu'ils s'éloignaient complètement du but final. Nous avons respecté aussi le fait qu'à un moment donné, le participant pouvait décider de ne pas continuer de jouer. Parfois, après avoir attendu un certain temps en situation de difficulté, nous avons demandé aux participants s'ils souhaitaient arrêter de jouer.

5.5 Traitement et analyse des données

5.5.1 Présentation générale du codage des données

Le codage, le traitement et l'analyse de nos données a porté sur 144 séquences d'entretiens filmés correspondant à 144 participants, d'une durée moyenne de 20 minutes par participant. Nous nous sommes focalisée sur les explications (verbales et gestuelles) relevant de la planification anticipée produites par les participants, ainsi que sur la réalisation de la tâche de la Tour de Hanoi, avec deux, trois et quatre disques. La tâche à deux disques a été la tâche d'entraînement, c'est pourquoi nous ne l'avons pas prise en compte pour les analyses. Cependant, nous avons considéré nécessaire de la transcrire et de la coder afin de pouvoir nous y référer si besoin.

Nous avons divisé la transcription et le codage de chaque tâche en distinguant deux phases, selon la procédure utilisée pour la mise en œuvre de l'expérience auprès des participants, c'est-à-dire :

- 1) la phase d'explication anticipée;
- 2) la phase de réalisation.

Compte tenu du fait que dans la première phase, il s'agit de verbalisations et de gestes, dans un premier temps, nous avons entièrement transcrit les verbalisations et classé les types de gestes produits par les participants selon Garbert et Goldin-Meadow (1997) (*cf.* Annexe I), et ensuite, nous avons codé ces verbalisations en distinguant les déplacements verbaux et gestuels²⁹.

En revanche, dans la deuxième phase, comme il s'agit d'actions concrètes (c'est-à-dire, de déplacements des disques), nous avons codé uniquement les actions de type déplacement, les unes après les autres. La transcription a été réalisée avec un logiciel de traitement de texte, et le codage avec un tableur³⁰. La moitié des transcriptions (verbalisations et types de gestes), soit 72 enregistrements-vidéos, a été vérifiée par un deuxième transcripteur colombien.

²⁹ Voir exemples dans les annexes sauvegardés dans le CD-Rom ci-joint.

³⁰ Voir tableaux dans les annexes sauvegardés dans le CD-Rom ci-joint.

Pour faire les analyses, nous avons appliqué un test non-paramétrique (Chi2) pour procéder aux comparaisons des différences d'effectifs et déterminer le lien entre les variables. D'autres analyses paramétriques (ANOVA) ont été également effectuées. Elles ont été réalisées avec l'aide du logiciel SPSS 19.

Un double codage a également été effectué sur 12,5% des données (soit 18 participants : 6 enfants, 6 adolescents et 6 adultes). Cela nous a permis de déterminer un coefficient de corrélation inter-juges : le Kappa de Cohen. Le double codage a été faite sur les variables suivantes : nombre de déplacements verbals (NDV) et nombre de déplacements gestuels (NDG), nombre de non-concordances gestes-paroles « mismatches » (MM) et nombre de déplacements réalisés (NDR) lors de la résolution des tâches à 3 et à 4 disques. Nous présentons dans les Tableaux 8 et 9 ci-après le résumé des données correspondant à l'accord/désaccord entre les juges ainsi comme l'indice Kappa et sa signification pour chaque variable.

**Tableau 8. Résultats du double codage.
Tâche à 3 disques**

Groupe	NDV	NDG	κ	NMM	κ	NDR	κ
	X/Min/Max	X/Min/Max		X/Min/Max		X/Min/Max	
Enfants <i>X</i> = 9	5 /0/8	5 /0/8	1 <i>p</i> <.000	0/0/2	1 <i>p</i> <.000	5/1/11	1 <i>p</i> <.000
Adolescents <i>X</i> = 13	6/4/7	6/4/7	1 <i>p</i> <.000	1/0/2	1 <i>p</i> <.000	8/7/13	1 <i>p</i> <.000
Adultes <i>X</i> = 19	6/3/7	6/3/7	1 <i>p</i> <.000	2/0/3	1 <i>p</i> <.000	14/7/25	1 <i>p</i> <.000

**Tableau 9. . Résultats du double codage.
Tâche à 4 disques**

Groupe	NDV	NDG	κ	NMM	κ	NDR	κ
	X/Min/Max	X/Min/Max		X/Min/Max		X/Min/Max	
Enfants <i>X</i> = 9	15 /12- 10 ³¹ /15	15 /12- 10 ³² /15	.571 <i>p</i> <.028	3 /1/5-4	.571 <i>p</i> <.028	28/15/44	1 <i>p</i> <.000
Adolescents <i>X</i> = 13	13/5/27	13/5/27	.771 <i>p</i> <.002	2/1/4	.771 <i>p</i> <.002	32/23/40	1 <i>p</i> <.000
Adultes <i>X</i> = 19	11/4/28	11/4/28	1 <i>p</i> <.000	1/0/4	1 <i>p</i> <.000	37/17/61	1 <i>p</i> <.000

³¹ Nombre de déplacements verbaux pour chaque juge (indication de désaccord)

5.5.2 Instructions pour le codage relatif aux informations temporelles des vidéos.

Le transcripteur commençait à transcrire suite à la finalisation de la consigne dans la vidéo, ce qui correspond au moment où le participant commence à expliquer la tâche à l'expérimentatrice. Il s'agit de transcrire la phase 1.

Les moments où le participant réfléchissait « en solitaire ou parlait à voix basse » n'ont pas été considérés comme des tentatives d'explications. Parfois, le début de l'explication était marqué de la part du participant par : « *oui, je sais déjà* », ou « *d'accord, je peux t'expliquer* ».

La durée entre la finalisation de la consigne et le début de l'explication du participant était variable, en fonction du niveau de complexité de la tâche (2, 3 ou 4 disques) et de chaque participant.

Pour coder la phase 2, le transcripteur transcrivait dès que le participant commençait à déplacer les disques, une fois que l'expérimentatrice lui en avait donné l'autorisation.

Lors de la phase 1, plusieurs tentatives d'explication (verbale et gestuelle) ont été produites par les participants avant leur explication finale. Nous avons choisi de coder uniquement la dernière tentative d'explication des tâches. Nous avons enregistré cependant le nombre de tentatives produites par les participants avant la tentative définitive (la tentative définitive n'a pas été forcément celle qui a abouti à la résolution de la tâche). Parfois, l'expérimentatrice a autorisé le participant à passer à la phase 2 lorsque la phase 1 s'est soldée par plusieurs essais infructueux.

5.5.2.1 Codage des données brutes

Pour faire le codage des (1) déplacements verbaux et gestuels, (2) types des gestes, (3) concordances/non-concordances gestes-parole, nous nous sommes appuyés sur le système de codage proposé par Garber (1997) et Garber et Goldin-Meadow (2002).

(1) Codage de déplacements dans les deux phases

Tout d'abord, il faut dire que dans la phase d'explication anticipée (phase1), notre codage vise à :

1) déterminer le nombre de déplacements que les participants ont réalisé verbalement et gestuellement pour accomplir la tâche (avec trois et avec quatre disques). Cela a permis ensuite d'identifier le type de stratégie (optimale et non-optimale) lors de l'explication de la tâche. Pour cela, nous nous sommes appuyées sur les diagrammes des espaces de la tâche de la Tour de Hanoï (Newell & Simon, 1972) avec trois et quatre disques présentés dans le Chapitre 1 du contexte théorique. En effet, ils nous ont permis de connaître le cheminement que chaque participant a fait à l'intérieur de cet espace, et s'il a été optimal ou non.

2) identifier le type de relation gestes-parole (concordante/non-concordante)

3) déterminer s'il existe un lien entre concordances/non-concordances gestes-parole et développement de la planification, tout en considérant les effets de l'âge, du milieu socio-économique et de la complexité de la tâche.

Pour la phase de réalisation, notre codage vise à compter les déplacements pour déterminer également le type de stratégie (optimale et non-optimale) lors de la réalisation de la tâche. Ensuite, il s'agit de comparer ces deux phases (d'explication et de réalisation). Nous avons aussi utilisé les diagrammes des espaces de la tâche de la Tour de Hanoï avec trois et avec quatre disques.

Les explications que les participants fournissent dans la phase 1 et leurs actions dans la phase 2 permettent d'appréhender les mécanismes de résolution de la Tour de Hanoï. La Tour de Hanoï ne peut se résoudre qu'en réalisant un certain nombre de déplacements ou de mouvements de disques. Dans le premier cas, ces déplacements se font de manière « abstraite » car les participants ne déplacent pas les disques, et nous les analysons donc à travers leurs verbalisations et gestes accompagnant les verbalisations. Dans le deuxième cas, ces déplacements se font de manière « concrète » et nous les analysons à travers les déplacements des disques réalisés par les participants.

Il existe pour chaque quantité de disques un nombre de déplacements pour parvenir au but final. La tâche est résolue si le participant parvient à déplacer la pile de disques de la tige de départ (tige A) vers la tige-but ou tige-cible finale (tige C), dans le même ordre d'empilement de disques. Cependant la résolution est dite « réussie » lorsque le participant est capable de résoudre le problème dans un nombre minimum de déplacements (7 pour la tâche à trois disques, 15 pour la tâche à 4 disques). Lors de la résolution des étapes successives pour réussir cette tâche, le participant est confronté à un nombre de choix de déplacements permis (sans transgresser les règles) : 27 configurations de choix permis dans la tâche avec trois disques et 81 pour la tâche à quatre disques. Nous avons présenté ces diagrammes dans le Chapitre 1 du contexte théorique (cf. p. 29, 30).

Résumé

Pour le codage des comportements actualisant la résolution de la tâche lors de la phase de planification, nous enregistrons, transcrivons et codons chaque déplacement (mouvement), associé à la parole d'une part, et aux gestes d'autre part (par exemple, si dans son explication le participant dit « *je déplace le disque vert de la tige A à la tige C* », et en même temps, l'indique avec des gestes (avec son index par exemple) nous codons dans la colonne de déplacements verbaux et dans la colonne de déplacement gestuel VAC (disque vert de la tige A à la tige C).

Lors de la phase de réalisation nous enregistrons, transcrivons et codons chaque déplacement de disque (par exemple, nous codons VAC, si le participant a déplacé le disque vert de la tige A à la tige C). De plus, nous précisons, pour un mouvement donné, la tige de départ et la tige cible (soit pendant l'explication verbale ou gestuelle anticipée, soit pendant la réalisation du problème en jouant). A l'instar de Garber et Goldin-Meadow (1997, 2002), nous désignons ces déplacements comme étant des « trajectoires » (le disque « voyage » dans l'explication ou dans la réalisation, d'une tige de départ à une tige cible).

Ainsi donc, dans le tableur Excel, nous avons effectué de cette façon les deux codages correspondant aux 2 tâches :

1-nous avons codé les déplacements que les participants réalisent en expliquant verbalement et gestuellement leur résolution (de manière « abstraite », sans déplacer les disques) ;

2-nous avons codé les déplacements que les participants réalisent en déplaçant les disques (de manière « concrète »).

5.5.2.2 Définition et classification de gestes

Il est important de noter que dans le cadre de ces analyses, un geste se définit selon la proposition de Garber (1997), comme « *n'importe quel mouvement, d'une ou des deux mains orientés vers la Tour de Hanoï* ». D'autres actions des mains, telles que toucher ou prendre un disque, se gratter la tête, se toucher le visage, tambouriner sur la table avec les doigts, etc., ne sont pas considérées comme faisant partie des gestes associés à la trajectoire du disque, et donc, ne sont pas codés (sur ce point, voir aussi Ekman & Friesen, 1969). Nous nous intéressons donc, aux gestes définis comme étant des *gestes coverbaux*, c'est-à-dire, « *les gestes qui accompagnent la parole désignant, illustrant, symbolisant ou évoquant les référents (concrets ou abstraits) du discours* » (d'après la classification de Colletta, 2004). Ici, le référent est la Tour de Hanoï. Ce faisant, en nous appuyant sur la notion de « geste » telle que définie par Garbert (1997) et présentée dans l'Annexe I, nous avons identifié le type de gestes produits par les participants de notre recherche lors de l'explication de la tâche à 3 et 4 disques. Nous avons inclus deux catégories : Pas de gestes (PG) et d'autres types de gestes produits (AG) ; et nous avons regroupé les gestes proposées par Garbert (1997) en 4 groupes (indiquées par les crochets) dans le Tableau 10 ci-après :

Tableau 10. Classification de types de gestes observés.
(basée sur la classification de Garber, 1997).

Effectifs (sur 144 participants) et pourcentages de participants produisant ce type de gestes

Tâche à 3 et à 4 disques

<u>Gestes de pointage</u>	<u>Référent du geste</u>	<u>Nombre et pourcentage</u>	
		3 Disques	4 Disques
Pas de gestes		5 (4 %)	5 (4 %)
Indique un disque avec l'index Indique une tige avec l'index	Disque } Tige }	107 (74 %)	106 (74 %)
Main plate, paumes vers le bas, sur un disque Main plate, paumes vers le bas, à côté d'un disque	Disque } Disque }	0 (0%)	0 (0 %)
Main en forme de « V », sur un disque Main en forme de « V », à côté d'un disque Main en forme de « V », autour d'une tige	Disque } Disque } Tige }	8 (6%)	7 (5 %)
<u>Gestes représentatifs</u>	<u>Référent du geste</u>	<u>Nombre et pourcentage</u>	
		3 Disques	4 Disques
Main en forme de « C », placée à côté d'un disque Main en forme de « C », placée au-dessus d'un disque Main en forme de « C », placée autour d'une tige Main en forme de « C » vertical parallèle à une tige	Forme du disque } Forme du disque } Forme du disque } Forme du disque/sur tige }	39 (27 %)	33 (23 %)
Autres type des gestes*		10 (7 %)	11 (8 %)

*Signale un disque avec différents doigts (majeur, auriculaire, petit doigt, l'index et l'annulaire, doigt en forme de pince, main en forme de « C » éloignée des disques)

5.5.2.3 Codage de concordances et non-concordances gestes-paroles

Après avoir enregistré, transcrit et codé les déplacements verbaux et gestuels de la phase 1, nous codons en plus les concordances et non-concordances entre ces deux types de déplacements. Les concordances/non-concordances gestes-paroles peuvent être produites lors des explications de participants prenant en compte certains attributs de la Tour de Hanoi, comme par exemple la couleur des disques (jaune, rouge, vert et bleu), l'emplacement du disque (première, deuxième ou troisième tige), la taille du disque (petit, moyen, grand, plus grand).

Par exemple, dans la planification de la tâche avec trois disques un enfant (Figure 17) explique son premier déplacement du disque vert de la tige A à la tige C en disant: « *je prendrai celui-ci [le disque vert dans la tige A] et le mettrai ici [la tige C]* ».

En même temps, l'enfant accompagne son explication en l'illustrant avec des gestes de pointage dans la tige A avec sa main gauche, et dans la tige C avec sa main droite.



Figure 17. Explication concordante gestes-parole.

Dans ce cas, autant sa verbalisation du déplacement 1 que son geste font référence au même disque et à la même tige. Cela est un cas typique de concordance entre l'explication du déplacement indiqué verbalement et l'explication du déplacement non-verbal, autrement dit, gestuel.

Résumé

Nous avons codé comme concordances les cas où (a) la parole constitue la seule source d'information sur un disque ou un emplacement, (b) si le geste et la parole font référence au même disque (ou à la même tige) à la fois dans l'emplacement source et dans l'emplacement final. Il est important de remarquer que les réponses dans les explications gestuelles et verbales peuvent contenir des attributs différents, mais pour être codées comme une concordance geste-parole, elles doivent faire référence au même emplacement ou à un même disque. Par exemple, si pour décrire un déplacement, le discours transmet des informations sur la couleur (le « disque vert » par exemple), tandis que le geste transmet des informations sur la forme du disque (une forme de «C» faite avec la main) à côté du disque A (disque vert), on évalue si le geste et le discours ont fait référence à deux disques différents ou non. Dans ce cas, la description faite dans le discours et dans le geste font référence au même disque, le disque vert.

En revanche, dans les cas suivants, les réponses ont été codées différemment, elles ont été codées comme non-concordances gestes-parole (Garber & Goldin-Meadow, 1997 ; 2002) :

- (1) Le geste a transmis une trajectoire différente qui n'est pas identifiée dans la parole. Par exemple, dans la tâche à trois disques, ce participant (Figure 18) explique le premier déplacement du disque vert de la première tige à la troisième tige en disant: «*J'ai déplacé le disque vert à une des tiges, après, il dit, la tige C*», tout en désignant la tige B, la tige du milieu.



Figure 18. Explication non-concordante geste-paroles (cas 1).

- (2) Le geste indique une trajectoire identifiée dans le discours, mais également une trajectoire supplémentaire. Par exemple, dans la tâche à trois disques cet adolescent (Figures 23 et 24) explique sa résolution depuis le début dans cette séquence de déplacements:

- 1-Déplacement 1 (D1) : « *le disque vert je le mets là* » [tige A à la tige C], après, il continue :
- 2-(D2) : « *le rouge je le mets là* » [tige A à la tige B]
- 3-(D3) : « *le vert [dans la tige C] je le mets là [dans la tige B, au-dessus du rouge]* »
- 4-(D4) : « *le jaune [dans la tige A] je le déplace ici [tige C]* »

Jusqu'ici, les déplacements autant dans la verbalisation que dans les gestes sont concordants, mais, dans le déplacement 5 (D5), il fait un déplacement (Figure 19) jamais verbalisé (supplémentaire) et tout de suite après, en même temps, il fait un

autre déplacement avec sa main droite (Figure 20). En effet, dans ce dernier déplacement, il essaie d'expliquer qu'il déplace le disque vert [qui est toujours dans la tige B], vers la tige A, comme finalement il l'indique dans la Figure 20. Ce dernier déplacement lui permettra d'accomplir la tâche dans le nombre minimum de déplacements (stratégie optimale)



Figure 19. Explication non-concordante geste-paroles (cas 2).



Figure 20. Explication non-concordante geste-paroles (cas 2).

Le geste décrit une trajectoire tandis que la parole fournit la description générale d'une trajectoire qui est difficile à identifier. Par exemple, ce participant adulte déclare: «*le disque qui est au-dessus je le déplace à la première [tige A] (Figure 21) et ainsi, après j'arrange les autres, c'est-à-dire...comme ça* » (Figure 22) en pointant d'abord à la tige A et après, il fait des mouvements avec sa main droite qui n'indiquent pas une tige précise. Il finit son explication en disant «*c'est plus facile si je le réalise* ». [déplacer les disques]



Figure 21. Explication non-concordante geste-paroles (cas 3).



Figure 22. Explication non-concordante geste-paroles (cas 3).

- (3) Dans notre codage nous avons trouvé que parfois, l'explication verbale et gestuelle du participant était concordante. Néanmoins, quand nous vérifions dans le diagramme de l'espace de la tâche (Newell & Simon, 1972), pour définir si les trajectoires verbales et gestuelles des disques étaient optimales (réussite dans le nombre minimum de déplacements sans transgresser les règles) ou non-optimales (pas de réussite dans le nombre minimum de déplacements), on remarquait que le déplacement du participant ne suivait pas la trajectoire optimale de sa résolution et même était incorrecte. Nous avons vérifié cela lors des déplacements précédents. C'est le cas illustré dans la Figure 23. Voici la séquence de résolution de la tâche avec trois disques de ce participant adulte (phase 1):

- 1-Déplacement 1 (D1) : « le disque vert je le déplace ici » [de la tige A à la tige C], (déplacement optimal et concordant entre geste et parole).
- 2-(D2) : « le rouge je le déplace ici » [de la tige A à la tige B] (déplacement optimal et concordant entre le geste et la parole).

-3-(D3) : « *après je déplace le vert et je le mets au-dessus du rouge* », tout en soulignant le vert dans la tige B [il l'avait déplacé dans la tige C] et le rouge [qu'il avait déplacé dans la tige B], d'après lui maintenant dans la tige C.

Le geste et la parole dans le déplacement (D3) sont concordants (le participant signale la tige C et après la B en même temps qu'il dit « *je déplace le vert et je le mets au-dessus du rouge* » mais, d'après ses déplacements précédents son explication est toujours non-concordante. Il est possible qu'il ait « en tête » deux chemins de résolution de cette tâche : celui que nous venons de décrire, et l'autre qui envisage le vert dans la tige B et le rouge dans la tige C.



Figure 23. Explication non-concordante geste-paroles (cas 4), Déplacement 3.

5.5.2.4 Codage de la réussite ou non réussite de la tâche : stratégies d'explication/réalisation optimales et non-optimales

L'étape finale du codage consiste à identifier les types de stratégies utilisées par les participants dans chaque phase (d'explication et de réalisation). Pour cela, nous nous sommes servis des configurations de l'espace de la tâche avec 3 et de 4 disques.

Nous avons identifié dans les deux phases deux types de stratégies : a) optimales et b) non-optimales. On désigne une stratégie comme étant optimale dans le cas où le participant explique verbalement et gestuellement sa résolution dans le nombre minimum de déplacements en respectant les règles (7 pour la tâche avec trois disques, 15 pour la tâche avec 4 disques). On désigne une stratégie comme étant non-optimale dans le cas où le participant explique verbalement ou gestuellement les déplacements des disques de la tige de départ à la tige but, en dépassant le

nombre minimum de mouvements permis, ou dans le(s) cas où le participant n'a pas atteint l'objectif entièrement.

Nous parlons dans la phase de réalisation de : a) stratégie de réalisation optimale ou b) non-optimale en considérant les mêmes critères (7 déplacements minimum pour la tâche avec trois disques, 15 pour la tâche avec 4 disques).

5.6 Design expérimental

Nous avons donc constitué trois groupes de participants de tranches d'âges différentes : de 8-10 ans, de 12-14 ans et de 18-20 ans, issus de deux milieux socio-économiques plus ou moins favorisés en Colombie. La tâche a été présentée à chaque participant, d'abord, avec trois disques et ensuite avec quatre disques. Celle avec deux disques a été la tâche d'entraînement pour tous les participants. Dans tous les cas la procédure a été la même.

En conséquence, les groupes de participants de notre étude sont indépendants par rapport à la variable âge et à la variable milieu socio-économique, mais liés par rapport à la variable complexité de la tâche.

5.7 Variables et hypothèses opérationnelles

5.7.1 Variables indépendantes

Type de variable	Variable indépendante	Modalité de la variable
Inter-sujets	Age	- Groupe 1 (G1) : Enfants (8-10 ans, n=48) -Groupe 2 (G2) : Adolescents (12-14 ans, n = 48) -Groupe 3 (G3) : Adultes (18-20 ans, n = 48)
	Milieu socio-économique d'appartenance	-Milieu socio-économique favorisé (MSF) : n=72 -Milieu socio-économique défavorisé MSD : n=72
Intra-sujets	Complexité du problème	-Problème avec 3 disques : N=144 -Problème avec 4 disques : N= 144

La variable genre des participants est contrôlée. Autant de filles que de garçons ont été évalués dans tous les groupes d'âge ($n=36$) pour chaque groupe d'âge, (voir tableau résumé de participants retrouvées, cf. page 97).

5.7.2 Variables dépendantes et hypothèses

Nos variables dépendantes se présentant par la suite en fonction des phases de la tâche :

5.7.2.1 Phase 1 (Phase d'explication anticipant la réalisation de la tâche à 3 et à 4 disques)

Variables dépendantes	Définition	Hypothèses opérationnelles	Attentes
<p>a) Type de stratégie de planification verbale et gestuelle</p>	<p>Elle évalue la capacité des participants à planifier la tâche lors de son explication anticipant sa réalisation.</p> <p>Le nombre de déplacements est compté et le type de stratégie de planification sera déterminé ainsi :</p> <p style="text-align: center;">Stratégie de Planification optimale :</p> <p>7 déplacements gestuels et verbaux (tâche à 3 disques) ; 15 déplacements gestuels et verbaux (tâche à 4 disques).</p> <p style="text-align: center;">Stratégie de Planification non-optimale :</p> <p>a) nombre de déplacements supérieur à 7 pour la tâche à trois disques et supérieur à 15 pour la tâche à quatre disques ;</p> <p>b) 0 déplacement car la tâche n'a pas été résolue (la tâche a été arrêtée par le participant ou n'a pas été présentée par l'expérimentateur car le niveau précédent n'a pas été atteint. Nous avons inclus les deux cas dans cette même catégorie).</p>	<p>- Il existe un lien entre l'âge et le type de stratégie d'explication de la planification verbale et gestuelle de la tâche à 3 et à 4 disques.</p> <p>- Il existe une relation entre le milieu socio-économique d'appartenance et le type de stratégie de planification verbale et gestuelle de la tâche à 3 et à 4 disques.</p>	<p>- On s'attend à ce que les adultes³³ utilisent davantage une stratégie de planification optimale que les adolescents et qu'eux-mêmes en utilisent davantage que les enfants (adultes > adolescents > enfants).</p> <p>On s'attend à ce que le groupe du milieu socio-économique favorisé utilisent davantage une stratégie de planification optimale que celui du milieu défavorisé qui utilise davantage une stratégie de planification non-optimale. (groupe favorisé > groupe défavorisé).</p>
<p>b) Nombre de tentatives d'explication</p>	<p>Cette variable évalue le nombre d'essais que réalisent les participants pour expliquer chaque tâche.</p>	<p>- Il existe un effet de l'âge sur le nombre de tentatives d'explication de la tâche à 3 et à 4 disques.</p>	<p>- le nombre de tentatives d'explication des adultes est plus faible que celui des adolescents que lui-même est plus faible que celui des enfants (adultes < adolescents <</p>

³³ Adultes (18-20 ans) ; adolescents (12-14 ans) ; enfants (8-10 ans).

<p>c) Temps d'explication total de la planification</p>	<p>Cette variable évalue le temps total (en secondes) que les participants ont mis pour expliquer la planification verbale et gestuelle de la réalisation de la tâche avec trois et quatre disques.</p>	<p>- Il existe un effet du milieu socio-économique sur le nombre de tentatives d'explication pour la tâche à 3 et à 4 disques.</p> <p>- Il existe un effet de l'âge sur le temps total d'explication verbale et gestuelle de la planification de la tâche à 3 et à 4 disques.</p> <p>- Il existe un effet du milieu socio-économique sur le temps d'explication de la planification.</p>	<p>enfants)</p> <p>-le nombre de tentatives d'explication du groupe de milieu socio-économique favorisé est plus faible que celui du milieu socio-économique défavorisé. favorisé<défavorisé</p> <p>-le temps d'explication des adultes est plus faible que celui des adolescents que lui-même est plus faible que celui des enfants (adultes < adolescents< enfants)</p> <p>le temps d'explication des participants du milieu socio-économique favorisé est plus faible que celui des participants du milieu socio-économique défavorisé. Favorisé<Défavorisé</p>
<p>d) concordance/non-concordance entre les gestes et la parole</p>	<p>La variable dépendante concordance/non-concordance gestes-parole lors de l'explication anticipant la réalisation de la tâche, évalue :</p> <p>a) lors des concordances gestes-paroles la capacité des enfants, des adolescents et des adultes à intégrer à leur système cognitif une seule stratégie de planification dans le geste et dans la parole pour résoudre la tâche de façon optimale. Cela nous indiquerait qu'ils sont capables de planifier et expliquer la tâche avec une seule stratégie verbale et gestuelle.</p>	<p>Il existe un effet du type de stratégie (optimale/non-optimale) sur la production de non-concordances.</p> <p>Age et non-concordances</p> <p>Il existe un effet de l'âge associé au type de stratégie (optimale ou non-optimale) sur la production de non-concordances gestes-paroles lors de l'explication de la tâche à 3 et à 4 disques.</p>	<p>En utilisant une stratégie optimale de planification, le nombre de non-concordances est plus faible qu'en utilisant une stratégie non-optimale. (optimale< non-optimale).</p> <p>-On s'attend à ce que les adultes utilisent davantage une stratégie de planification optimale associée à un nombre plus faible de non-concordances gestes-parole que les adolescents et qu'eux-mêmes en utilisent plus que les</p>

	<p>b) lors de non-concordances gestes-paroles la difficulté des enfants, des adolescents et des adultes de faire cette intégration, ce qui nous indique qu'ils ont plusieurs stratégies de planification verbale et gestuelle ou qu'ils ont des difficultés pour planifier la tâche.</p> <p>Cela nous indiquerait qu'ils sont incapables de planifier et expliquer la tâche avec une seule stratégie verbale et gestuelle.</p> <p>Cette variable a été mesurée à travers le nombre total de concordances/non-concordances gestes-paroles produites par les participants lors de leur explication de la planification anticipée à la tâche.</p>	<p><u>Milieu socio-économique et non-concordances</u></p> <p>Il existe un effet de milieu socio-économique associé au type de stratégie (optimale/non-optimale) sur la production de non-concordances gestes-paroles lors de l'explication de la tâche à 3 et à 4 disques.</p> <p><u>Complexité de la tâche et non-concordances</u></p> <p>-Il existe un effet de la complexité de la tâche sur la production de non-concordances gestes-parole lors des explications des tâches par les participants.</p> <p><u>Age et complexité</u></p> <p>-Il existe un effet de la complexité de la tâche associée à l'âge sur la production de non-concordances gestes-paroles.</p> <p><u>Age et Milieu socio-économique</u></p> <p>-Il existe un effet de la complexité de la tâche associée au milieu socio-économique sur la production de non-concordances gestes-parole.</p>	<p>enfants. (adultes<adolescent s<enfants).</p> <p>-On s'attend à ce que le groupe de milieu socio-économique favorisé utilise davantage une stratégie de planification optimale associée à un nombre plus faible de non-concordances par rapport à celui du milieu défavorisé (groupe favorisé>groupe défavorisé).</p> <p>- le nombre de non-concordances est plus important lors de l'explication de la tâche à 4 disques que lors de la tâche à 3 disques chez tous les participants(4>3).</p> <p>-on s'attend à ce que plus le participant est âgé, moins il produit de non-concordances lors de l'explication de la tâche la plus complexe (adultes<adolescent s<enfants).</p> <p>on s'attend à ce que le groupe de milieu socio-économique favorisé produise un nombre plus faible de non-concordances gestes-parole lors de l'explication de la tâche à 4 disques par rapport au groupe de milieu socio-économique défavorisé ; favorisé<défavorisé</p>
--	---	---	---

5.7.2.2 Phase 2 (Phase de réalisation de la tâche à 3 et à 4 disques)

Variables dépendantes	Définition	Hypothèses	Attentes
<p>a) Type de stratégie de réalisation de la tâche</p>	<p>La variable dépendante type de stratégie de réalisation, évalue la capacité des enfants, des adolescents et des jeunes -adultes à planifier la tâche lors de sa réalisation effective.</p> <p>Le nombre de déplacements est compté et le type de stratégie de planification sera déterminé ainsi :</p> <p>Stratégie de réalisation optimale :</p> <p>7 déplacements (tâche à 3 disques) ; 15 déplacements (tâche à 4 disques).</p> <p>Stratégie de réalisation non-optimale :</p> <p>a) nombre de déplacements supérieur à 7 pour la tâche à 3 disques et supérieur à 15 pour la tâche à 4 disques ;</p> <p>b) 0 déplacement car la tâche n'a pas été résolue (la tâche a été arrêtée par le participant ou n'a pas été présentée par l'expérimentateur car le niveau précédent n'a pas été atteint. Nous avons inclus les deux cas dans cette même catégorie).</p>	<p>- Il existe un lien entre l'âge et le type de stratégie de réalisation de la tâche à 3 et à 4 disques.</p> <p>Il existe une relation entre le milieu socio-économique d'appartenance et le type de stratégie de réalisation utilisée pour la tâche à 3 et à 4 disques.</p>	<p>On s'attend à ce que les adultes utilisent davantage une stratégie de réalisation optimale que les adolescents et qu'eux-mêmes en utilisent davantage que les enfants (adultes> adolescents> enfants).</p> <p>(adultes > adolescents > enfants).</p> <p>On s'attend à ce que le groupe du milieu socio-économique favorisé utilise davantage une stratégie de réalisation optimale que celui du milieu défavorisé qui utilisent davantage une stratégie de réalisation non-optimale (groupe favorisé>groupe défavorisé).</p>
<p>b) Type de stratégie phase d'explication et phase de réalisation de la tâche</p>	<p>La variable type de stratégie phase 1 et phase 2 compare la performance des participants lors de la phase d'explication et lors de la phase de réalisation de la tâche.</p> <p>La classification de cette variable est la suivante :</p> <p>Stratégie optimale-optimale):</p>	<p>-Il existe un lien entre l'âge et l'utilisation du type de stratégie utilisé lors des deux phases de résolution de la tâche (phase d'explication et phase de réalisation) à 3 et à 4 disques.</p> <p>-Il existe une relation entre le milieu socio-</p>	<p>- On s'attend à ce que les adultes utilisent davantage une stratégie optimale que les adolescents et qu'eux-mêmes en utilisent davantage que les enfants lors de deux phases de résolution. (adultes>adolescents>enfants)</p> <p>- On s'attend à ce que le groupe du milieu socio-</p>

	<p>il s'agit des participants qui ont expliqué la tâche en utilisant une stratégie optimale (en phase 1), et qui ensuite ont utilisé une stratégie optimale dans la phase de réalisation de la tâche à 3 et à 4 disques (en phase 2)</p> <p>Stratégie optimale-non-optimale et stratégie non-optimale-optimale):</p> <p>il s'agit <i>soit</i> des participants qui ont expliqué la tâche en utilisant une stratégie optimale (en phase 1), et qui ensuite ont utilisé une stratégie non-optimale (en phase 2) <i>soit</i> des participants qui ont expliqué la tâche en utilisant une stratégie non-optimale (en phase 1), et qui ensuite ont changé leur stratégie en une stratégie optimale (en phase 2)</p> <p>Stratégie non-optimale-non-optimale):</p> <p>il s'agit des participants qui ont expliqué la tâche en utilisant une stratégie non-optimale (en phase 1) et qui ensuite ont utilisé la même stratégie (en phase 2)</p>	<p>économique d'appartenance et le type de stratégie utilisé lors de deux phases de résolution (phase d'explication et phase de réalisation) à 3 et à 4 disques.</p>	<p>économique favorisé utilise davantage une stratégie optimale que celui du milieu socio-économique défavorisé lors de deux phases de résolution (favorisé>défavorisé).</p>
--	--	--	---

Chapitre 6. Résultats

Nos résultats correspondent aux deux phases associées à la résolution du problème de la Tour de Hanoï :

1) phase 1 : la phase d'explication : lors de cette phase, les participants expliquent la tâche anticipant sa réalisation sans manipuler les disques manuellement, ni les déplacer.

Les analyses portent sur la résolution du problème à travers les déplacements verbaux et gestuels considérés comme indices pour déterminer la planification du problème. Autrement dit, il s'agit de décrire les enchaînements complexes de déplacements « imaginés mentalement » et qui sont traduits par les explications verbales et « mimées » par les gestes, d'une ou deux mains, orientés vers la Tour de Hanoï.

2) phase 2 : la phase de réalisation : lors de laquelle les participants prennent et déplacent les disques manuellement après autorisation donnée par l'expérimentateur, une fois que la phase 1 a été accomplie. Les analyses portent sur la résolution du problème à travers les déplacements réalisés manuellement considérés comme indices pour déterminer la planification du problème.

Nous présentons les résultats en trois parties :

La **première partie** expose des résultats globaux issus des analyses de trois variables dépendantes associées à la phase 1 (le type de stratégie de planification, le nombre de tentatives d'explication et le temps d'explication total de la tâche à 3 et 4 disques). Ces résultats traduisent les performances générales des participants lors de cette phase.

La **deuxième partie** présente les résultats issus des analyses plus détaillées et plus approfondies de notre variable principale correspondant à la non-concordance entre les gestes et la parole (toujours associés à la phase 1, c'est-à-dire, la phase d'explication sans manipulation des disques).

Enfin, la **troisième partie** présente les résultats issus des analyses associées à la phase de réalisation du problème, la phase 2 (avec manipulation des disques). Des analyses descriptives-comparatives entre phase 1 (explication verbale et gestuelle) et phase 2 (réalisation) sont présentées également.

6.1 Résultats phase 1 : phase d'explication de la tâche.

6.1.1 Résultats des analyses globales : performances générales

Nous présentons ici les résultats de trois variables dépendantes associées à la phase 1 :

-**Types de stratégie de planification** (optimale et non-optimale) identifiés lors de l'explication de la planification de la tâche à 3 et à 4 disques ;

-**Nombre de tentatives d'explication** de la planification verbale et gestuelle avant la réalisation de la tâche à 3 et à 4 disques;

-**Temps d'explication total** lors de la planification de la tâche à 3 et à 4 disques.

Pour chacune des trois variables dépendantes précitées, on trouvera des Tableaux et Figures en fonction des deux variables indépendantes : groupe d'âge et milieu socio-économique d'appartenance.

6.1.1.1 Types de stratégie de planification verbale et gestuelle

Nous avons identifié le type de stratégie à partir du nombre de déplacements produits par les participants lors de leurs explications des tâches. Les données correspondant au nombre de déplacements produits sont présentées en détail dans l'Annexe 1 par groupe d'âge et par milieu socio-économique d'appartenance. Nous présentons ici les résultats selon les types de stratégies, définies à partir du nombre de déplacements produits par les participants.

Deux types de stratégies ont été identifiées :

- a) **Stratégie optimale** : quand l'explication a été la plus efficace, autrement dit, lorsque les participants ont produit (verbalement et gestuellement) 7 déplacements pour la tâche à 3 disques et 15 pour la tâche à 4 disques.

- b) **Stratégie non-optimale** : quand l'explication a été inefficace, en d'autres termes, lorsque les participants ont produit (verbalement et gestuellement) un nombre supérieur ou inférieur au nombre minimum de disques (+/-7 ou +/-15) lors de leurs explications verbales et gestuelles.

Type de stratégie de planification verbale et gestuelle en fonction du groupe d'âge

Nous émettons l'hypothèse d'une relation entre l'âge et le type de stratégie de planification utilisée. De ce fait, nous nous attendons à ce que les adultes utilisent davantage une stratégie de planification optimale par rapport aux adolescents et que eux-mêmes en utilisent plus que les enfants (adultes > adolescents > enfants).

Le Tableau 11 présente les résultats pour la tâche à 3 disques et le Tableau 12 ceux de la tâche à 4 disques. Nous avons conduit plusieurs analyses en comparant différents groupes d'âge : 8-10 ans et 12-14 ans ; 8-10 ans et 18-20 ans et 12-14 ans et 18-20 ans.

Tableau 11. Effectifs croisés (et pourcentages) en fonction du groupe d'âge et du type de stratégie utilisé lors de l'explication verbale et gestuelle -Tâche à 3 disques

Type de Stratégie	Groupe d'âge Comparatif groupe			
	8-10 ans (n=48)	12-14 ans (n=48)	18-20 ans (n=48)	Total (N=144)
Optimale*	17 (35,4)	28 (58,3)	25 (52,1)	70 (48,6)
Non-optimale**	31 (64,6)	20 (41,7)	23 (47,9)	74 (51,3)

*7 déplacements ** (+/- 7déplacements)

Tout d'abord, la table de contingence ci-dessus permet de montrer qu'en ce qui concerne la tâche à **3 disques**, plus de la moitié des participants du groupe 12-14 ans utilisent une stratégie optimale de planification lors de leur explication (58,3 %). En revanche, 64,6 % des participants du groupe 8-10 ans utilisent une stratégie de planification non-optimale. Le test du Chi 2 montre un lien significatif entre les deux variables : âge et type de stratégie de planification en réalisant la comparaison entre ces deux groupes d'âge ($\chi^2(1) = 5,061, p < .024$).

Ensuite, lorsqu'il s'agit de comparer le groupe 8-10 ans et le groupe 18-20 ans, on peut observer dans le Tableau 8 que 52,1 % des participants du groupe 18-20 ans

utilisent une stratégie optimale pour expliquer leur planification de cette tâche, tandis que 64,6 % des participants du groupe 8-10 ans utilisent une stratégie non-optimale. Toutefois, le lien testant le type de planification et l'âge n'est pas significatif si on compare ces deux groupes d'âge ($\chi^2 (1) = 2,709, p > .100$).

Enfin, l'écart entre les participants du groupe 12-14 ans et celui du groupe 18-20 ans n'est pas significatif quant au type de stratégie de planification utilisée lors de leurs explications de la tâche à 3 disques. En effet, le test du Chi 2 confirme l'absence de lien entre les variables âge et type de stratégie en réalisant la comparaison entre ces deux groupes d'âge ($\chi^2 (1) = 0,379, p > .538$).

Tableau 12. Effectifs croisés (et pourcentages) en fonction du groupe d'âge et du type de stratégie utilisé lors de l'explication verbale et gestuelle – Tâche à 4 disques³⁴

Type de Stratégie	Groupe d'âge Comparatif groupe			
	8-10 ans (n=35)	12-14 ans (n=46)	18-20 ans (n=46)	Total (N=127)
Optimale*	0 (0)	4 (8,7)	5 (10,9)	9 (7,0)
Non-optimale**	35 (100)	42 (91,3)	41 (89,1)	118 (92,9)

*15 déplacements

** (+/- 15 déplacements)

Pour la tâche à **4 disques** (cf. Tableau 9), la totalité des participants du groupe 8-10 ans a utilisé une stratégie non-optimale de planification et seulement 8,7 % des participants du groupe 12-14 ans ont utilisé une stratégie optimale lors de leurs explications de cette tâche. Le lien entre l'âge et le type de planification n'est pas significatif pour ce problème en comparant les groupes 8-10 ans et 12-14 ans. Le test exact de Fisher³⁵ utilisé confirme l'indépendance entre la stratégie de planification et l'âge en comparant ces deux groupes ($F(1) = 3,202 ; p > .130$).

En outre, seulement 10,9 % du groupe 18-20 utilisent la stratégie de planification optimale en expliquant leur planification de la tâche à 4 disques tandis qu'aucun participant du groupe 8-10 ans ne l'utilise. Le test exact de Fisher ne révèle pas de lien significatif entre les variables : âge et type de planification pour ces deux groupes d'âge comparés ($F(1) = 4,055, p > .066$).

³⁴ Pour cette analyse 15 participants ont été exclus car ils n'ont pas expliqué la tâche: 13 enfants, 2 adolescents et 2 adultes.

³⁵ Nous avons utilisé le test de Fisher dans ce cas-là car un certain nombre d'effectifs est inférieur à 5.

Finalement, les différences entre le groupe 12-14 ans et le groupe 18-20 ans par rapport au type de planification utilisé en expliquant la tâche à 4 disques sont assez faibles. Le test exact de Fisher utilisé, confirme l'indépendance entre la stratégie de planification et l'âge en comparant le groupe 12-14 ans et le groupe 18-20 ans ($F(1) = 0,123, p > 1.000$).

Résumé

L'hypothèse testant le lien entre l'âge et le type de stratégie de planification utilisé pour expliquer la planification de la tâche à 3 et avec 4 disques a été validée seulement:

Pour celle à 3 disques : en comparant le groupe 8-10 ans et le groupe 12-14 ans. Il est important de noter que l'hypothèse testant le lien entre l'âge et le type de planification n'a pas été confirmée en comparant le groupe 12-14 ans et le groupe 18-20 ans pour la tâche à 3 disques ; de même, elle n'a pas été confirmée en comparant les trois groupes pour la tâche à 4 disques.

Ces résultats semblent suggérer d'une part, que la tâche à 3 disques est expliquée, en utilisant une stratégie optimale, dès l'âge de 12 ans et d'autre part, que la tâche à 4 disques présente le même type de difficultés pour les trois groupes d'âge ; autrement dit, plus la tâche est complexe plus il y a de difficulté à l'expliquer et cela, sans aucun doute, indépendamment de l'âge.

Type de stratégie de planification verbale et gestuelle en fonction du milieu socio-économique

Nous supposons une relation entre le milieu socio-économique d'appartenance et le type de stratégie de planification. Ainsi donc, nous nous attendons à ce que les participants du milieu socio-économique favorisé utilisent notamment une stratégie de planification optimale par rapport au groupe des participants du milieu défavorisé qui utilisent davantage une stratégie de planification non-optimale. (favorisé > défavorisé).

Les résultats sont présentés dans le Tableau 13 ci-après:

Tableau 13. Effectifs croisés (et pourcentages) en fonction du milieu socio-économique et du type de stratégie utilisée lors de l'explication verbale et gestuelle

Type de Stratégie	Milieu socio-économique					
	Favorisé		Défavorisé		Total	
	3 disques	4 disques	3 disques	4 disques	3 disques	4 disques
Optimale*	38 (52,8)	6 (9,1)	32 (43,2)	3 (4,9)	70 (48,6)	9 (7,1)
Non-optimale**	34 (47,2)	60 (90,9)	40 (54,0)	58 (95,1)	74 (51,4)	118 (92,9)

*7/15 déplacements ** (+/- 7/15 déplacements)

Pour la tâche à **3 disques**, nous observons que 52,8 % des participants appartenant au milieu socio-économique favorisé ont utilisé une stratégie optimale lors de la phase de planification. En revanche, 54,0 % des participants appartenant au milieu socio-économique défavorisé ont utilisé une stratégie de planification non-optimale. Toutefois, le Chi 2 traduisant la relation entre le milieu socio-économique d'appartenance et le type de stratégie de planification utilisé lors des explications (verbales et gestuelles) des ces deux groupes n'est pas statistiquement significatif ($\chi^2(1) = 1,001, p > .317$).

En ce qui concerne la tâche à **4 disques**, 95,1 % des participants issus du milieu socio-économique défavorisé et 90,9 % des participants issus du milieu socio-économique favorisé, emploient une stratégie de planification non-optimale lorsqu'ils expliquent cette tâche : le test de Fisher utilisé cependant, ne montre pas une différence significative entre ceux deux groupes ($F(1) = 0,838, p > .495$).

Ainsi, nous rejetons l'hypothèse d'une relation entre le milieu socio-économique d'appartenance et la stratégie de planification utilisée pour les deux tâches.

6.1.1.2 Nombre de tentatives d'explication verbale et gestuelle

Les Tableaux 14 et 15 ci-dessous présentent les résultats du nombre de tentatives d'explication verbale et gestuelle anticipant la réalisation de la tâche à 3 et à 4 disques (sans manipulation des disques). La Tableau 14 présente les résultats en fonction de l'âge, le Tableau 15 en fonction du milieu socio-économique d'appartenance.

Nombre de tentatives en fonction du groupe d'âge

Nous supposons un effet de l'âge sur le nombre de tentatives d'explication de la planification. De ce fait, le nombre de tentatives d'explication des adultes est plus faible que celui des adolescents que lui-même est plus faible que celui des enfants (adultes < adolescents < enfants).

Un facteur inter-sujet est testé, le groupe d'âge auquel appartiennent les participants (avec trois modalités : 8-10 ans, 12-14 ans et 18-20 ans) et le nombre de tentatives comme variable dépendante.

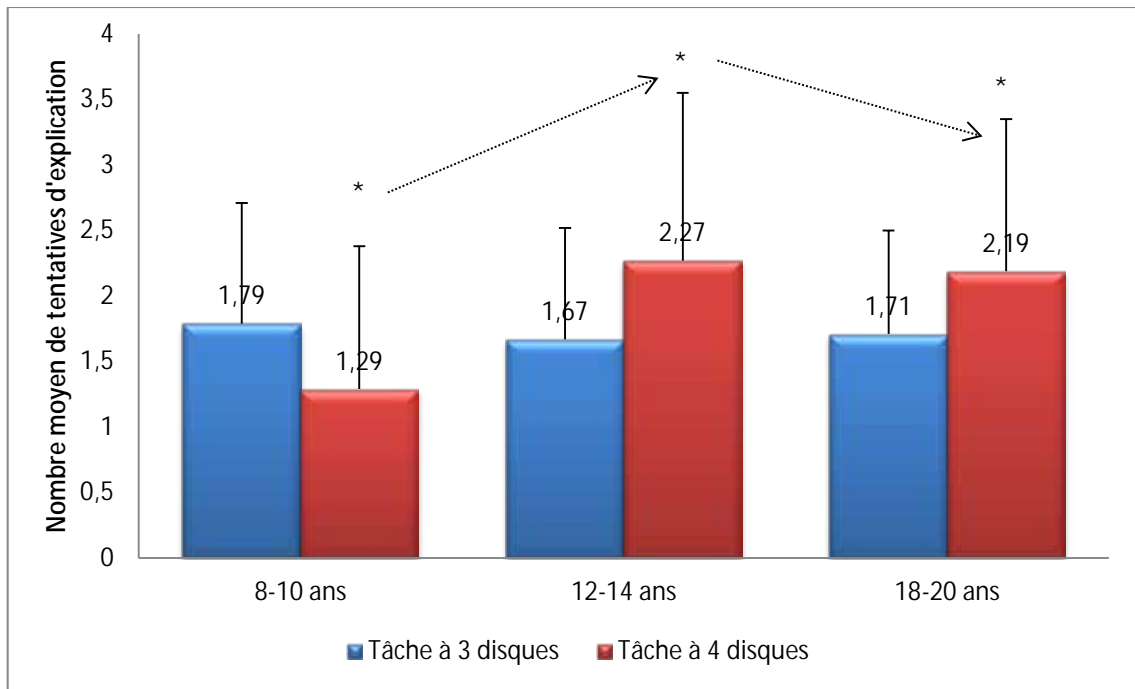
Le Tableau 14 détaille les résultats par groupe d'âge :

**Tableau 14. Nombre moyen et (écart-type) des tentatives d'explication verbale et gestuelle
Par GROUPE D'ÂGE**

Groupe d'âge	Tâche à 3 disques	Tâche à 4 disques
8-10 ans	1,79 (0,92)	1,29 (1,09)
12-14 ans	1,67 (0,85)	2,27 (1,28)
18-20 ans	1,71 (0,79)	2,19 (1,16)

Les résultats exposent qu'en ce qui concerne la tâche à 3 disques, le nombre moyen de tentatives est similaire pour tous les groupes d'âge. En effet, l'analyse de variance à un facteur ne révèle pas de différence significative entre les trois groupes d'âge par rapport à cette tâche ($F(2,141) = 0,262; p > .770$). En revanche, concernant la tâche à 4 disques, le nombre moyen de tentatives est plus élevé pour les participants du groupe 12-14 ans et ceux du groupe 18-20 ans, comparé à celui des participants du groupe 8-10 ans. Une analyse de variance à un facteur montre un effet d'âge significatif pour la tâche à 4 disques ($F(2,141) = 10.140, p < .000; \eta^2 = .126$).

Nous illustrons ces mêmes résultats dans la Figure 24 ci-après :



Note : * = $p < .05$

Figure 24. Comparaison du nombre moyen de tentatives d'explication verbale et gestuelle des problèmes avec 3 et 4 disques par groupe d'âge.

Le test post-hoc de Bonferroni révèle plusieurs différences significatives pour la tâche à 4 disques (tous les $ps < .001$): (a) entre les participants du groupe 8-10 ans par rapport à ceux du groupe 12-14 ans et de la même manière, entre les participants du groupe 8-10 ans par rapport à ceux du groupe 18-20 ans ; (b) entre les participants du groupe 12-14 ans et le groupe 8-10 ans; (c) entre les participants du groupe 18-20 ans et ceux du groupe 8-10 ans.

Nombre de tentatives en fonction du milieu socio-économique d'appartenance.

En ce qui concerne le milieu socio-économique, nous avons supposé un effet du milieu socio-économique sur le nombre de tentatives d'explication verbale et gestuelle. De ce fait, le nombre de tentatives d'explication des participants du milieu socio-économique favorisé est plus faible que celui des participants du milieu socio-économique défavorisé. (favorisé < défavorisé)

Le Tableau 14 ci-dessous expose les résultats.

**Tableau 15. Nombre moyen et (écart-type) des tentatives d'explication verbale et gestuelle
Par MILIEU SOCIO-ECONOMIQUE**

Milieu socio-économique	Tâche à 3 disques	Tâche à 4 disques
Favorisé	1,74 (0,83)	1,92 (1,12)
Défavorisé	1,71 (0,87)	1,92 (1,38)

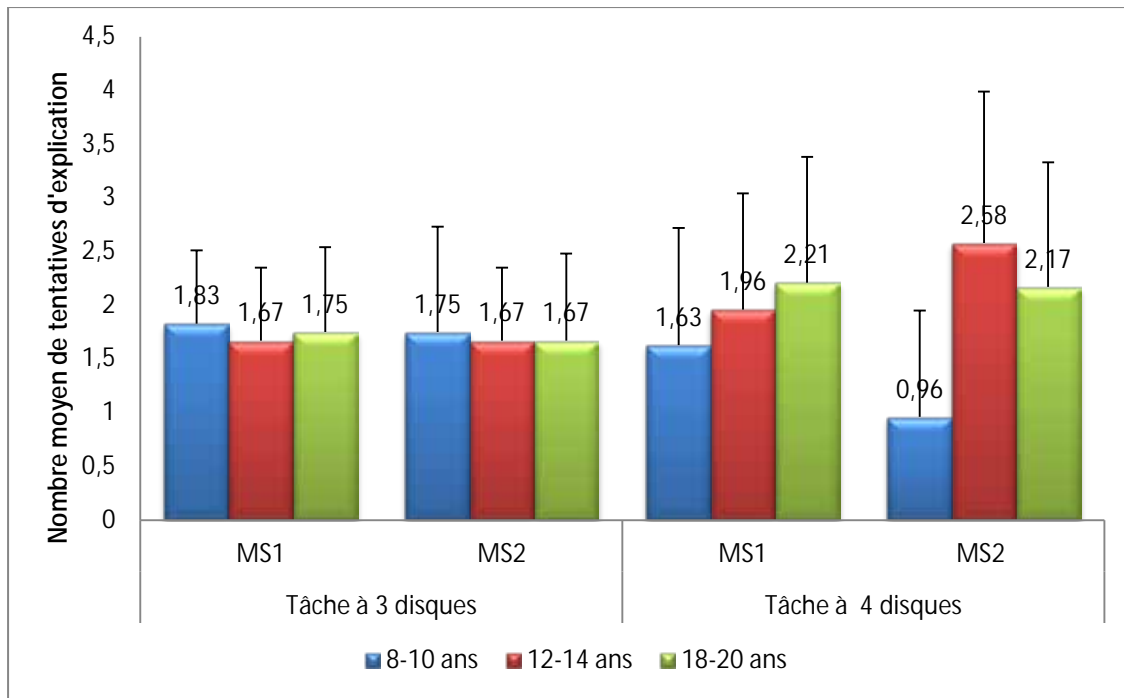
En ce qui concerne le milieu socio-économique, les résultats montrent que le nombre moyen de tentatives d'explication est le même pour les deux groupes. Qu'il s'agisse de la tâche à 3 disques ou de la tâche à 4 disques, les groupes favorisé et défavorisé ne se différencient pas par rapport au nombre de tentatives réalisés. L'analyse de variance à un facteur ne révèle pas d'effet du milieu socio-économique sur le nombre de tentatives produites lors de l'explication de la tâche à 3 disques ($F(1,142) = 0,151$; $p > .699$), ni lors de la tâche à 4 disques ($F(2,141) = 0,018$; $p > .895$).

Effet d'interaction entre l'âge des participants et leur milieu socio-économique ?

Les analyses de variance à un facteur effectuées ci-dessus (cf. aux points a. et b. de cette section) révèlent, pour la tâche à **4 disques**:

- un effet d'âge sur le nombre de tentatives d'explication de la planification;
- pas d'effet du milieu socio-économique d'appartenance sur le nombre de tentatives d'explication.

En revanche, en conduisant une analyse de variance multifactorielle, il s'avère qu'il existe un effet significatif d'interaction entre l'âge et le milieu socio-économique sur le nombre de tentatives pour planifier la tâche à 4 disques ($F(2,138) = 3,702$, $p < .027$; $\eta^2 = .051$) (cf. Figure 25).



Note : * = $p < .05$. MS1 : milieu socio-économique favorisé et MS2 : milieu socio-économique défavorisé

Figure 25. Nombre moyen de tentatives d'explication par âge et milieu socio-économique de la tâche à 4 disques

6.1.1.3 Temps d'explication verbale et gestuelle

Les Tableaux ci-après présentent les résultats du temps total (en secondes) que les participants ont mis pour expliquer verbalement et gestuellement le problème avec 3 et 4 disques. Il correspond au temps compris entre la fin de la consigne donnée au participant et la fin de la dernière tentative d'explication du participant. La moyenne de tentatives d'explication réalisées par les participants a été de 1,71 pour la tâche à 3 disques et de 1,91 pour la tâche à 4 disques. Le Tableau 15 illustre les résultats par rapport au groupe d'âge, le Tableau 16 par rapport au milieu socio-économique d'appartenance.

Temps total d'explication des problèmes en fonction de l'âge

Nous supposons un effet de l'âge sur le temps total d'explication de la planification des tâches. De ce fait, le temps d'explication des adultes est plus faible que celui des adolescents que lui-même est plus faible que celui des enfants (adultes < adolescents < enfants).

Le Tableau 16 présente les résultats relatifs au temps total de la planification (en secondes) par groupe d'âge.

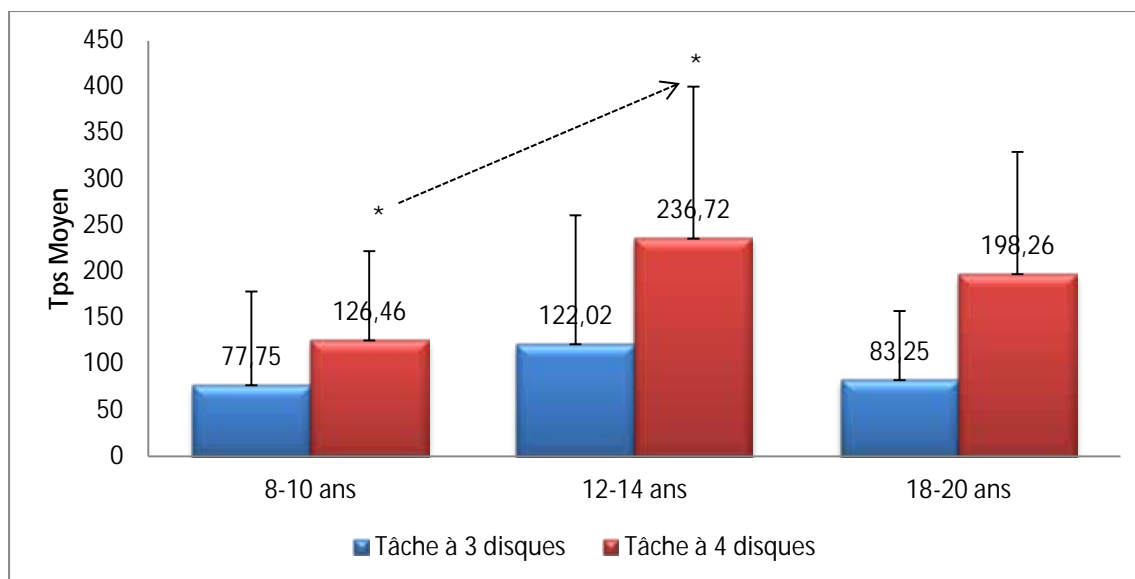
Tableau 16. Temps moyen en secondes et (écart-type) du temps total d'explication verbale et gestuelle
Par GROUPE D'ÂGE

Groupe d'âge	Tâche à 3 disques	Tâche à 4 disques
8-10 ans	77,75 (100,65)	126,46 (95,44)
12-14 ans	122,02 (138,98)	236,72 (163,59)
18-20 ans	83,25 (74,08)	198,26 (131,46)

En ce qui concerne la tâche à 3 disques, la moyenne du temps utilisé pour expliquer ce problème est plus élevée chez les participants du groupe 12-14 ans. Cependant, l'analyse de variance à un facteur n'a pas montré d'effet de l'âge sur le temps utilisé pour expliquer cette tâche ($F(2,141) = 2,400 ; p > .094$). De même, pour la tâche à 4 disques, ce sont les participants du groupe 12-14 ans qui utilisent davantage de temps pour expliquer le problème. Une analyse de variance à un facteur met en évidence un effet de l'âge ($F(2,124) = 6.606, p < .002 ; \eta^2 = .096$)³⁶.

Le test post-hoc de Bonferroni révèle des différences significatives pour le problème avec 4 disques entre les participants du groupe 8-10 ans par rapport aux participants du groupe 12-14 ans ; $p < .001$) (cf. Figure 26).

³⁶ Pour l'analyse de la tâche à quatre disques 17 participants ont été exclus (13 enfants, 2 adolescents et 2 adultes). Ils n'ont pas réussi la tâche de la phase d'explication de la planification.



Note : * = .p < .05

Figure 26. Temps moyen utilisé (en secondes) pour la planification des tâches par groupe d'âge.

Temps total d'explication verbale et gestuelle en fonction du milieu socio-économique.

Nous supposons un effet du milieu socio-économique sur le temps d'explication de la planification. De ce fait, le temps d'explication des participants du milieu socio-économique favorisé sera plus faible que celui des participants du milieu socio-économique défavorisé (favorisé < défavorisé)

Le Tableau 17 présente le temps total moyen d'explication en fonction du milieu socio-économique d'appartenance.

Tableau 17. Temps moyen en secondes et (écart-type) du temps total d'explication verbale et gestuelle
Par MILIEU SOCIO-ECONOMIQUE

Milieu socio-économique	Tâche à 3 disques	Tâche à 4 disques
Favorisé	73,44 (55,25)	180,53 (121,91)
Défavorisé	115,24 (141,33)	205,25 (160,71)

En ce qui concerne le milieu socio-économique, les résultats montrent que pour la tâche à 3 disques, le temps moyen lors de l'explication verbale et gestuelle de la planification, est supérieur chez les participants du milieu défavorisé. En effet, une analyse de variance à un facteur révèle un effet du milieu social sur le temps

d'explication de la planification ($F(1, 142) = 5,461, p < .021 ; \eta^2 = .037$). En revanche, il n'y a pas de différence entre les groupes par rapport au temps de planification dans le cas du problème avec 4 disques : l'analyse de variance à un facteur ne montre pas d'effet du milieu socio-économique pour cette tâche ($F(1,125) = 0,962 ; p > .329$).

Effet d'interaction entre l'âge et le milieu socio-économique ?

Les analyses de variance effectuées précédemment (cf. section a et b) permettent de dégager les différences significatives suivantes :

- entre groupes d'âge par rapport au temps de planification verbale et gestuelle de la tâche à 4 disques ;
- entre groupes d'appartenance au milieu socio-économique quant au temps de planification de la tâche à 3 disques.

En revanche, en conduisant une analyse de variance à deux facteurs, il apparaît qu'il n'existe pas d'interaction entre l'âge et l'appartenance au milieu socio-économique par rapport au temps de planification, ni dans la tâche à trois disques ($F(2,121) = .474 ; p > .623$) ni dans la tâche à quatre disques ($F(2,121) = 0,545 ; p > .581$)³⁷.

6.1.1.4 Stratégie de planification, nombre de tentatives et temps d'explication : tableaux comparatifs résumés.

Nous avons présenté précédemment les résultats concernant le type de stratégie, le nombre de tentatives et le temps d'explication verbale et gestuelle de la tâche à 3 et à 4 disques en fonction de l'âge, du milieu socio-économique, ainsi que les interactions potentielles existant entre ces deux facteurs.

A présent, nous fournissons des tableaux résumés permettant d'avoir une vue synthétique des résultats selon ces trois variables dépendantes : type de stratégie de

³⁷ Pour l'analyse de la tâche à quatre disques 17 participants ont été exclus (13 enfants, 2 adolescents et 2 adultes) car ils n'ont pas expliqué la tâche (phase 1).

planification utilisé, nombre de tentatives et temps consacré à l'explication de la planification.

Le Tableau 18 présente des données par rapport à l'âge, le Tableau 19 par rapport au milieu socio-économique d'appartenance et le Tableau 20 par rapport aux intégrations des variables âge et milieu socio-économique.

**Tableau 18. Résumé des variables dépendantes: stratégie de planification, nombre de tentatives et temps d'explication verbale et gestuelle
Par GROUPE D'AGE**

Groupe d'âge	Tâche avec 3 disques			Problème avec 4 disques		
	Stratégie de planification utilisée* % et effectifs	Nombre moyen de tentatives	Temps moyen d'explication (secondes)	Stratégie de planification utilisée % et effectifs	Nombre moyen de tentatives	Temps moyen d'explication (secondes)
8-10 ans	Non-optimale 64,6 (n=31)	1,79	77,75	Non-optimale 100% (n=35)	1,29	126,46
12-14 ans	Optimale 58,3 (n=28)	1,67	122,02	Non-optimale 91,3 (n=42)	2,27	236,72
18-20 ans	Optimale 52,1 (n=25)	1,71	83,25	Non-optimale 89,1 (n=41)	2,19	198,26

* Nous présentons la stratégie pour laquelle le pourcentage de participants a été le plus élevé

**Tableau 19. Résumé des variables dépendantes: stratégie de planification, nombre de tentatives et temps d'explication verbale et gestuelle
Par MILIEU SOCIO-ECONOMIQUE**

Groupe d'âge	Problème avec 3 disques			Problème avec 4 disques		
	Stratégie de planification utilisée* % et effectifs	Nombre moyen de tentatives	Temps moyen d'explication (secondes)	Stratégie de planification utilisée % et effectifs	Nombre moyen de tentatives	Temps moyen d'explication (secondes)
Favorisé	Optimale 52,8 (n=38)	1,74	73,44	Non-optimale 90,9 (n=60)	1,92	180,53
Défavorisé	Non-optimale 54,0 (n=40)	1,71	115,24	Non-optimale 95,1 (n=58)	1,92	205,25

* Nous présentons la stratégie pour laquelle le pourcentage de participants a été le plus élevé

Tableau 20. Résumé des variables dépendantes: stratégie de planification, nombre de tentatives et temps d'explication verbale et gestuelle
Par GROUPE D'ÂGE et MILIEU SOCIO-ECONOMIQUE

Groupe d'âge	Problème avec 3 disques						Problème avec 4 disques					
	MSF			MSD			MSF			MSD		
	Strat	Tt	Tps	Strat	Tt	Tps	Strat	Tt	Tps	Strat	Tt	Tps
8-10 ans	N.Op 45,1 n= 14/31	1,83	56	N.Op 54,8 n= 17/31	1,75	99,50	N.Op 57,1 n= 20/35	1,63	124,90	N.Op 42,8 n= 15/35	0,96	128,53
12-14 ans	Op. 57,1 n= 16 /28	1,67	85,58	Op. 42,8 12/28	1,67	158,46	N. Op 91,3 n= 21/23	1,96	210,22	N. Op 91,3 n= 21/23	2,58	263,22
18-20 ans	Op. 48 n= 12/25	1,75	78,75	Op. 52 n= 13/25	1,67	87,85	N. Op 82,6 n= 19/23	2,21	199,22	N. Op 95,6 n= 22/23	2,17	197,30

* Nous présentons la stratégie dont le pourcentage de participants a été le plus élevée

MSF : Milieu socio-économique favorisé ; MSD : Milieu socio-économique défavorisé

Strt : Stratégie de planification (% et effectifs)

Tt : Nombre moyen de tentatives d'explication

Tps : Temps moyen d'explication (en secondes)

N. Op : Stratégie non-optimale (% et effectifs) ; Op : Stratégie Optimale

Nous présentons par la suite un tableau des hypothèses (validées et non validées) de cette première partie des résultats (cf. Tableau 21) :

Tableau 21. Hypothèses portant sur les liens entre l'âge, le milieu socio-économique et le type de stratégie de planification, nombre de tentatives et temps d'explication de la planification

Hypothèses Opérationnelles	Attentes	Validation
Il existe un lien entre l'âge et le type de stratégie d'explication de la planification verbale et gestuelle de la tâche à 3 et à 4 disques.	On s'attend à ce que les adultes ³⁸ utilisent davantage une stratégie de planification optimale que les adolescents qu'eux-mêmes en utilisent davantage que les enfants. (adultes>adolescents>enfants).	Validée : en comparant le groupe 8-10 ans et le groupe 12-14 ans (tâche avec 3 disques) Non-validée : en comparant les groupes 8-10 ans/18-20 ans et le groupe 12-14 ans/18-20 ans (tâche avec 3 disques) Non-validée : en comparant les trois groupes (tâche avec 4 disques)
Il existe une relation entre le milieu socio-économique d'appartenance et le type de stratégie d'explication de la planification utilisée pour la tâche à 3 et à 4 disques.	On s'attend à ce que le groupe du milieu socio-économique favorisé utilise davantage une stratégie de planification optimale que celui du milieu défavorisé qui utilise davantage une stratégie de planification non-	Non validée

³⁸ Adultes (18-20 ans) ; adolescents (12-14 ans) ; enfants (8-10 ans).

	optimale. (favorisé>défavorisé).	
Il existe un effet de l'âge sur le nombre de tentatives d'explication de la tâche à 3 et à 4 disques.	le nombre de tentatives d'explication des adultes est plus faible que celui des adolescents que lui-même est plus faible que celui des enfants (adultes < adolescents< enfants)	Non validée
- Il existe un effet du milieu socio-économique sur le nombre de tentatives d'explication pour la tâche à 3 et à 4 disques.	le nombre de tentatives d'explication du groupe de milieu socio-économique favorisé est plus faible que celui du milieu socio-économique défavorisé. (favorisé<défavorisé)	Non validée
- Il existe un effet de l'âge sur le temps d'explication verbale et gestuelle de la planification de la tâche à 3 et à 4 disques.	le temps d'explication des adultes est plus faible que celui des adolescents que lui-même est plus faible que celui des enfants (adultes < adolescents< enfants)	Validée partiellement pour la tâche à quatre disques
Il existe un effet du milieu socio-économique sur le temps d'explication de la planification.	le temps d'explication du groupe de milieu socio-économique favorisé est plus faible que celui du milieu socio-économique défavorisé (favorisé<défavorisé)	Validée partiellement pour la tâche à trois disques

Résumé

Dans la section précédente nous avons présenté des analyses globales visant à montrer à travers deux variables indépendantes et leurs interactions (âge et milieu socio-économique d'appartenance), comment les participants de notre étude ont répondu aux tâches présentées :

- Quel type de stratégie a été utilisé ?
- Combien de tentatives d'explication ont été faites ?
- Combien de temps a été investi pour expliquer la planification des tâches?

Nous avons réalisé ces analyses sans considérer la concordance ou non-concordance entre les gestes et la parole produite lors de l'explication. La section suivante détaille ces analyses.

6.1.2 Analyse des non-concordances gestes-parole lors de l'explication du problème de la Tour de Hanoï (phase 1)

Les résultats présentés dans cette section sont issus des analyses quantitatives visant à décrire les relations que l'on peut faire ressortir entre les explications verbales et les explications gestuelles de la tâche à 3 et à 4 disques.

Pour chacune des tâches, l'analyse de la relation entre les gestes et la parole vise à identifier si elle est concordante ou non-concordante lors des explications anticipant la réalisation de la tâche. Dans le fil des analyses qui vont suivre, nous accorderons une attention particulière à la non-concordance (*mismatch*) entre les explications verbales et les explications gestuelles.

Nous présentons nos résultats de l'analyse pour chaque problème selon chacune des variables indépendantes : l'âge (3 modalités : groupes de 8-10 ans, de 12-14 ans et de 18-20 ans), le milieu socio-économique d'appartenance (2 modalités : favorisé et défavorisé) et le niveau de complexité de la tâche (2 modalités : 3 et 4 disques).

6.1.2.1 Explications verbales et gestuelles des tâche à 3 disques : effet de l'âge et du milieu socio-économique.

Lors des explications verbales et gestuelles de la tâche à 3 disques, est-ce que la relation gestes-parole était concordante ou non-concordante ? Autrement dit, les explications des participants font référence au même disque ou à la même tige dans les deux modalités d'expression : verbale et gestuelle ?

Nous répondons à cette question en calculant le nombre total de concordances et non-concordances relevées pour chaque participant lors de son explication à cette tâche. Le Tableau 22 montre le nombre de participants qui n'ont produit que des concordances et ceux qui ont produit au moins 1 non-concordance gestes-paroles. La colonne à gauche correspond au nombre de déplacements verbalisés et gestuels lors de l'explication de la tâche à 3 disques.

Tableau 22. Effectifs des participants ayant produit des concordances ou des non-concordances lors de l'explication verbale et gestuelle de la tâche à 3 disques.

Nombre de dpls*	Nombre de participants ayant produit exclusivement des concordances	Nombre de participants ayant produit au moins une non-concordance	
0**			
2	3	2	
3	0	3	
4	2	7	
5	3	6	
6	3	13	
7	36***	34***	
8	4	12	
9	2	2	
10	0	2	
11	1	1	
12	1	3	
13	0	1	
14	0	1	
20	0	1	
Total	55 (38%)	88 (62%)	143

* Déplacements

** Ce participant a été exclu car il n'a pas expliqué cette tâche

*** Nombre de participants utilisant une stratégie de planification optimale : « 36 participants ont produit exclusivement des concordances (et aucune non-concordance) / et 34 participants ont produit au moins une non-concordance (et aucune concordance)

Le Tableau 22 montre que lors de l'explication verbale et gestuelle de cette tâche, 55 participants sur 143, soit 38 %, expliquent le problème en ne produisant que des concordances. En revanche, 88 participants, soit 62 % le font en produisant au moins une non-concordance.

D'ailleurs, 70 participants (49 %) ont expliqué la tâche en utilisant une stratégie de planification optimale (en 7 déplacements) contre 73 (51%), qui l'ont fait en utilisant une stratégie non-optimale. Parmi les 70 participants ayant expliqué la tâche avec une stratégie optimale, 36 (51%) n'ont produit que des concordances et 34 (49 %) participants ont produit au moins 1 non-concordance. Cet écart est faible.

Résumé

Ces premiers résultats nous permettent de conclure que lors des explications verbales et gestuelles de la tâche à 3 disques, 62 % de nos participants expliquent le problème en produisant des non-concordances entre les gestes et la parole. On peut donc conclure que la relation entre les gestes et la parole était davantage non-concordante, même si la plupart des participants utilisent une stratégie de planification optimale (34 participants sur 88).

Nous présentons ci-après les analyses détaillées des non-concordances lors des explications verbales et gestuelles de la tâche à 3 disques en fonction de nos variables indépendantes : âge et milieu socio-économique d'appartenance.

Analyse de non-concordances gestes-parole lors des explications verbales et gestuelles en fonction de l'âge.

Nous émettons l'hypothèse qu'il existe un effet de l'âge associé au type de stratégie (optimale ou non-optimale) sur la production de non-concordances gestes-paroles lors de l'explication du problème avec 3 disques. En utilisant une stratégie non-optimale de planification, le nombre de non-concordances est supérieur en comparaison avec l'utilisation d'une stratégie optimale.

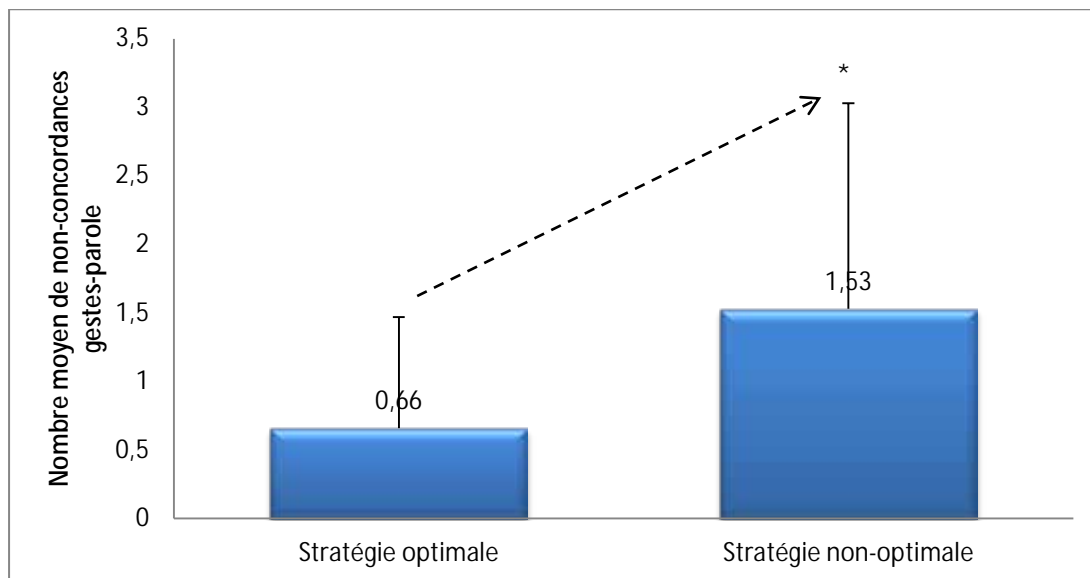
De ce fait, on s'attend à ce que les adultes³⁹ utilisent davantage une stratégie de planification optimale associée à un nombre plus faible de non-concordances gestes-parole que les adolescents que eux-mêmes en utilisent plus que les enfants.

Afin de tester cette hypothèse, nous avons effectué une analyse à trois facteurs. Le nombre total de non-concordances a été pris comme variable dépendante. L'âge, le milieu socio-économique et le type de planification (optimale et non-optimale) sont pris comme facteurs. Le type de planification a été considéré comme variable indépendante *a posteriori*.

Ce faisant, d'abord, l'analyse de variance a montré un effet simple du type de planification sur la production de non-concordances gestes-paroles avec 3 disques

³⁹ Adultes (18-20 ans) ; adolescents (12-14 ans) ; enfants (8-10 ans).

($F(1,115) = 17,559$, $p < .000$; $\eta^2 = .133$). En effet, les participants produisent davantage de non-concordances lors des explications non-optimales que optimales. (cf. Figure 27 ci-dessous).



Note : * = $p < .05$

Figure 27. Nombre moyen et (écart-type) des non-concordances gestes-parole selon le type de stratégie utilisé - tâche à 3 disques.

En revanche, cette analyse n'a pas montré d'effet de l'âge sur la production de non-concordances gestes-parole ($F(2,115) = 0,646$; $p > .526$), ni d'effet de l'âge associé avec le type de stratégie (optimale/non-optimale) sur la production de non-concordances gestes-paroles lors de l'explication de la tâche à 3 disques ($F(2,115) = .957$; $p > .387$). Nous présentons dans l'Annexe 2, les tableaux concernant ces résultats.

Analyse de non-concordances gestes-parole lors des explications verbales et gestuelles en fonction du milieu socio-économique.

Nous émettons l'hypothèse qu'il existe un effet du milieu socio-économique associé au type de stratégie (optimale/non-optimale) sur la production de non-concordances gestes-paroles lors de l'explication de la tâche à 3 disques. En utilisant une stratégie non-optimale, le nombre de non-concordances est supérieur à celui de l'utilisation d'une stratégie optimale.

On s'attend à ce que les participants du milieu socio-économique favorisé utilisent davantage une stratégie de réalisation optimale par rapport au groupe des participants du milieu défavorisé qui utilisent davantage une stratégie non-optimale. (favorisé > défavorisé).

L'analyse de variance à trois facteurs effectuée n'a pas révélé d'effet du milieu socio-économique sur la production de non-concordances, ($F(1,115) = 3,170$; $p > .078$) ni d'effet du milieu socio-économique associé au type de stratégie de planification sur la production de non-concordances gestes-paroles lors de l'explication anticipée de la tâche à 3 disques ($F(1,115) = .026$; $p > .872$). Notre hypothèse n'est pas confirmée. Nous présentons dans l'Annexe II les Tableaux concernant ces résultats.

Analyse de l'interaction entre l'âge et le milieu socio-économique associé au type de stratégie de planification: quel effet sur la production de non-concordances lors de l'explication de la tâche à 3 disques?

Nous avons aussi testé au travers de l'analyse de variance à trois facteurs les effets d'interaction de l'âge et du milieu socio-économique associé au type de stratégie de planification sur la production de non-concordances. Le Tableau 23 montre ces résultats.

Tableau 23. Nombre moyen et (écart-type) des non-concordances selon le type de stratégie lors de l'explication verbale et gestuelle – tâche à 3 disques
Par AGE et MILIEU SOCIO-ECONOMIQUE

Groupe d'âge	Non-concordances gestes-parole			
	Stratégie optimale		Stratégie non-optimale	
	MS1*	MS2**	MS1*	MS2**
8-10 ans	0.80 (0.91)	1.29 (0.95)	1.40 (0.96)	1.63 (0.91)
12-14 ans	0.50 (0.63)	0.92 (0.99)	2.29 (1.60)	1.18 (1.16)
18-20 ans	0.25 (0.45)	0.58 (0.79)	0.64 (0.80)	2.55 (2.58)

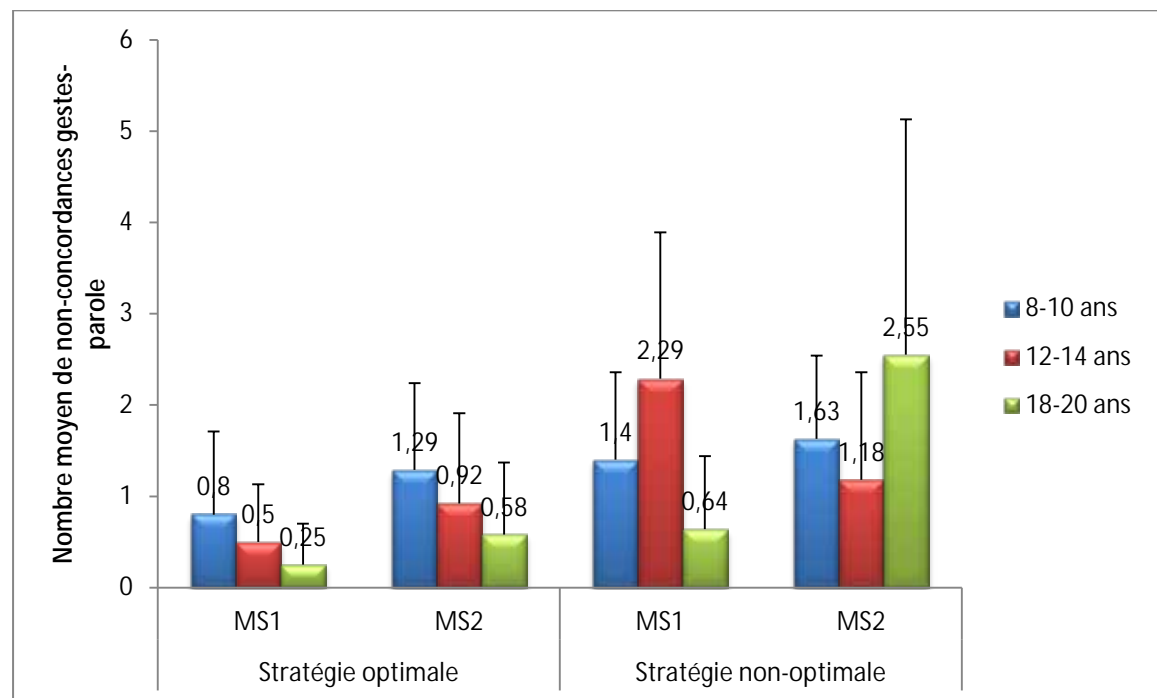
* Milieu socio-économique favorisé **Milieu socio-économique défavorisé

Une analyse multifactorielle a été réalisée. D'une part, le nombre total de non-concordances a été pris comme variable dépendante, et d'autre part, l'âge, le milieu socio-économique et le type de stratégie de planification ont été définis comme

facteurs. Le type de stratégie de planification a été considéré comme une variable indépendante *à posteriori*.

Cette analyse a montré un effet d'interaction entre l'âge et le milieu socio-économique associé au type de stratégie de planification sur les non-concordances gestes-parole ($F(2,115) = 4,933, p < .009 ; \eta^2 = .079$).

La Figure 28 présente les résultats de l'effet de l'interaction entre l'âge et le milieu socio-économique associé au type de stratégie utilisé sur les non-concordances gestes-parole produites lors de l'explication de la tâche à 3 disques. La Figure 29 présente les résultats associés à une stratégie optimale et à une stratégie non-optimale.



Note : * = $p < .05$

(MS1 : Milieu socio-économique favorisé ; MS2 : Milieu socio-économique défavorisé)

Figure 28. Résultats des non-concordances gestes-paroles produites en fonction du type de stratégie de planification et milieu socio-économique- tâche à 3 disques

6.1.2.2 Explications verbales et gestuelles de la tâche à 4 disques : effet de l'âge et du milieu socio-économique.

Lors des explications verbales et gestuelles de la tâche à 4 disques, est-ce que la relation gestes-parole était concordante ou non-concordante ? Autrement dit, les explications des participants font référence au même disque ou au même tige dans les deux modalités d'expression : verbale et gestuelle ?

Nous répondons à cette question en calculant le nombre total de concordances/non-concordances relevées pour chaque participant lors de son explication de ce problème. Le Tableau 24 montre le nombre de participants qui n'ont produit que des concordances et ceux qui ont produit au moins 1 non-concordance gestes-paroles, lorsqu'ils ont expliqué le problème avec trois disques. La colonne de gauche correspond au nombre de déplacements verbalisés et gestuels lors de l'explication de ce problème.

Tableau 24. Effectifs de participants ayant produit des concordances ou non-concordances lors de l'explication verbale et gestuelle du problème avec 4 disques

Nombre de dpls*	Nombre de participants ayant produit exclusivement des concordances	Nombre de participants ayant produit au moins une non-concordance	
0**			
3	1	1	
4	11	6	
5	4	4	
6	2	6	
7	4	8	
8	3	9	
9	1	10	
10	1	5	
11	1	5	
12	0	4	
13	1	4	
14	0	2	
15	3***	6***	
16	0	12	
17	1	4	
18	0	2	
19	0	1	
20	1	1	
21	1	1	
23	0	1	
27	0	1	
28	0	1	
Total	35(28%)	92 (72%)	127

* Déplacements

** 17 (13 enfants, 2 adolescents et 2 adultes) participants n'ont pas expliqué ce problème soit parce qu'ils ont décidé de ne pas l'effectuer (même s'ils y ont été encouragés) soit, parce que l'expérimentatrice ne le leur avait pas proposé (le problème avec 3 disques ayant été déjà très difficile à réaliser, ce qui était le cas des enfants).

*** Nombre de participants qui ont utilisée une stratégie optimale de planification

Lors de l'explication de la tâche à 4 disques nos résultats révèlent que 9 de nos participants l'ont expliquée en utilisant une stratégie optimale de planification (en 15 déplacements) et 118 l'ont fait selon une stratégie non-optimale (en plus ou moins 15 déplacements). Le Tableau 24 montre qu'une grande majorité de participants, a produit davantage de non-concordances (72 % de participants) que de concordances (35 % de participants).

En conclusion de ces analyses préliminaires, il apparaît que lorsque les participants expliquent verbalement et gestuellement ce problème, la relation entre les gestes et la parole est davantage non-concordante.

Dans ce tableau nous pouvons aussi remarquer qu'en ne produisant que des concordances le plus grand nombre de participants (11) s'arrêtent au 4^{ème} déplacement. Par ailleurs, en produisant des non-concordances, le plus grand nombre de participants (12) expliquent la tâche en 16 déplacements, suivis par un groupe de 10 participants qui s'arrêtent au 9^{ème} déplacement. Ces moments d'explication du problème sont cruciaux car, dans ce problème, les participants ont la possibilité de choisir entre deux chemins et doivent donc anticiper l'action suivante.

Nous présentons par la suite les résultats d'analyses détaillées concernant les non-concordances gestes-parole lors des explications verbales et gestuelles de la tâche à 4 disques.

Analyse des non-concordances gestes-parole lors des explications verbales et gestuelles en fonction de l'âge.

Nous émettons l'hypothèse qu'il existe un effet de l'âge associé au type de stratégie (optimale ou non-optimale) sur la production de non-concordances gestes-paroles lors de l'explication de la tâche à 4 disques. En utilisant une stratégie non-optimale, le nombre de non-concordances est supérieur en comparaison avec l'utilisation d'une stratégie optimale.

De ce fait, on s'attend à ce que les adultes utilisent davantage une stratégie de planification optimale associée à un nombre plus faible de non-concordances gestes-parole que les adolescents que eux-mêmes en utilisent plus que les enfants.

Afin de tester cette hypothèse, nous avons effectué une analyse à trois facteurs. Le nombre total de non-concordances a été pris comme variable dépendante. L'âge, le milieu socio-économique et le type de planification (optimale et non-optimale) sont pris comme facteurs. Le type de planification a été considéré comme variable indépendante *a posteriori*. L'analyse de variance n'a pas montré d'effet du type de stratégie de planification sur la production de non-concordances ($F(1,117) = .052$; $p > .820$). Pour cette tâche, contrairement à la tâche à 3 disques, la majorité des participants a utilisé une stratégie non-optimale (cf. Annexe II).

De plus, l'analyse de variance n'a pas montré d'effet de l'âge ($F(2,117) = .049$; $p > .952$), ni d'effet de l'âge associé au type de planification sur les non-concordances gestes-paroles lors de l'explication verbale et gestuelle de la tâche à 4 disques ($F(1,117) = 1,261$; $p > .264$). Que ce soit en fonction du type de stratégie, de l'âge ou de l'âge associé au type de stratégie, les groupes ne se différencient pas par rapport à la production de non-concordances lors de l'explication de la tâche à 4 disques. (cf. Annexe II).

Analyse de non-concordances gestes-parole lors des explications verbales et gestuelles en fonction du milieu socio-économique.

Nous émettons l'hypothèse qu'il existe un effet du milieu socio-économique associé au type de stratégie (optimale/non-optimale) sur la production de non-concordances gestes-paroles lors de l'explication de cette tâche. En utilisant une stratégie non-optimale, le nombre de non-concordances est supérieur en comparaison avec l'utilisation d'une stratégie optimale.

De ce fait, on s'attend à ce que les participants du milieu socio-économique favorisé utilisent davantage une stratégie de réalisation optimale par rapport au groupe des participants du milieu défavorisé qui utilisent davantage une stratégie de planification non-optimale (favorisé > défavorisé).

L'analyse de variance à trois facteurs effectuée n'a pas montré d'effet du milieu socio-économique associé au type de stratégie de planification sur la production de

non-concordances gestes-paroles lors de l'explication de la planification du problème avec 4 disques ($F(1,117) = .043$; $p > .835$). Notre hypothèse n'est pas confirmée. Nous présentons dans l'Annexe III les tableaux concernant ces résultats.

Analyse d'interactions entre âge, milieu socio-économique et type de planification : quel effet sur la production de non-concordances lors de l'explication de la tâche à 4 disques?

Nous avons aussi testé au travers de l'analyse de variance à trois facteurs les effets d'interaction de l'âge et du milieu socio-économique associé au type de stratégie de planification sur la production de non-concordances, lors de l'explication de la tâche à 4 disques.

Le Tableau 25 expose ces résultats.

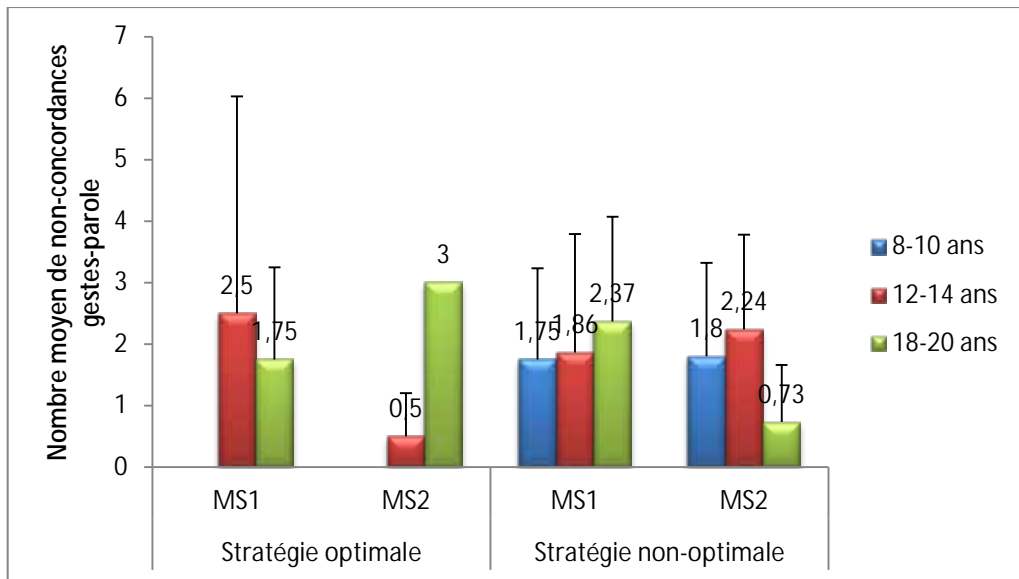
Tableau 25. Nombre moyen et (écart-type) des non-concordances selon le type de stratégie lors de l'explication verbale et gestuelle –tâche à 4 disques
Par AGE et MILIEU SOCIO-ECONOMIQUE

Groupe d'âge	Non-concordances gestes-parole			
	Stratégie optimale		Stratégie non-optimale	
	MS1*	MS2**	MS1*	MS2**
8-10 ans*			1.75 (1.48)	1.80 (1.52)
12-14 ans	2.50 (3.53)	0.50 (0.70)	1.86 (1.93)	2.24 (1.54)
18-20 ans	1.75 (1.50)	3.00 ()	2.37 (1.70)	0.73 (0.93)

* Aucun enfant n'a expliqué la tâche de façon optimale

** Milieu socio-économique favorisé **Milieu socio-économique défavorisé

Cette analyse a montré un effet d'interaction ($F(1,117) = 4,637$; $p < .033$). La Figure 33 ci-après représente cet effet de l'interaction entre l'âge et le milieu socio-économique associé au type de stratégie (optimale/non-optimale) sur les non-concordances gestes-paroles produites lors de l'explication de la tâche à 4 disques.



Note : * = $p < .05$

(MS1 : Milieu socio-économique favorisé ; MS2 : Milieu socio-économique défavorisé)

Figure 29. Résultats des non-concordances gestes- paroles produites en fonction du type de stratégie de planification et milieu socio-économique- tâche à 4 disques

En ce qui concerne les non-concordances gestes-parole lors de l'explication du problème avec 4 disques nous remarquons qu'en utilisant une stratégie optimale aucun participant du groupe 8-10 ans n'a réussi à expliquer la planification de la tâche. Quant aux participants du groupe 12-14 ans des deux milieux socio-économiques, nous constatons que le groupe défavorisé produit un nombre plus faible de non-concordances que le groupe favorisé. Enfin, par rapport à la production de non-concordances gestes-parole chez les participants du groupe 18-20 le groupe de participants de milieu socio-économique favorisé produit un nombre inférieur de non-concordances par rapport au groupe défavorisé.

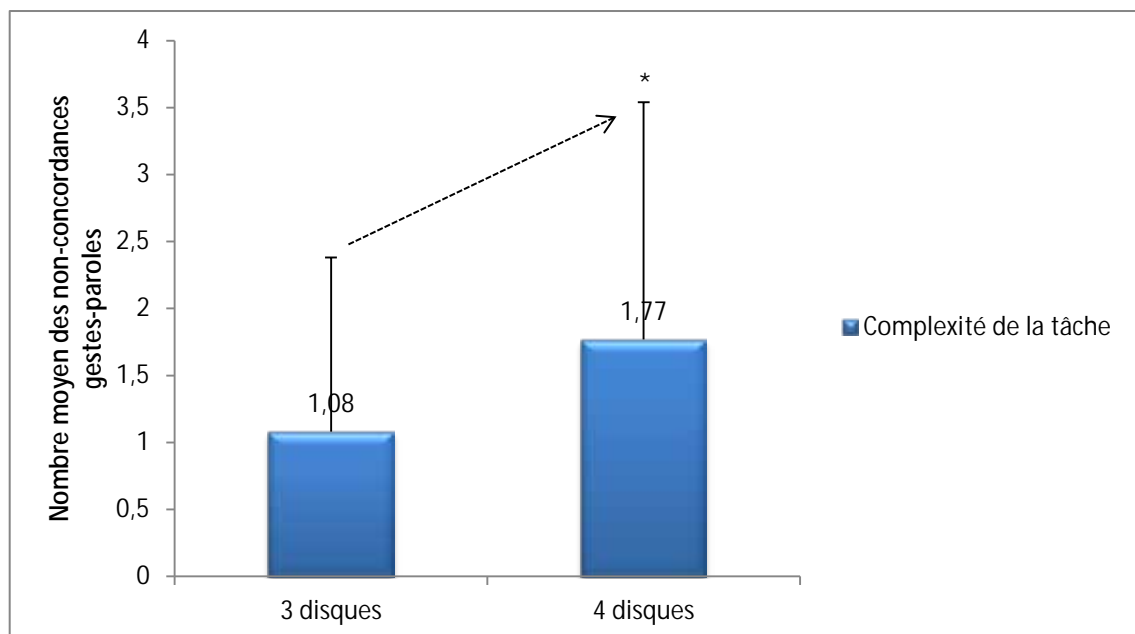
Lors de l'explication du problème selon une stratégie non-optimale, les deux groupes d'enfants de 8-10 ans (qu'ils soient issus d'un milieu favorisé ou non) ne se différencient pas quant à la production de non-concordances. De la même manière, l'écart entre les deux groupes d'adolescents de 12-14 ans (milieu favorisé *versus* milieu défavorisé) n'est pas assez important. En revanche, nous pouvons observer des différences entre le groupe d'adultes de milieu socio-économique favorisé et le groupe d'adultes de milieu défavorisé, avec un nombre moyen de non-concordances plus faible chez le groupe de milieu socio-économique favorisé.

6.1.2.3 Explications verbales et gestuelles des tâche à 3 et à 4 disques : effet du niveau de complexité.

Notre émettons l'hypothèse de l'effet de la complexité du problème de la Tour de Hanoi sur la production de non-concordances gestes-parole lors des explications des problèmes par les participants. On peut s'attendre à un effet de la complexité des tâches sur le nombre de non-concordances gestes-paroles. De ce fait, le nombre de non-concordances est plus important lors de l'explication de la tâche à 4 disques que lors de l'explication de celle à 3 disques chez tous les participants ($4 > 3$).

Afin de tester cette hypothèse en fonction de l'âge et du milieu socio-économique, nous avons réalisé une analyse de variance à mesures répétées. Tous les sujets (enfants de 8-10 ans, adolescents de 12-14 ans et adultes de 18-20 ans), ont passé les deux conditions du problème avec 3 et avec 4 disques. Notre variable dépendante étant les non-concordances entre les gestes et la parole, notre variable indépendant intra-sujet était la complexité de la tâche, et nos variables indépendantes inter-sujets, l'âge et le milieu socio-économique d'appartenance.

L'analyse a révélé un effet de la complexité de la tâche sur le nombre de non-concordances ($F(1,121) = 14,501 ; p < .000$). Nous confirmons donc cette hypothèse (cf. Figure 30).



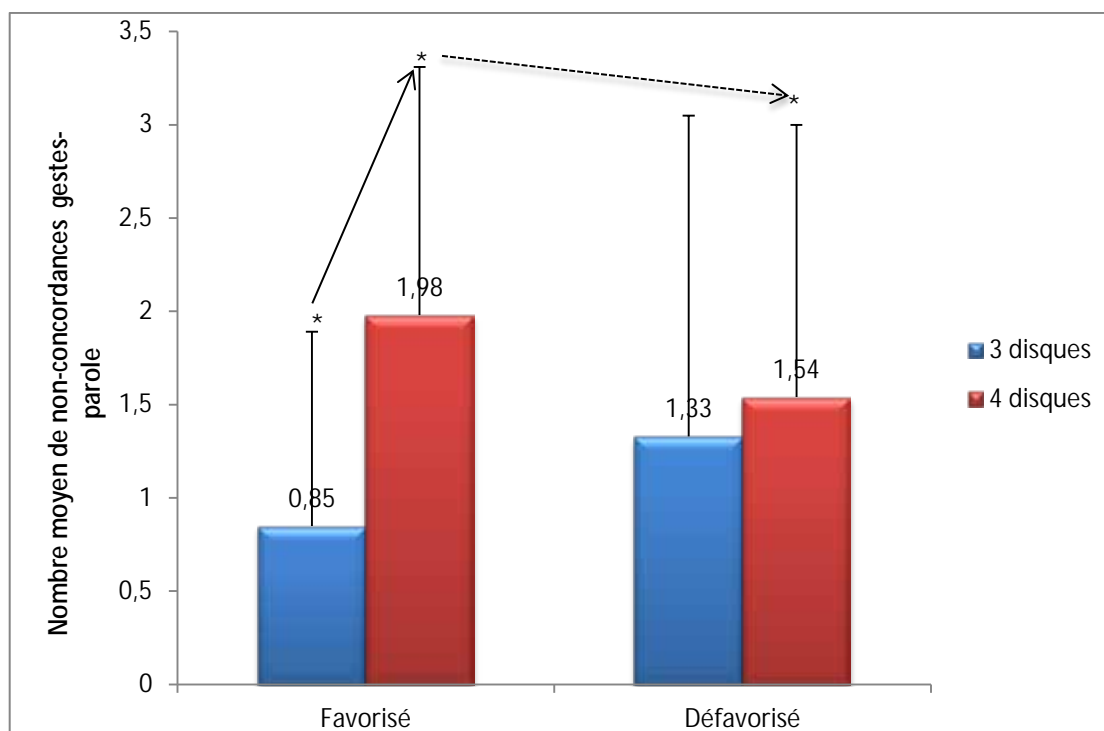
Note : * = $p < .00$

Figure 30. Nombre moyen de *non-concordances gestes-paroles* selon la complexité de la tâche à 3 et à 4 disques.

Cependant elle n'a pas révélé d'effet de la complexité de la tâche sur le nombre de non-concordances associé à l'âge ($F(2,121) = 0,693 ; p > .502$). L'hypothèse d'une interaction entre l'âge et la complexité de la tâche sur les occurrences de non-concordances n'est donc pas validée.

Nous avons considéré également dans notre analyse l'effet de la complexité de la tâche sur le nombre de non-concordances en fonction du milieu socio-économique d'appartenance. Cette analyse a confirmé cette hypothèse ($F(2,121) = 6,349 ; p < .013$).

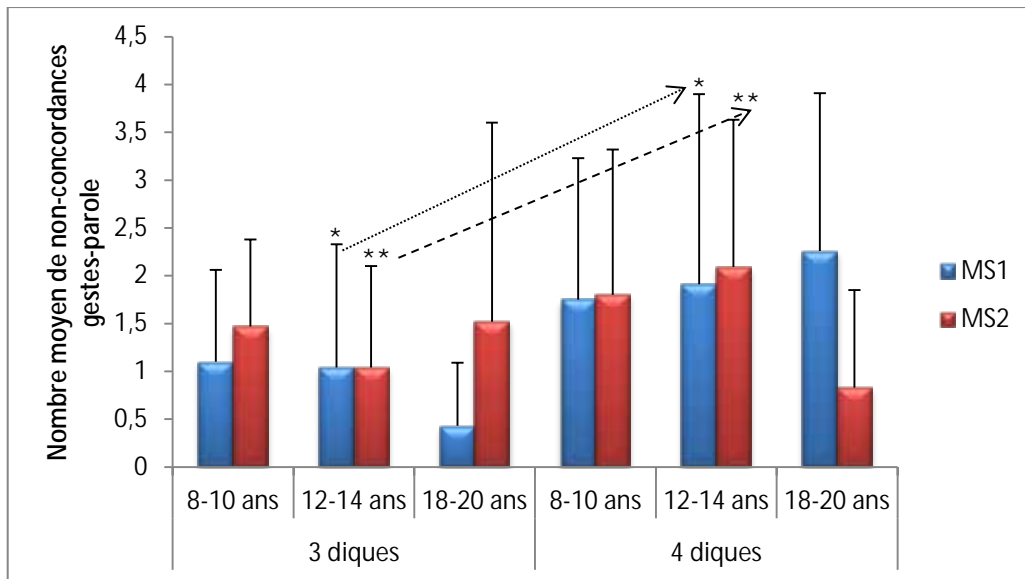
Le groupe de participants issus du milieu socio-économique favorisé produit davantage de non-concordances par rapport au groupe de participants issus du milieu socio-économique défavorisé, lors de l'explication de la tâche à 4 disques (et en comparaison avec la tâche à 3 disques) (cf. Figure 31).



Note : * = $p < .05$

Figure 31. Nombre moyen de non-concordances gestes-parole lors de l'explication selon la complexité de la tâche et le milieu socio-économique d'appartenance.

Enfin, l'analyse a confirmé une interaction de la complexité de la tâche associée avec l'âge et le milieu socio-économique sur le nombre de non-concordances gestes-paroles ($F(2,121) = 6,025 ; p < .003$) (cf. Figure 32).



Note : * = $p < .05$; ** = $p < .00$

(MS1 : Milieu socio-économique favorisé ; MS2 : Milieu socio-économique défavorisé)

Figure 32. Nombre moyen de non-concordances gestes-parole selon la complexité de la tâche par âge et milieu socio-économique d'appartenance.

Le test post-hoc de Bonferroni révèle que l'effet de la complexité de la tâche (3/4 disques), se manifeste par la production de non-concordances qui sont supérieures lors de l'explication de la tâche à 4 disques par rapport à ceux de la tâche à 3 disques chez les participants du groupe 12-14 ans et du milieu socio-économique favorisé ($p < .028$) et défavorisé ($p < .009$) ; et du groupe d'adultes de milieu socio-économique favorisé ($p < .000$). Toutefois, le test ne montre pas de différences significatives chez les deux groupes d'enfants ni pour la tâche à 3 disques ni pour la tâche à 4 disques.

Nous présentons par la suite un Tableau des hypothèses (validées et non validées) de cette deuxième partie des résultats (cf. Tableau 26, 27 et 28) :

Tableau 26. Hypothèses portant sur les effets inter-sujets de l'âge et du milieu socio-économique associé au type de stratégie sur la production de non-concordances gestes-paroles lors de l'explication de la tâche à 3 disques.

Hypothèses Opérationnelles	Attentes	Validation
Il existe un effet du type de stratégie (optimale/non-optimale) sur la production de non-concordances.	En utilisant une stratégie optimale de planification, le nombre de non-concordances est plus faible qu'en utilisant une stratégie non-optimale. (optimale<non-optimale).	Validée
Il existe un effet de l'âge associé au type de stratégie sur la production de non-concordances gestes-paroles.	On s'attend à ce que les adultes ⁴⁰ utilisent davantage une stratégie de planification optimale associée à un nombre plus faible de non-concordances gestes-parole que les adolescents qu'eux-mêmes en utilisent davantage que les enfants. (adultes<adolescents<enfants).	Non-validée
Il existe un effet du milieu socio-économique associé au type de stratégie sur la production de non-concordances gestes-paroles.	On s'attend à ce que le groupe de milieu socio-économique favorisé utilisent davantage une stratégie de planification optimale associée à un nombre plus faible de non-concordances gestes-parole par rapport à celui du groupe de milieu défavorisé (groupe favorisé<groupe défavorisé).	Non-validée

Tableau 27. Hypothèses portant sur les effets inter-sujets de l'âge et du milieu socio-économique associé au type de stratégie sur la production de non-concordances gestes-paroles lors de l'explication de la tâche à 4 disques.

Hypothèses Opérationnelles	Attentes	Validation
Il existe un effet du type de stratégie (optimale/non-optimale) sur la production de non-concordances.	En utilisant une stratégie optimale de planification, le nombre de non-concordances est plus faible qu'en utilisant une stratégie non-optimale. (optimale<non-optimale).	Non-validée
Il existe un effet de l'âge associé au type de stratégie sur la production de non-concordances gestes-paroles.	On s'attend à ce que les adultes utilisent davantage une stratégie de planification optimale associée à un nombre plus faible de non-concordances gestes-parole que les adolescents qu'eux-mêmes en utilisent davantage que les enfants. (adultes<adolescents<enfants).	Non-validée
Il existe un effet du milieu socio-économique associé au type de stratégie sur la production de non-concordances gestes-paroles	On s'attend à ce que le groupe de milieu socio-économique favorisé utilisent davantage une stratégie de réalisation optimale associée à un nombre plus faible de non-concordances gestes-parole par rapport au celui du groupe de milieu défavorisé (groupe favorisé<groupe défavorisé).	Non-validée

⁴⁰ Adultes (18-20 ans) ; adolescents (12-14 ans) ; enfants (8-10 ans).

Tableau 28. Hypothèses portant sur des effets intra-sujets de la complexité de la tâche associé à l'âge, au milieu socio-économique sur la production de non-concordances gestes-paroles.

Hypothèses Opérationnelles	Attentes	Validation
Il existe un effet de la complexité de la tâche sur la production de non-concordances gestes-parole.	le nombre de non-concordances est plus important lors de l'explication de la tâche à 4 disques que lors de l'explication de la tâche à 3 disques chez tous les participants (4>3).	Validée
Il existe un effet de la complexité de la tâche associée à l'âge sur la production de non-concordances gestes-parole.	on s'attend à ce que plus le participant est âgé, moins il produise de non-concordances lors de l'explication de la tâche la plus complexe (adultes<adolescents<enfants)	Non-validée
Il existe un effet de la complexité de la tâche associée au milieu socio-économique sur la production de non-concordances gestes-parole.	on s'attend à ce que le groupe de milieu socio-économique favorisé produit un nombre plus faible de non-concordances lors de l'explication de la tâche la plus complexe (favorisé<défavorisé)	Non-validée

6.2 Résultats phase 2 : phase de réalisation de la tâche.

Dans cette partie, nous exposons les résultats de la phase 2, correspondant à la phase de réalisation de la tâche à 3 et à 4 disques.

Nous avons identifié le type de stratégie à partir du nombre de déplacements de disques réalisés par les participants lors de leur résolution de la tâche à 3 et ensuite à 4 disques. Les résultats du nombre de déplacements de disques réalisés par les participants sont présentés en détail dans l'Annexe IV par groupe d'âge et par milieu socio-économique d'appartenance.

Deux types des stratégies ont été identifiés :

- c) **Stratégie optimale** : quand la résolution de la tâche a été la plus efficace, autrement dit, lorsque les participants ont réalisé 7 déplacements de disques pour la tâche à 3 disques et 15 pour la tâche à 4 disques.
- d) **Stratégie non-optimale** : quand la résolution de la tâche a été inefficace, en d'autres termes, lorsque les participants ont réalisé un nombre supérieur ou inférieur au nombre minimum de déplacements des disques (+/- 7 ou +/- 15).

6.2.1 Type de stratégie de réalisation du problème avec 3 et 4 disques en fonction de l'âge.

Comme pour la phase 1, (la phase d'explication verbale et gestuelle), nous présentons par la suite, des tableaux comparatifs selon le type de stratégie (optimale/non-optimale) utilisé par les participants mais lors de la réalisation du problème avec 3 et avec 4 disques en fonction de l'âge.

Nous émettons l'hypothèse d'un lien entre l'âge et la stratégie de réalisation de la tâche à 3 et à 4 disques. On s'attend à ce que les adultes utilisent davantage une stratégie de réalisation optimale que les adolescents qu'eux-mêmes en utilisent davantage que les enfants (adultes > adolescents > enfants).

Les Tableaux 29 et 30 présentent les résultats du type de stratégie pour le problème avec 3 disques et avec 4 disques respectivement. Nous comparons différents groupes d'âge : enfants et adolescents ; enfants et adultes ; adolescents et adultes.

Tableau 29. Effectifs croisés (et pourcentages) en fonction du groupe d'âge et du type de stratégie utilisé lors de la réalisation de la tâche à 3 disques

Type de Stratégie de réalisation	Groupe d'âge Comparatif groupes			
	8-10 ans (n=48)	12-14 ans (n=48)	18-20 ans (n=48)	Total (N=144)
Optimale*	21 (43,8)	37 (77,1)	29 (60,4)	87 (60,4)
Non-optimale**	27 (56,2)	11 (22,9)	19 (39,6)	57 (39,6)

*7 déplacements

** (+/- 7 déplacements)

La table de contingence ci-dessus permet de montrer qu'en ce qui concerne la tâche à **3 disques**, 77,1 % des adolescents utilisent une stratégie optimale lors de leur réalisation du problème. En revanche, 56,2 % des enfants utilisent une stratégie non-optimale. Le test du Chi 2 révèle un lien significatif entre les deux variables : âge et type de stratégie ($X^2(1) = 11,151, p < .001$).

Lorsqu'il s'agit de comparer les groupes d'enfants et d'adultes quant au type de stratégie utilisé pour la tâche à 3 disques, on peut observer dans le Tableau 43 ci-dessus que 60,4 % des adultes utilisent une stratégie optimale lors de la phase de

réalisation tandis que 56,2 % des enfants utilisent une stratégie non-optimale. Toutefois, le lien testant le type de stratégie utilisé et l'âge n'est pas significatif si on compare ces deux groupes d'âge ($X^2(1) = 2,671, p > .102$).

Enfin, 77,1 % des participants du groupe d'adolescents et 60,4 % des participants du groupe d'adultes utilisent une stratégie optimale lors de leur réalisation de la tâche à 3 disques. Le test du Chi 2 ne confirme pas le lien entre la variable âge et le type de stratégie utilisé en comparant le groupe d'adolescents et le groupe d'adultes ($X^2(1) = 3,103, p > .078$).

En ce qui concerne la tâche à **4 disques**, (cf. Tableau 30) autant d'enfants que d'adolescents ont utilisé une stratégie non-optimale de réalisation (respectivement : 88,6 % et 84,8 %). La relation entre les variables âge et le type de planification n'est pas significative pour cette tâche en comparant les groupes d'enfants et d'adolescents ($F(1) = 0,243, p > .749$).

Tableau 30. Effectifs croisés (et pourcentages) en fonction du groupe d'âge et le type de stratégie utilisé lors de la réalisation de la tâche à 4 disques⁴¹

Type de Stratégie de réalisation	Groupe d'âge Comparatif groupes			
	8-10 ans (n=35)	12-14 ans (n=46)	18-20 ans (n=46)	Total (N=127)
Optimale*	4 (11,4)	7 (15,2)	7 (15,2)	18 (14,1)
Non-optimale**	31 (88,6)	39 (84,8)	39 (84,8)	109 (85,8)

*15 déplacements ** (+/- 15 déplacements)

À l'instar de la comparaison entre les groupes d'enfants et d'adultes, les résultats sont semblables quand on compare le groupe d'enfants et le groupe d'adultes. La relation entre les variables âge et type de planification n'est pas significative pour la tâche à quatre disques ($F(1) = 0,243, p > .439$).

Enfin, le Tableau 31 ci-dessous présente les résultats concernant la comparaison entre le groupe d'adolescents et le groupe d'adultes. Le test exact de Fisher utilisé ne révèle pas de lien significatif entre les variables âge et type de planification pour ces deux groupes d'âge comparés ($F(1) = 0,000, p > 1.000$).

⁴¹ Pour cette analyse 15 participants ont été exclus car ils n'ont pas réalisé la tâche (13 enfants et 2 adolescents).

6.2.2 Type de stratégie de réalisation de la tâche en fonction du milieu socio-économique.

Nous supposons une relation entre le milieu socio-économique d'appartenance et le type de stratégie de réalisation (optimale/non-optimale) de la tâche. Ainsi, nous nous attendons à ce que les participants du milieu socio-économique favorisé utilisent davantage une stratégie de réalisation optimale par rapport au groupe des participants du milieu défavorisé qui utilisent davantage une stratégie de planification non-optimale (favorisé > défavorisé) lors de la réalisation de la tâche à 3 et à 4 disques.

Tableau 31. Effectifs croisés (et pourcentages) en fonction du milieu socio-économique et du type de stratégie utilisée lors de la réalisation de la tâche à 3 et à 4 disques.

Type de Stratégie	Milieu socio-économique					
	Favorisé		Défavorisé		Total	
	3 disques	4 disques	3 disques	4 disques	3 disques	4 disques
Optimale*	42 (58,3)	12 (18,2)	45 (62,5)	6 (9,8)	87 (48,6)	18 (7,1)
Non-optimale**	30 (41,7)	54 (81,8)	27 (37,5)	55 (90,2)	57 (51,4)	111 (92,9)

*7/15 déplacements ** (+/- 7/15 déplacements)

Les résultats relatifs à la tâche à 3 disques et à 4 disques (*cf.* Tableau XX) montrent que concernant la réalisation de la tâche à 3 disques, le groupe de participants du milieu défavorisé utilise davantage une stratégie de réalisation optimale, 62,5 % contre 58,3 % de participants issus du milieu favorisé. Toutefois, le test du Chi 2 testant le lien entre le milieu socio-économique et le type de stratégie utilisé n'est pas significatif ($X^2(1) = 0,261, p > .609$). Donc, pour cette tâche, la stratégie de réalisation de la tâche ne dépend pas du milieu socio-économique d'appartenance.

Quant à la tâche à 4 disques, la stratégie de résolution utilisée pour les deux groupes a été majoritairement une stratégie non-optimale. En effet, le test du Chi 2 ne révèle pas de différence significative ($X^2(1) = 1,815, p > .178$), ce qui nous indique qu'il n'existe pas de lien entre la stratégie utilisée et le milieu socio-économique d'appartenance pour cette tâche, qu'il soit réalisé avec 3 ou avec 4 disques.

Nous présentons par la suite un tableau des hypothèses (validées et non validées) de cette dernière partie des résultats (*cf.* Tableau 32) :

Tableau 32. Hypothèses portant sur les liens entre l'âge, le milieu socio-économique et le type de stratégie de réalisation de la tâche à 3 et 4 disques.

Hypothèses Opérationnelles	Attentes	Validation
Il existe un lien entre l'âge et le type de stratégie de réalisation pour la tâche à 3 et à 4 disques.	On s'attend à ce que les adultes ⁴² utilisent davantage une stratégie de réalisation optimale que les adolescents qu'eux-mêmes en utilisent davantage que les enfants. (adultes>adolescents>enfants).	Validée : en comparant le groupe 8-10 ans et le groupe 12-14 ans (tâche avec 3 disques) Non-validée : en comparant les groupes 8-10 ans/18-20 ans et le groupe 12-14 ans/18-20 ans (tâche avec 3 disques) Non-validée : en comparant les trois groupes (tâche avec 4 disques)
Il existe une relation entre le milieu socio-économique d'appartenance et le type de stratégie de réalisation de la tâche utilisée pour la tâche à 3 et à 4 disques.	On s'attend à ce que le groupe du milieu socio-économique favorisé utilise davantage une stratégie de réalisation optimale que celui du milieu défavorisé qui utilise davantage une stratégie de réalisation non-optimale (favorisé>défavorisé).	Non validée

6.3 Résultats des analyses comparatives : phase d'explication verbale et gestuelle et phase de réalisation de la tâche à 3 et à 4 disques.

L'analyse des résultats qui suit vise à faire une comparaison entre la phase d'explication verbale et gestuelle (phase 1) et la phase de réalisation effective de la tâche à 3 et à 4 disques (phase 2). Pour cette analyse comparative, nous avons constitué les trois groupes suivants de participants :

Groupe 1 (stratégie optimale-optimale): il s'agit des participants qui ont expliqué la tâche en utilisant une stratégie optimale (en phase 1), et qui ont ensuite utilisé une stratégie optimale dans la phase de réalisation de la tâche à 3 et à 4 disques (en phase 2)

⁴² Adultes (18-20 ans) ; adolescents (12-14 ans) ; enfants (8-10 ans).

Groupe 2 (stratégie optimale-non-optimale et stratégie non-optimale-optimale): il s'agit soit des participants qui ont expliqué la tâche en utilisant une stratégie optimale (en phase 1), et qui ensuite ont utilisé une stratégie non-optimale (en phase 2) ou soit des participants qui ont expliqué la tâche en utilisant une stratégie non-optimale (en phase 1), et qui sont ensuite passés à une stratégie optimale (en phase 2).

Groupe 3 (stratégie non-optimale-non-optimale): il s'agit des participants qui ont expliqué la tâche en utilisant une stratégie non-optimale dans les deux phases.

Nous présentons des résultats descriptifs-comparatifs en fonction de l'âge et du milieu socio-économique pour la tâche à 3 disques. Pour cela, nous avons utilisé le test du Chi 2. Etant donné que l'effectif est, dans certains cas, inférieur à 5, nous présentons dans l'Annexe V, les Tableaux de résultats descriptifs concernant la tâche à 4 disques.

6.3.1 Type de stratégie : comparaison entre la phase 1 et la phase 2 de la tâche à 3 et à 4 disques en fonction de l'âge.

Nous supposons un lien entre l'âge et l'utilisation du type de stratégie en comparant les deux phases de résolution du problème (phase d'explication et phase de réalisation) avec 3 et 4 disques.

De ce fait, nous supposons que plus l'âge augmente plus la tendance à utiliser la stratégie optimale dans les deux phases augmente aussi. Nous présentons l'analyse des résultats concernant la tâche à 3 disques en utilisant le test du Chi2.

Nous réalisons plusieurs analyses en comparant les différents groupes d'âge : 8-10 ans et 12-14 ans ; 8-10 ans et 18- 20 ans et 12-14 ans et 18-20 ans.

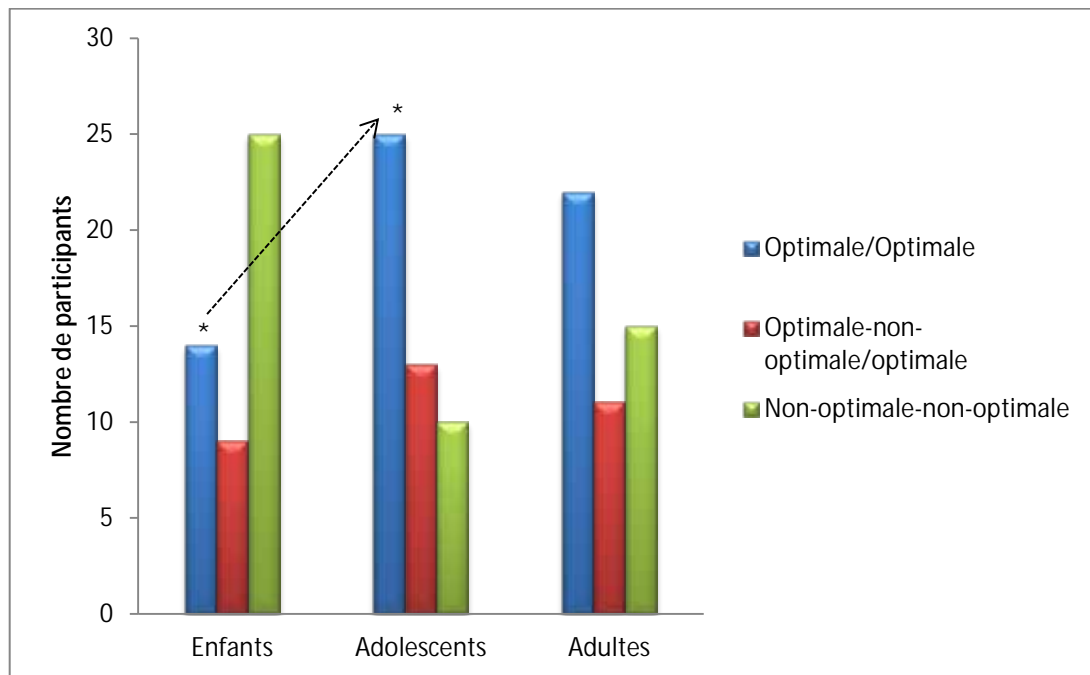
Les résultats sont présentés dans le Tableau 33 ci-après :

Tableau 33. Effectifs croisés du comparatif entre la phase d'explication et la phase de réalisation de la tâche à 3 disques en fonction de l'âge.

Types de stratégie Phase 1 et 2	Groupes d'âge			
	8-10 ans (n=48)	12-14 ans (n=48)	18-20 ans (n=48)	Total (N=144)
Optimale/Optimale	14 (29,2)	25 (52,1)	22 (45,8)	61 (42,3)
Optimale-non-optimale-optimale	9 (18,8)	13 (27,1)	11 (22,9)	33 (22,9)
Non-optimale/Non-optimale	25 (52,1)	10 (20,8)	15 (31,3)	50 (34,8)

Plus de la moitié des participants du groupe d'adolescents utilisent une stratégie optimale lors des deux phases pour résoudre la tâche à 3 disques (52,1%). Nous retrouvons le même pourcentage chez les enfants mais, en revanche, ils utilisent une stratégie non-optimale. Cette répartition montre que, quel que soit le type de phase de résolution de ce problème, (la phase d'explication ou la phase de réalisation), l'âge semble être fortement lié à l'utilisation d'un type de stratégie. En effet, le test du Chi 2 testant le lien entre l'âge et l'utilisation de la stratégie optimale dans les deux phases est significatif, en comparant le groupe d'enfants et le groupe d'adolescents ($X^2(2) = 10,258, p < .006$).

Nous présentons dans la Figure 33 ci-après ces résultats :



Note : * = $p < .00$

Figure 33. Nombre des participants ayant utilisé une stratégie de résolution de la tâche à 3 disques en phase 1 et 2.

Les adultes utilisent une stratégie optimale lors des deux phases pour résoudre la tâche à 3 disques (45,8%). En revanche, 52,1 % des participants du groupe d'enfants utilisent une stratégie non-optimale lors de deux phases. Toutefois, le test du Chi 2 testant le lien entre l'âge et l'utilisation de la stratégie optimale dans les deux phases n'est pas significatif ($X^2(2) = 4,438, p > .107$).

Enfin, la différence n'est pas significative lorsqu'on compare la répartition des participants du groupe d'adultes (45,8 %) et celle du groupe d'adolescents (52,1 %). ($X^2(2) = 4,478, p > .507$).

6.3.2 Type de stratégie : comparaison entre la phase 1 et la phase 2 de la tâche à 3 et à 4 disques en fonction du milieu socio-économique.

Nous supposons un lien entre le milieu socio-économique et l'utilisation de la stratégie, en comparant les deux phases de résolution (phase d'explication et phase de réalisation) de la tâche à 3 et à 4 disques.

Ainsi donc, nous nous attendons à ce que les participants appartenant au milieu socio-économique favorisé utilisent davantage une stratégie optimale dans les deux phases (d'explication et de résolution), par rapport aux participants appartenant au milieu socio-économique défavorisé qui, à leur tour, utilisent majoritairement une stratégie non-optimale lors de deux phases (*cf.* Tableau 34).

Tableau 34. Effectifs croisés du comparatif entre la phase d'explication et la phase de réalisation effective de la tâche à 3 disques en fonction du milieu socio-économique

Types de Stratégie Phase 1 et 2	Milieu socio-économique		
	Favorisé (n=72)	Défavorisé (n=72)	Total (N=144)
Optimale/Optimale	33 (45,8)	28 (39,8)	61 (42,4)
Optimale-non-optimale-optimale	15 (20,8)	18 (25,0)	33 (22,9)
Non-optimale/Non-optimale	24 (33,3)	26 (36,1)	50 (34,7)

Davantage de participants des deux milieux socio-économiques utilisent une stratégie optimale, lors de la résolution de la tâche à 3 disques dans les deux phases (d'explication et de réalisation). Il existe toutefois une différence dans la répartition des participants du groupe favorisé et défavorisé (45,8% *versus* 39,8%). Mais celle-ci n'est pas significative. Cela nous indique que, quel que soit le milieu socio-

économique d'appartenance, les participants utilisent prioritairement une stratégie optimale lors des deux phases ($X^2(2) = .763, p > .683$).

Nous présentons par la suite un tableau des hypothèses (validées et non validées) de cette dernière partie des résultats (cf. Tableau 35) :

Tableau 35. Hypothèses portant sur les liens entre l'âge, le milieu socio-économique et le type de stratégie de réalisation en comparant les deux phases de résolution .

Hypothèses Opérationnelles	Attentes	Validation
Il existe un lien entre l'âge et le type de stratégie utilisé lors de deux phases de résolution de la tâche à 3 disques (planification et réalisation).	On s'attend à ce que les adultes utilisent davantage une stratégie de réalisation optimale que les adolescents qu'eux-mêmes en utilisent davantage que les enfants lors de deux phases de résolution (adultes > adolescents > enfants).	Validée : en comparant le groupe 8-10 ans et le groupe 12-14 ans (tâche à 3 disques). Le groupe 8-10 ans utilise lors des deux phases un type de stratégie non-optimale. Le groupe 12-14 ans une stratégie optimale. Non-validée : en comparant les groupes 8-10 ans/18-20 ans et le groupe 12-14 ans/18-20 ans (tâche à 3 disques)
Il existe une relation entre le milieu socio-économique d'appartenance et le type de stratégie utilisé lors de deux phases de résolution de la tâche à 3 disques (planification et réalisation).	On s'attend à ce que le groupe du milieu socio-économique favorisé utilise davantage une stratégie optimale que celui du milieu défavorisé qui utilise davantage une stratégie non-optimale lors de deux phases de résolution. (favorisé > défavorisé).	Non validée : Quel que soit le milieu socio-économique, les deux groupes (favorisé et défavorisé) ont utilisé un type de stratégie optimale lors de deux phases.

Résumé

L'hypothèse testant le lien entre l'âge et l'utilisation d'un type de stratégie (optimale/non-optimale) lors de deux phases, celle d'explication et celle de réalisation du problème de la Tour de Hanoï avec 3 et avec 4 disques a été validée seulement pour le problème avec 3 disques : en comparant le groupe 8-10 ans et le groupe 12-14 ans. Le groupe d'enfants utilise autant dans la phase d'explication que dans la phase de réalisation un type de stratégie non-optimale. En revanche, le groupe d'adolescents utilise un type de stratégie optimale.

En utilisant la variable milieu socio-économique, nous n'avons pas trouvé de différences significatives entre les groupes.

PARTIE III :DISCUSSION ET CONCLUSION

Chapitre 7. Discussion

Notre recherche s'inscrit d'une part, dans la continuité des travaux sur la planification en situation de résolution de problèmes, et d'autre part, dans le cadre d'études récentes sur la gestualité qui mettent en évidence que les gestes accompagnant la parole peuvent révéler également des informations, lorsque nous planifions et résolvons des problèmes complexes. D'où l'originalité principale de cette étude, qui intègre aux anciens paradigmes de l'étude de l'activité de planification, de nouveaux éléments théoriques et méthodologiques.

Pour ce faire, nous nous proposons de mener une réflexion approfondie selon les modalités suivantes :

- Nous souhaitons compléter les recherches publiées dans le domaine en considérant que les gestes qui accompagnent la parole, et en particulier, les non-concordances entre les gestes et la parole, peuvent servir d'indicateur permettant de mieux comprendre les mécanismes sous-jacents de la planification lors de la résolution du problème de la Tour de Hanoï.
- Nous proposons d'étudier la planification en nous intéressant à trois groupes d'âges différents (des enfants, des adolescents et des jeunes adultes) afin d'identifier d'éventuelles différences liées au développement. En effet, la plupart des recherches dans ce domaine fournissent des résultats issus de comparaisons entre un groupe d'enfants et un groupe d'adultes, et très peu d'entre elles considèrent les adolescents en tant que groupe particulier par rapport à un groupe d'enfants et un groupe d'adultes.
- Nous vérifierons les hypothèses déjà évoquées concernant l'impact de certains facteurs tel que le contexte socio-économique et la complexité de la tâche, sur le développement de la planification.

Nos objectifs spécifiques étant de voir les effets de l'âge, du milieu socio-économique et de la complexité de la tâche sur le développement de la planification, ces trois facteurs ont orienté l'analyse des résultats présentés dans le chapitre précédent. Ces résultats ont été organisés en fonction de **deux phases** : la phase 1,

phase d'explication verbale et gestuelle de la tâche (sans manipulation des disques) et la phase 2, phase de réalisation effective du problème (avec manipulation des disques) où nous réalisons également une comparaison entre la phase 1 et la phase 2. Nous présentons donc ici nos principaux résultats en fonction de ces deux phases et les discutons à partir des différents éléments théoriques présentés dans la partie 1 (chapitres 1, 2 et 3).

7.1 Planifier la Tour de Hanoï à travers des déplacements verbaux et gestuels anticipés: phase 1

Notre intérêt portant sur l'analyse de la planification (que nous définissons comme la capacité d'anticiper des actions menant à un but) à travers les gestes et la parole, nous avons choisi de consacrer la première partie de notre expérience à cette phase 1, la phase anticipant la réalisation du problème. Nous avons groupé deux types de variables pour l'analyse des données. D'une part, des variables générales comme le nombre de tentatives d'explication et le temps d'explication pour chaque tâche (à 3 et 4 disques), d'autre part, des variables plus spécifiques à notre recherche comme le type de stratégies de planification (optimale/non-optimale) et la production de non-concordances gestes-paroles. Ces deux dernières variables sont analysées lors des déplacements verbaux et gestuels imaginés et exprimés par les participants afin de résoudre le problème (avec 3 et avec 4 disques).

Le nombre de tentatives et le temps de résolution du problème ont été analysés en différentes études et sont souvent utilisés comme des indicateurs de la performance des participants (Barral, Debu & Rival, 2006, Bishop, Aamodt-Leeper, McGurk & Skuse, 2001 ; Bull, Andrews Espy & Senn, 2004). Mais dans ces études, les participants sont évalués lors des tâches d'exécution ; autrement dit, le nombre de tentatives et le temps de résolution sont calculés lors de la réalisation du problème. De ce fait, réussir la tâche avec un nombre inférieur de tentatives en un temps moins élevé semble être considéré comme un indicateur d'un haut niveau de planification.

Nous avons souhaité dans notre étude, voir si, lors des explications verbales et gestuelles (sans déplacements manuels de disques), ces deux variables permettaient également d'évaluer la capacité de planification de la Tour de Hanoï. À notre connaissance, il n'existe pas d'étude qui a évalué ces deux indicateurs à travers les explications verbales et gestuelles. Nous avons donc émis l'hypothèse que, comme

dans les études précédentes, un nombre inférieur de tentatives et un temps minimum d'explication verbale et gestuelle étaient des critères d'évaluation de la capacité de planification de la tâche à 3 et à 4 disques. Nous testons ces hypothèses en fonction de l'âge et du milieu socio-économique. Nous présentons et discutons les principaux résultats trouvés par la suite.

7.1.1 Analyse de variables générales

Tentatives et temps d'explication verbale et gestuelle anticipant la réalisation de la tâche : critères généraux du développement de la planification ?

Nombre de tentatives d'explication verbale et gestuelle

Notre hypothèse d'un effet développemental sur la planification, étudiée au travers du nombre de tentatives verbales et gestuelles, n'a pas été confirmée pour le problème avec 3 disques. En effet, lors de l'explication verbale et gestuelle de ce problème, les différences entre nos groupes n'ont pas été significatives. Concernant le problème avec 4 disques, un effet significatif de l'âge a été mis en évidence. Cet effet cependant, a montré, contrairement à notre hypothèse, que ce sont les enfants qui réalisent un nombre inférieur de tentatives en comparaison avec les adolescents qui font davantage de tentatives que les adultes.

Nos résultats s'expliquent par le fait que les enfants parfois, suite à des essais infructueux, se sont découragés très rapidement et ont eu tendance à abandonner assez rapidement le jeu.

On peut s'interroger sur le fait que les adultes (et éventuellement les adolescents), censés être capables de résoudre le problème avec 4 disques en un nombre inférieur de tentatives, en ont fait davantage que les enfants. Une explication, somme toute réaliste, serait d'admettre que, pour les adultes comme pour les enfants, se donner le peine d'expliquer la résolution du problème sans déplacer les disques, représente pour eux aussi, une tâche coûteuse sur le plan cognitif. En raison de quoi, nous supposons qu'ils ont besoin d'un nombre supérieur de tentatives pour s'assurer de la réussite du problème. De surcroît, parler et expliquer à un autre personne, dans ce cas à l'expérimentateur, implique également

de s'obliger à donner une réponse « correcte » à ce qui est demandé. En fait, la consigne donnée aux participants comprenait la phrase suivante « *tu peux m'expliquer, dès que tu sais* ».

Malgré cela, 9 des participants de notre étude, soit 5 adultes et 4 adolescents ont tout de même réussi à expliquer le problème avec 4 disques dans le nombre minimum de déplacements. En plus, si l'on considère les études de Clément (2001, 2006) et Richard (1982), le nombre d'essais (ou de tentatives, dans notre étude), est interprété comme changement de représentation du problème (Richard, 1982) ou de point de vue (Clément, 2006, 2007). Cela semble aussi un élément important de la résolution de problèmes et de ce fait, nous le considérons aussi pour l'activité de **planification**.

D'après nos résultats, il n'y a donc pas d'effet d'âge sur la capacité de planification en prenant comme indicateur le nombre de tentatives. Ce qui revient à dire que nos résultats contredisent, d'une part, certaines études qui estiment qu'un nombre minimum de tentatives est le signe d'une meilleure capacité de **planification**. Mais ils posent d'autre part la question de savoir si le fait de réaliser plusieurs tentatives n'est pas aussi un signe de flexibilité cognitive, fonction cognitive indispensable lors de la planification de problèmes complexes comme la Tour de Hanoï. C'est ce dont témoignent les études de Richard et Clément cités précédemment et d'autres recherches portant sur les fonctions exécutives, dont la **planification**.

Enfin, un autre élément, **non négligeable** est le fait que la mémoire intervient aussi lors de la planification de ce problème. Faire plusieurs tentatives prend du temps et pose un problème de mémorisation (Diaz, *et al.*, 2012).

Temps d'explication verbale et gestuelle

Nous avons aussi analysé le développement de la planification en fonction du temps d'explication verbale et gestuelle de chaque tâche. Nous avons supposé, comme pour le nombre de tentatives, que les participants plus âgés utiliseraient un temps plus faible que les plus jeunes. Notre hypothèse, n'a pas été confirmée ni pour la tâche à 3 disques ni pour la tâche à 4 disques, même si nos résultats mettent en **exergue** des effets significatifs par rapport au temps lors de l'explication de la tâche

à 4 disques. Une analyse plus détaillée nous a montré que ces différences apparaissent entre les enfants et les adolescents. Les adolescents utilisent davantage de temps pour expliquer la tâche à 4 disques. Ce résultat semble logique car ce sont également les adolescents qui réalisent un nombre supérieur de tentatives d'explication. Cependant, les adolescents utilisent aussi davantage de temps que les deux autres groupes (enfants et adultes) pour expliquer la tâche à 3 disques ; alors que, ce sont eux qui réalisent en moyenne un nombre inférieur de tentatives.

L'analyse du temps mis à réaliser la tâche est une des variables les plus controversées dans les études sur la planification lors de la résolution de problèmes (Matute *et al*, 2008). Quel temps calculer en effet ? Faut-il comptabiliser plutôt le temps de réaction ? Les laps de temps où le participant s'arrête lors de sa résolution du problème ? Les études de Richard (1997) et Clément (2007), avec le problème de la Tour de Hanoï, par exemple, interprètent le temps d'arrêt des participants comme des difficultés de résolution.

Nous avons décidé d'analyser le temps investi par nos participants depuis le moment où la consigne a été donnée jusqu'à la fin de l'explication du problème. Dans les études classiques, ce temps correspondrait au temps d'exécution (avec manipulation des disques dans ce cas) Nous étions conscients, lors de l'analyse de cette variable que nous devions être prudents avec les résultats obtenus. D'une part, parce que nous n'avions pas connaissance d'études précédentes qui portaient sur la planification verbale et gestuelle avec lesquelles comparer la nôtre, et d'autre part, parce que le temps d'explication contrairement au temps de réalisation (avec manipulation de disques), peut être lié à des contraintes individuelles, par exemple la vitesse d'élocution de l'individu lorsqu'il parle (Roustan, 2012) et pas forcément à une difficulté de planification.

Or, nous ne pouvons pas analyser ces deux variables précédentes, à savoir, le nombre de tentatives et le temps d'explication, sans les associer à la réussite de la tâche, c'est-à-dire, à l'accomplissement du but : construire la tour A dans la Tour C, en suivant le schéma le plus court dans l'espace problème (ou espace de la tâche) et en respectant les règles.

Ainsi donc, en comparant le nombre de tentatives d'explication de la tâche à 3 disques avec le type de stratégie de planification (optimale/non-optimale), le groupe d'enfants (8-10 ans) est le moins performant. Cela veut dire que, majoritairement, ils

n'accomplissent pas le problème, autrement dit, ils utilisent une stratégie de planification non-optimale. Quant aux groupes plus âgés, ils utilisent une stratégie de planification optimale en produisant un nombre minimum de tentatives mais dans un temps d'explication plus long. En particulier, le groupe d'adolescents (12-14 ans) réalise un nombre inférieur de tentatives par rapport aux groupes d'enfants et des adultes, mais ils utilisent un temps plus long.

En somme, même si notre hypothèse développementale n'a pas été confirmée en considérant le nombre de tentatives et le temps d'explication séparément, nous pouvons, en mettant en lien ces deux variables avec la stratégie de planification du problème (optimale/non-optimale), supposer que pour la tâche à 3 disques, un nombre plus faible de tentatives d'explication verbale et gestuelle et un temps plus élevé d'explication, semblent prédire une stratégie optimale de planification pour les groupes les plus âgés, notamment chez les adolescents. Quant à la tâche à 4 disques, ces deux variables (nombre de tentatives et temps d'explication), semblent ne pas avoir de relation avec la réussite de cette tâche car la majorité des participants utilise davantage une stratégie non-optimale lors de son explication.

Le nombre de tentatives et le temps sur le développement de la planification : quelle influence du milieu socio-économique d'appartenance ?

Le nombre de tentatives et le temps d'explication ont été également analysés en fonction du milieu socio-économique. Cette variable a été prise en compte dans notre étude pour différentes raisons : la première, étant l'intérêt d'étudier le développement de la planification dans un sens plus large, en considérant des facteurs autres que l'âge. La seconde, à notre connaissance, parce qu'aucune recherche étudiant le développement de la planification en lien avec la gestualité co-verbale n'a été faite en considérant le contexte socio-économique d'appartenance. Et la troisième, il existe des études, comme on l'a déjà présenté dans le chapitre 2, qui démontrent que lorsqu'on évalue l'influence du facteur socio-économique sur les fonctions exécutives (dont la planification), les performances des participants de milieu socio-économique défavorisé sont inférieures à celles des participants de milieu socio-économique favorisé (Aran, 2011 ; Farah *et al.*, 2006 ; Roselli *et al.*, 2004).

Nous avons voulu également tester l'hypothèse suivante : le nombre inférieur de tentatives et le temps d'explication verbale et gestuelle a une influence sur la planification en considérant le milieu socio-économique. Les participants de milieu socio-économique favorisé, comme pour les études précédentes, ont des performances plus basses. Autrement dit, par rapport aux participants du milieu socio-économique favorisé, les participants du milieu socio-économique défavorisé font davantage de tentatives d'explication et investissent davantage de temps.

Tentatives et milieu socio-économique

Nos résultats ne révèlent pas de différence significative entre les deux groupes (favorisé et défavorisé) par rapport au nombre de tentatives d'explication de la tâche à 3 et 4 disques, mais un effet d'interaction de l'âge et du milieu socio-économique quant au nombre de tentatives d'explication de la tâche à 4 disques. Cet effet d'interaction révèle que la différence se situe entre le groupe d'enfants et d'adolescents. Ces derniers doublent le nombre de tentatives par rapport au groupe d'enfants. Ces deux groupes de participants appartiennent au milieu défavorisé.

Temps d'explication verbale et gestuelle et milieu socio-économique

En considérant le temps d'explication verbale et gestuelle de la planification, les différences entre les deux groupes se présentent par rapport à la tâche à 3 disques et pas pour la tâche à 4 disques. En effet, les participants du groupe défavorisé utilisent davantage de temps pour expliquer la tâche à 3 disques.

Nos résultats montrent aussi une interaction de l'âge et du milieu socio-économique par rapport au nombre de tentatives. La question que l'on se pose est comment analyser les effets d'interactions ? Comment interpréter le fait que l'âge a aussi une influence ? Ce n'est pas l'ensemble des participants du groupe défavorisé qui réalisent davantage de tentatives, il s'agit de différences entre les groupes d'enfants et d'adolescents appartenant à ce milieu. On peut donc supposer que le développement de la planification, mesuré avec ce seul critère, à savoir le nombre de tentatives, est influencé aussi par le milieu socio-économique.

Nous reviendrons sur ces aspects, à la fin de cette première partie. Nous discutons maintenant les résultats issus de l'analyse sur la relation entre les gestes et la parole lors de cette première phase d'explication verbale et gestuelle de la Tour de Hanoï.

7.1.2 Relation gestes-parole lors de l'explication d'une tâche de planification : stratégie de planification et non-concordance gestes-parole.

7.1.2.1 Stratégie de planification : influence de l'âge et du milieu socio-économique.

Dans les recherches portant sur la planification en utilisant la Tour de Hanoï, le nombre minimum de déplacements est considéré comme un des indicateurs de la capacité de planification (Diaz *et al.*, 2012 ; Matute *et al.*, 2008 ; Newell & Simon, 1972 ; Richard, 1994, 2004).

Dans notre recherche, nous considérons également ce critère et en plus, les non-concordances gestes-paroles comme un deuxième indicateur du développement de la planification en nous appuyant sur les recherches de Garber et Goldin-Meadow (1997, 2002). De ce fait, nos deux variables déterminant la capacité de planification étaient : a) le type de stratégie de planification optimale et non-optimale et b) la production de non-concordances gestes-paroles lors des explications anticipant la réalisation du problème.

Nous avons établi à partir du nombre de déplacements verbaux et gestuels des participants, deux catégories : a) une stratégie optimale, si ce nombre correspondait au nombre minimum de déplacements (preuve qu'ils ont choisi le chemin le plus court dans l'espace-problème) et b) une stratégie non-optimale, si ce nombre dépassait le nombre minimum de déplacements (preuve qu'ils n'ont pas suivi le chemin le plus court).

Les non-concordances ont été analysées selon le type de stratégie de planification. La production des non-concordances nous indiquerait le niveau du développement de la capacité de planification des participants en résolvant la Tour de Hanoï. Produire des concordances gestes-paroles et réussir la tâche en utilisant une stratégie optimale indiquent que la capacité à planifier verbalement et gestuellement cette tâche est acquise. En revanche, produire des non-concordances

et ne pas réussir la tâche indiquerait que la capacité à planifier le problème est encore en développement.

Nous avons constitué trois groupes d'âges : de 8-10 ans (enfants), 12-14 ans (adolescents) et 18-20 ans (adultes). En considérant les recherches précédentes sur le développement de la planification lors de la résolution du problème de la Tour de Hanoï, nous nous attendions donc à de meilleures performances chez les adultes, par rapport aux adolescents et aux enfants; et chez les adolescents, par rapport aux enfants.

Par la suite nous analysons et discutons les résultats en fonction de deux variables indépendantes : l'âge et le milieu socio-économique.

Stratégie de planification verbale et gestuelle en fonction de l'âge.

Lors de l'explication verbale et gestuelle anticipant la réalisation de la tâche à 3 disques, l'analyse nous indique que c'est le groupe d'adolescents (12-14 ans) qui obtient la meilleure performance. En effet, ils représentent le pourcentage le plus élevé utilisant une stratégie optimale. Puis, les adultes (18-20 ans) ont aussi utilisé une stratégie optimale, mais dans une proportion inférieure au groupe d'adolescents. Enfin, les enfants (8-10 ans), ont utilisé majoritairement une stratégie de planification non-optimale. Le test statistique effectué a révélé uniquement une différence significative entre le groupe d'enfants et le groupe d'adolescents par rapport à ce résultat.

Lors de l'explication de la tâche à 4 disques, tous les participants ont utilisé une stratégie de planification non-optimale et cela indistinctement de l'âge. D'ailleurs, aucun participant du groupe d'enfants n'a réussi à expliquer cette tâche dans le nombre minimum de déplacements et uniquement une faible proportion du groupe d'adolescents et du groupe d'adultes l'a accomplie. Ces résultats concordent partiellement avec des recherches classiques qui ont étudié le développement de la planification en utilisant des problèmes de transformation tels que la Tour de Hanoï et la Tour de Londres. Ces études confirment un effet de l'âge sur la réussite de ce type de problèmes.

En effet, l'étude de Byrnes et Spitz (1979) a mis en évidence que le problème à 3 disques n'est réussi dans le minimum de coups que par 70% des adolescents de 14

ans. Cette étude explique d'ailleurs qu'il y a aussi un progrès important entre 12 et 14 ans. En outre, l'étude de De Luca *et al.* (2003) a trouvé que les enfants de 8 à 10 ans et ceux de 11 à 14 ans obtenaient un nombre de solutions parfaites significativement inférieur (essais complétés correctement avec le nombre de mouvements a minima) en comparaison avec le groupe de 15 à 29 ans. Dans notre recherche nous n'avons pas trouvé des différences significatives entre les groupes de 12 à 14 ans et le groupe d'adultes de 18 à 20 ans par rapport au type de stratégie de planification utilisé. Si on compare ce résultat avec celui de De Luca (*op. cit.*) on peut supposer que vers 14 ans les adolescents ont acquis la capacité « adulte » pour résoudre d'une façon efficace la tâche. Il nous semble toutefois que l'étude de De Luca, prend en marge une tranche d'âge très étendue (15 à 29 ans), ce qui à différence de notre étude, ne permet pas de voir les effets développementaux. À notre avis, le niveau de développement cognitif d'un adolescent de 15 ans n'est pas similaire à celui d'un adulte.

En revanche, nos résultats semblent ne pas être compatibles avec d'autres études classiques qui attestent d'un côté, que le niveau adulte est atteint à 6 ans pour la tâche à 3 disques (Welsh, 1991), à 8 ans pour la Tour de Londres (Klenberg, Korkam & Lahti-Nuuttila, 2001). En effet, ce n'est pas le cas pour les enfants de notre étude âgés de 8 ans.

Les performances pour la tâche à 4 disques sont encore à 12 ans, inférieures au niveau adulte, comme le confirme l'étude de Welsh (1991). Ces résultats coïncident également avec les nôtres. Les groupes d'enfants et d'adolescents de notre étude n'ont pas réussi dans le nombre minimum de déplacements, à expliquer la tâche à 4 disques. Par contre, on s'attendait à ce que le groupe d'adultes obtienne des performances supérieures par rapport à ces deux groupes, lors de l'explication de cette tâche. Le groupe d'adultes, de même que les groupes d'adolescents et d'enfants, ont utilisé une stratégie non-optimale de planification de la tâche à 4 disques.

Ces résultats semblent suggérer que la planification verbale et gestuelle de la tâche à 3 disques est majoritairement atteinte entre 12 et 14 ans. En effet, nous avons trouvé des différences significatives entre le groupe d'enfants et le groupe d'adolescents mais pas entre le groupe d'adolescents et le groupe d'adultes. Pour ce qui est de la tâche à 4 disques, la planification verbale et gestuelle n'est atteinte que

pour une proportion très faible des participants du groupe d'adolescents et des adultes et pas pour le groupe d'enfants.

La planification est une capacité cognitive que se développe avec l'âge. Nous l'avons évaluée au travers des explications verbales et gestuelles anticipant la réalisation effective de la tâche de la Tour de Hanoï à 3 et à 4 disques, sans déplacement de disques. Une autre explication des résultats précédents par rapport aux performances des enfants en comparaison avec les performances des adolescents peut aussi rejoindre l'explication des stades de Piaget (Piaget, 1974, 1977). En expliquant les stades du développement cognitif, Piaget décrit de la manière suivante le stade d'opérations concrètes :

« [...] il y a une période, entre 7 et 12 ans à peu près, où l'enfant manie des déductions d'une manière cohérente et logique, avec des règles de composition opératoire, mais à condition que les objets soient manipulables, ils ne peuvent pas raisonner sur une hypothèse, simplement l'exprimer verbalement ou simplement dans l'abstrait » (Piaget, 1977, entretien en ligne).

Stratégie de planification verbale et gestuelle en fonction du milieu socio-économique.

Notre étude a révélé qu'il n'existe pas de différences significatives quant au milieu socio-économique par rapport à la stratégie de planification utilisée lors de la résolution du problème avec 3 et avec 4 disques. Ces résultats vont dans un sens opposé aux recherches qui soutiennent un lien significatif entre le milieu socio-économique et les performances dans des tâches cognitives (Aran, 2011 ; Farah, *et al.*, 2006; Noble, McCandliss & Farah, 2007). Ces résultats infirment également notre hypothèse.

Tout d'abord, dans notre étude, nous avons défini le contexte socio-économique en fonction de la stratification sociale en Colombie⁴³. Nous nous sommes intéressée à cette variable car certaines études exploratoires menées en Colombie nous suggéraient une possible relation entre le contexte socio-économique et le développement des fonctions exécutives (Barcelo, Lewis & Moreno, 2006).

⁴³ Nous avons détaillé amplement cette notion dans la partie Méthodologie (*cf.* p. 97)

Cependant, nous considérons après avoir mené cette recherche, que l'étude de la variable niveau socio-économique requiert la prise en considération de différents facteurs. Comme le suggèrent Hook, Gwendolyn et Farah (2013), l'étude de la variable milieu socio-économique en lien avec les fonctions exécutives (dont la planification) entraîne des défis théoriques et méthodologiques. D'abord car, jusqu'à présent, les études débattent encore sur la définition et composition des fonctions exécutives (Hugues, & Graham, 2002), ce qui fait que son évaluation même soit complexe. Ensuite, car, par rapport à la classification du milieu socio-économique, il nous semble qu'il faut prendre en compte d'autres critères que les revenus des parents (Bradley & Corwyn, 2002) et la classification des écoles publiques et privées comme nous l'avons fait pour cette étude.

En outre, ne pas trouver de différences significatives entre ces deux groupes (favorisés et défavorisés) peut s'expliquer par l'influence d'autres facteurs, tels que l'école ou la démocratisation des nouvelles technologies ?

7.1.2.2 Concordances/Non-concordances gestes-parole lors de la planification verbale et gestuelle de la Tour de Hanoi.

Dans cette recherche, nous avons accordé un intérêt central à l'analyse de la relation entre les gestes et la parole. Pour ce faire, tout d'abord, nous avons effectué une analyse qualitative de cette relation, au cours des explications anticipant la réalisation de la tâche. Pour orienter cette analyse nous nous sommes posée tout d'abord la question suivante :

Lors des explications verbales et gestuelles de la tâche à 3 et à 4 disques, est-ce que la relation gestes-parole était concordante ou non-concordante ? Quelle signification ?

Explication verbale et gestuelle de la tâche à 3 et à 4 disques

Dans la tâche à 3 disques, la moitié des participants a expliqué le problème en utilisant une stratégie optimale, autrement dit, ils ont planifié le problème en un nombre minimum de déplacements.

Ce résultat rend compte du fait que :

- les concordances entre les gestes et la parole peuvent se produire lors des explications non-optimales. Par exemple, un participant a pu réaliser verbalement et gestuellement un nombre supérieur de déplacements par rapport au nombre minimum (ce qui indiquerait une planification non-optimale) mais leurs explications verbales et gestuelles peuvent être tout à fait concordante.
- les non-concordances peuvent aussi apparaître lors des explications optimales, c'est-à-dire, lors de planifications efficaces du problème. Cela peut être le cas d'un participant ayant expliqué le problème à trois disques dans 7 déplacements (nous indiquant une planification optimale), mais en produisant des non-concordances.

En revanche, dans la tâche à 4 disques, très peu des participants ont produit des concordances en utilisant une stratégie de planification optimale.

Ces résultats descriptifs nous suggèrent d'un côté, que lors de l'explication du problème de la Tour de Hanoï avec 3 et 4 disques, la relation gestes-parole a été majoritairement non-concordante et d'un autre côté, que la production de non-concordances est liée à la complexité de la tâche. En effet, elles sont plus nombreuses lors de l'explication de la tâche à 4 disques.

Les recherches de Garber (1997) et Garber et Goldin-Meadow (2002) avec le problème de la Tour de Hanoï ont montré également que la production de non-concordances gestes-parole varie en fonction de la complexité de la tâche, de la complexité à planifier la tâche. D'après eux, les non-concordances apparaissent quand des notions multiples dépassent un certain niveau de difficulté, preuve que l'apprenant ou le résolveur du problème est en train d'intégrer et de coordonner différentes réponses au problème.

Nous nous sommes demandée si, étant donné que la production de non-concordances est liée à un certain niveau de complexité, nous pouvions trouver des différences significatives par rapport à l'âge et au milieu socio-économique.

Non-concordances gestes-parole lors de la planification verbale et gestuelle de la Tour de Hanoï : quel est l'effet de l'âge, quel est l'effet du milieu socio-économique ?

Les non-concordances gestes-paroles lors des explications des différentes tâches de résolution de problèmes, ont été largement étudiées par Goldin-Meadow et son groupe de recherche depuis une vingtaine d'années (Church & Goldin-Meadow, 1986 ; Garber et Goldin-Meadow, 2002 ; Goldin-Meadow, 2003, 2008, 2009a, 2009b, 2011, 2014 ; Goldin-Meadow, & Wagner, 2005 ; Iverson & Goldin-Meadow, 1998, 2005, parmi d'autres publications⁴⁴).

Ces études ont montré qu'au cours des explications des différentes tâches, les non-concordances entre les gestes et la parole indiquent : d'une part, qu'il y a des informations (des idées) distinctes sur un même phénomène (les unes transmises par le geste, les autres par la parole) et d'autre part, que ces non-concordances révèlent un état transitoire des connaissances, un état de développement cognitif. Ils ont vérifié cet état de développement suite à des expériences d'entraînement avec les enfants non-concordants et concordants.

En effet, les non-concordances ont été analysées particulièrement lors de tâches d'apprentissage, par exemple, la tâche de conservation de Piaget (Church & Goldin-Meadow, 1986) et lors de tâches de résolution des problèmes où le but n'était pas l'apprentissage d'un concept particulier, mais la découverte des règles d'action à mettre en œuvre pour résoudre un problème. C'est le cas par exemple du problème de la Tour de Hanoï (Garber & Goldin-Meadow, 2002).

Garber (1997) et Garber et Goldin-Meadow (2002) ont utilisé la Tour de Hanoï pour tester si les non-concordances gestes-paroles se produisaient dans la même proportion chez les enfants et chez adultes. Ils ont justifié ce choix par le fait que pour résoudre cette tâche, étant donné qu'aucun niveau d'expertise n'était requis, les enfants et les adultes résolvaient la tâche au même niveau. En effet, ils n'ont pas trouvé de différence significative entre ces deux groupes d'âges quant à la production des non-concordances.

⁴⁴ <https://goldin-meadow-lab.uchicago.edu/>

Cependant, nous avons montré tout au long du Chapitre 2 que la Tour de Hanoï fait appel aux capacités de planification et qu'elle a été largement utilisée pour évaluer le développement de la planification. Nous avons donc émis l'hypothèse que lors des explications anticipant la réalisation de la tâche à 3 et à 4 disques, les non-concordances se produisent selon le type de stratégie de planification (en nombre plus élevée quand les participants utilisent une stratégie de planification non-optimale plutôt qu'une optimale) et qu'il y avait des effets de l'âge et du milieu socio-économique.

L'effet de l'âge sur la production de non-concordances : tâche à 3 et à 4 disques

Nous nous attendions donc à ce que les adultes utilisent davantage une stratégie de planification optimale associée à un nombre plus faible de non-concordances gestes-parole que les adolescents et qu'eux-mêmes en utilisent plus que les enfants.

Nous avons confirmé un effet du type de stratégie (optimale/non-optimale) sur le nombre de non-concordances gestes-paroles ; autrement dit, le nombre de non-concordances gestes-parole est supérieur quand on utilise une stratégie non-optimale plutôt qu'une stratégie optimale lors des explications de la tâche à 3 disques. Nous n'avons pas, par contre, confirmé l'hypothèse d'un effet de l'âge sur les non-concordances gestes-parole lors de l'explication de cette tâche. La production de non-concordances entre les gestes et la parole est donc associée au type de stratégie de planification, elles sont plus nombreuses lors des stratégies de planification non-optimale, mais l'âge n'a pour autant aucun effet sur sa production.

Concernant l'explication de la tâche à 4 disques, la production de non-concordances n'est pas significative que ce soit en fonction du type de stratégie, de l'âge ou de l'âge associé au type de stratégie. Donc, nous confirmons encore une fois l'influence de la complexité de la tâche sur la production de non-concordances.

L'effet du milieu socio-économique : tâche à 3 et 4 disques

Nous nous sommes également intéressée à l'effet du milieu socio-économique sur la production de non-concordances gestes-paroles. Nous émettons l'hypothèse qu'il existe un effet du milieu socio-économique associé au type de stratégie

(optimale/non-optimale) sur la production de non-concordances gestes-paroles lors de l'explication du problème avec 3 et avec 4 disques.

Nous n'avons pas confirmé l'hypothèse d'un effet du milieu socio-économique sur les non-concordances gestes-parole que ce soit pour la tâche à 3 ou à 4 disques. La production de non-concordances entre les gestes et la parole est donc associée au type de stratégie de planification mais le milieu socio-économique n'a pour autant aucun effet sur sa production.

En somme, nous n'avons pas confirmé nos hypothèses concernant les effets de l'âge et du milieu socio-économique par rapport à la production de non-concordances, cependant, nous avons confirmé un effet du type de stratégie sur cette production. Nos résultats confirment tout à fait les résultats obtenus par Garbert et Goldin-Meadow (2002) et également les résultats d'autres recherches qui soutiennent aussi que la planification optimale a diminué avec la complexité croissante du problème à résoudre (Welsh, 1991).

Notre recherche n'a pas trouvé d'effets de l'âge ni du milieu socio-économique mais des effets d'interaction entre l'âge et le milieu socio-économique. Comment expliquer ces résultats ?

Des effets d'interaction entre l'âge et le milieu socio-économique

L'analyse des résultats de la tâche à 3 disques a montré un effet d'interaction entre l'âge et le milieu socio-économique sur les non-concordances gestes-parole et cela selon le type de stratégie de planification (optimale et non-optimale). Nous avons confirmé que le nombre de non-concordances gestes-parole est supérieur lors de l'explication de la tâche à 3 disques en utilisant une stratégie non-optimale de planification plutôt qu'une stratégie optimale, et ce quel que soit le groupe d'âge ou le milieu socio-économique d'appartenance des participants. Néanmoins, en utilisant une stratégie de planification optimale, les participants du groupe défavorisé produisent un nombre supérieur de non-concordances.

En ce qui concerne les non-concordances gestes-parole lors de l'explication de la tâche à 4 disques en utilisant une stratégie optimale, nous constatons qu'aucun participant du groupe 8-10 ans a fourni une explication. Quant aux participants du groupe 12-14 ans des deux milieux socio-économiques, le groupe défavorisé produit

un nombre plus faible de non-concordances. Enfin, par rapport à la production de non-concordances gestes-parole chez les participants du groupe 18-20, le groupe de participants de milieu socio-économique favorisé produit un nombre inférieur de non-concordances.

Lors de l'explication de la tâche en suivant une stratégie non-optimale, les deux groupes d'enfants de 8-10 ans (celui issu d'un milieu socio-économique favorisé et celui issu d'un milieu socio-économique défavorisé) ne se différencient pas quant à la production de non-concordances. De la même manière, l'écart entre les deux groupes d'adolescents de 12-14 ans (milieu favorisé *versus* milieu défavorisé) n'est pas assez important. En revanche, nous pouvons observer des différences entre le groupe d'adultes des deux milieux socio-économiques (avec un nombre moyen de non-concordances plus faible chez les participants du groupe favorisé).

7.1.3 Les non-concordances gestes-paroles et le développement de la planification: quelles autres analyses ?

Nous avons mené deux autres analyses nous permettant d'approfondir cette étude, en utilisant comme indicateur les non-concordances gestes-parole.

D'abord, nous avons effectué une ANOVA à mesures répétées pour déterminer l'effet de la complexité de la tâche sur la production de non-concordances gestes-parole. Nous avons pris en compte, comme pour les analyses précédentes, nos deux variables indépendantes : âge et milieu socio-économique. Ensuite, nous avons effectué une deuxième analyse descriptive afin de savoir si les non-concordances se produisaient à certains moments-clés de la résolution du problème.

Nos résultats confirment un effet significatif de la complexité de la tâche sur la production de non-concordances, elles sont plus nombreuses lors de l'explication de celle à 4 disques. Donc, nous confirmons cette hypothèse dans notre recherche.

Nos résultats ne confirment pas un effet de l'âge mais un effet du milieu socio-économique sur la production de non-concordances gestes-parole. Les participants du groupe favorisé produisent davantage de non-concordances lors de l'explication de la tâche à 4 disques. Nous avons aussi confirmé un effet d'interaction entre l'âge et le milieu socio-économique en fonction de la variable complexité du problème. Les adultes et les adolescents des deux milieux socio-économiques produisent

davantage de non-concordances lors de l'explication de la tâche à 4 disques. En revanche, quel que soit la tâche, à 3 ou à 4 disques, le groupe d'enfants, qu'il appartienne au milieu socio-économique favorisé ou défavorisé, produit des non-concordances au même niveau, preuve probablement de ce que pour les enfants, la difficulté à expliquer cette tâche ne dépend pas de sa complexité ni pas davantage du milieu socio-économique d'appartenance, mais de l'incapacité des enfants à planifier la résolution de cette tâche problème (cette capacité étant encore en développement) et notamment de la difficulté à expliquer verbalement son raisonnement.

Selon Diaz *et al.*, (2012), d'autres fonctions cognitives interviennent dans une planification efficace. Il s'agit de la capacité d'inhibition cognitive, de contrôle d'impulsions, de la flexibilité de l'attention et de la mémoire du travail. Une planification efficace consiste en effet à considérer différentes options d'actions, et à choisir parmi ces actions la plus pertinente avant de la mettre en œuvre. Pour cela, il est nécessaire d'opérer la sélection d'une alternative et l'inhibition d'autres (Tirapu, Céspedes & Pelegrin, 2002); il s'agit aussi d'être capable de contrôler des impulsions, d'être capable de changer son point de vue, d'avoir une capacité d'attention de la mémoire du travail (Soprano, 2003; Welsh, *et al.*, 1991). Ces capacités aussi se développent avec l'âge. En considérant nos résultats précédents, il est possible aussi que ces capacités soient encore en développement chez les enfants. En plus, notre expérience rajoute encore un autre défi, celui d'expliquer, sans manipuler les disques, la résolution du problème.

Par ailleurs, nos résultats confirment, en utilisant comme indicateur les non-concordances gestes-parole, l'effet de la complexité de la tâche sur sa planification. Ce résultat a déjà été observé dans d'autres recherches (Garber et Goldin-Meadow, 2002; Welsh, 1991.). Il en est de même de l'effet du milieu socio-économique (Aran, 2011; Farah *et al.*, 2006; Hook *et al.*, 2013). Or, nos résultats infirment l'effet de l'âge sur la production des non-concordances gestes-parole, alors que l'effet de l'âge sur le développement de la planification a été largement confirmé avec d'autres indicateurs.

Notre étude a voulu tester si les non-concordances, que d'autres études ont montrées dépendantes du développement cognitif, pouvaient également rendre compte du développement de la capacité cognitive de planification en utilisant la

Tour de Hanoï. Nous avons pris des tranches d'âges clés de ce développement : des enfants de 8 à 10 ans, des adolescents de 12 à 14 ans et des adultes de 18 à 20 ans, pour voir si ce développement serait en lien avec la production de non-concordances. Nous avons voulu tester cette hypothèse en nous positionnant à l'encontre des résultats de la recherche de Garbert et Goldin-Meadow qui ont établi qu'en utilisant les non-concordances comme indicateur, les enfants et les adultes produisaient dans la même proportion des non-concordances lors de leur explication de la résolution du problème avec la Tour de Hanoï. D'après eux, les enfants et les adultes résolvaient cette tâche avec le même niveau d'expertise, étant donné que le problème de la Tour de Hanoï ne sollicite pas de connaissances particulières mais seulement la compréhension de règles (données dans la consigne) car il est un type de problème bien défini.

Nous avons confirmé comme Garbert et Goldin-Meadow (2002) que l'utilisation des gestes, de même que la planification, l'évaluation et la construction de la stratégie lors de la résolution de la Tour de Hanoï, ne semblent pas être restreint par des limites d'âge. En revanche, notre travail s'oppose aux résultats de Garbert et Goldin-Meadow (2002) qui ont démontré que les non-concordances se produisent à certains moments clés, dans les « *choices points* » ou moments de décision.

Comme nous l'avons expliqué dans le Chapitre 3, d'après Anzai et Simon, (1979), Byrnes et Spitz, (1979), Egan et Greeno, (1973), Klahr et Robinson, (1981), Newell et Simon, (1972), entre autres, il existe des « *moments clés de décision* » lors de la résolution de la Tour de Hanoï, au cours de laquelle il faut planifier à l'avance des buts intermédiaires pour arriver au but final. De ce fait, les joueurs, plutôt que de stocker en mémoire tous les mouvements qui doivent être effectués dans le jeu, construiront généralement des sous-plans qui impliquent les déplacements des disques plus grands et ensuite, les disques les plus petits et ainsi de suite jusqu'à la tige finale. En somme, les déplacements dans la Tour de Hanoï sont planifiés dans une série de buts intermédiaires à atteindre, afin d'arriver au résultat final.

Garber et Goldin-Meadow (2002) ont émis l'hypothèse que lors de la résolution optimale de la Tour de Hanoï, les participants pourraient produire des « *mismatches* » gestes-parole, justement dans ces « *moments de décision* ». Leur hypothèse a été confirmée et a souligné qu'au cours des explications de la résolution du problème de la Tour de Hanoï, le plus grand nombre de « *mismatch* » gestes-

parole a été produit dans ces « moments clés de décision », lors desquels les buts intermédiaires devaient être prévus. Ce qui revient à dire que les « *mismatches* » gestes-parole se sont produits quand il y avait des stratégies de résolution à adopter entre deux chemins (situation de conflit entre deux solutions), et non quand ces stratégies avaient déjà été choisies.

Nous avons mené une analyse descriptive qui a montré que lors de la planification optimale de la tâche à 3 et à 4 disques, les non-concordances ne sont pas produites forcément dans les « *choice points* ». Nous n'avons pas confirmé cette hypothèse. D'abord, les participants de notre étude ont produit davantage de concordances que de non-concordances lors de l'explication optimale de la tâche à 3 disques. Cela semble montrer qu'il n'y avait pas d'incertitude lors de l'explication de cette tâche. Ensuite, les participants ont produit presque dans la même proportion des concordances autant dans les « *choice points* » que les « *non-choice points* », preuve que peut-être, ils n'avaient pas d'incertitude quant à leurs déplacements et qu'ils connaissent les règles pour résoudre le problème.

Lors de l'explication de la tâche à 4 disques, et en considérant qu'un nombre très faible de participants l'ont résolu de façon optimale, nos résultats ont montré également que la plupart des participants ont produit des concordances en une proportion semblable autant dans les « *choices points* » que dans les « *non choice-points* ». Cette divergence de nos résultats par rapport à ceux de Garbert et Goldin-Meadow (2002), pourrait s'expliquer par la différence de procédure qu'ils ont utilisé. En effet, d'abord, ils ont fixé par avance trois tentatives d'explication de la tâche, puis, les participants ont expliqué la tâche suite à leur réalisation effective avec manipulation des disques, enfin, les enfants ont expliqué uniquement la tâche à 3 disques et les adultes à 4 disques. En revanche, nous n'avons pas fixé un nombre de tentatives d'explication, les participants ont expliqué la tâche anticipant sa réalisation et finalement, les tâches à 3 et à 4 disques ont été présentées à tous les participants. Nous avons aussi intégré à notre population un groupe d'adolescents de 12 à 14 ans.

Concernant ces résultats, nous restons prudents avec nos interprétations. Nous n'avons pas de preuves suffisantes pour expliquer ces différences avec les résultats de Garbert et Goldin-Meadow (2002). Nos résultats restent des analyses

qualitatives, ils ne nous permettent pas de faire des inférences à ce propos. Une étude ultérieure pourrait nous aider à approfondir ces résultats.

En somme, nous pouvons jusqu'au présent conclure : **premièrement que**, même si certaines études montrent le rôle important des gestes dans la mémorisation (Mozzela, 2004, par exemple), il semblerait qu'une performance élevée lors de la résolution de la Tour de Hanoï soit liée à la mémoire de travail et à l'inhibition (Welsh, Satterlee-Cartmell & Stine, 1991). Lors de notre recherche, nous n'avons pas utilisé d'épreuves pour évaluer ces deux autres fonctions exécutives.

Deuxièmement, pour résoudre le problème de la Tour de Hanoï, il est nécessaire d'avoir une bonne interprétation de la consigne. À ce sujet, Richard et Poitrenaud (1988) ont démontré que lors de la résolution de la Tour de Hanoï, certains participants et notamment les enfants, interprètent de façon erronée une des consignes. Les enfants supposent fréquemment, par exemple, qu'ils n'ont pas le droit de transférer un disque de gauche à droite (ou l'inverse), mais qu'il est impératif de passer par l'emplacement de milieu (la tige du milieu). Nous avons remarqué cela lors de notre expérience avec certains enfants également.

Troisièmement, notre étude a repris la méthode des « protocole verbaux » en lien avec l'étude de la gestualité en demandant aux participants d'expliquer le problème précédant son réalisation. Klahr et Robinson (1981) ont utilisé la méthode de planification verbale anticipée par rapport à la réalisation également. Cette étude a demandé aux participants d'exprimer leur planification avant la réalisation. Nous avons aussi demandé aux participants de notre étude une explication anticipant la réalisation de la tâche. Cependant, presque tous les participants de notre étude ont produit également des gestes lors de leurs explications. D'ailleurs, lors de la codification des enregistrements vidéos, on a pu vérifier que, sans regarder les gestes produits par les participants, il était presque impossible de transcrire l'explication des participants, ce qui signifie que le langage verbal est presque toujours imbriqué au langage gestuel (McNeil, 1992, 2005).

Même si notre objectif n'était pas de nous focaliser sur la phase de réalisation avec des déplacements des disques, nous avons analysé les résultats de la phase 2. Nous discutons par la suite nos résultats.

7.2. Planifier la Tour de Hanoï à travers des déplacements réalisés: résultats de la phase 2

Les analyses portent sur la résolution de la tâche à travers les déplacements réalisés manuellement, considérés comme indices pour déterminer la planification du problème. Comme pour la phase 1, nous avons distingué lors de ces déplacements deux types de stratégies : optimale et non-optimale et nous avons testé les liens entre l'âge et la stratégie de réalisation utilisée, de même entre le milieu socio-économique et la stratégie de réalisation.

Comme nous avons préalablement expliqué dans le chapitre 5, nos résultats ont révélé que l'hypothèse testant le lien entre l'âge et le type de stratégie (optimale/non-optimale) lors de la phase de réalisation de la tâche à 3 et à 4 disques a été validée uniquement (comme pour la phase d'explication-phase 1) pour la tâche à 3 disques en comparant le groupe d'enfants et le groupe d'adolescents.

Il est important de noter que l'hypothèse testant le lien entre l'âge et le type de stratégie lors de la réalisation effective du problème n'a pas été confirmée en comparant le groupe d'adolescents et le groupe d'adultes pour cette tâche ; de même, elle n'a pas été confirmée en comparant les trois groupes d'âge pour la tâche à 4 disques. En considérant la variable milieu socio-économique, nous n'avons pas observé de différence significative entre les groupes quelle que soit la tâche.

En somme, nous avons trouvé le même résultat lors de la phase 1 (phase d'explication de la tâche) et lors de la phase 2 (phase de réalisation effective de la tâche). Donc, nous avons confirmé partiellement notre hypothèse d'un lien entre l'âge et la stratégie de planification. Les enfants utilisent une stratégie de planification majoritairement non-optimale lors de la phase de réalisation de la tâche avec 3 disques, les adolescents en revanche utilisent majoritairement une stratégie optimale. Nous ne trouvons pas de lien significatif en comparant les groupes d'enfants/adultes et adolescents/adultes.

En ce qui concerne la réalisation de la tâche à 4 disques elle reste encore, en phase de réalisation, difficile à planifier et à résoudre pour les trois groupes d'âge, nous n'avons pas trouvé de lien significatif entre l'âge et la stratégie de planification lors de la réalisation de cette tâche. Ce résultat a été le même en utilisant le milieu socio-économique comme variable.

Nous interprétons ces résultats en rejoignant Gagné et Smith (1962) qui ont signalé que la procédure consistant à demander aux enfants d'exprimer verbalement ce qu'ils feraient avant de commencer à manipuler les disques (Klahr, 1981) peut faciliter la résolution d'un nouveau problème chez l'adulte. De même, cela peut favoriser la résolution chez l'enfant d'après Richard (1982). Nous avons souhaité approfondir cette recherche, nous avons donc fait une dernière analyse pour comparer les deux phases, la phase d'explication verbale et gestuelle et la phase de réalisation. Nous avons effectué une analyse descriptive (χ^2) en organisant 3 groupes. Nous discutons par la suite les résultats.

7.3 Comparer les deux phases : comment interpréter les résultats?

Les deux phases ont été comparées en fonction du type de stratégie de résolution utilisé dans chaque phase organisées dans trois groupes : stratégie optimale / optimale ; stratégie optimale-non-optimale / stratégie non-optimale-optimale et stratégie non-optimale-non-optimale.

Nos résultats avec la tâche à 3 disques ont révélé que la majorité d'enfants se situe dans le groupe 3 (stratégie non-optimale-non-optimale), ils ne changent pas leur stratégie lors de la phase 2, ils utilisent majoritairement une stratégie non-optimale lors des deux phases. En revanche, la majorité des adolescents se situent dans le groupe 1 (stratégie optimale-optimale), c'est-à-dire, qu'ils utilisent une stratégie optimale lors de deux phases. La majorité des adultes se situent également dans le groupe 1 (stratégie optimale-optimale).

L'analyse a montré cependant, que le seul lien significatif est produit en comparant le groupe d'enfants et le groupe d'adolescents. Nous confirmons encore une fois que les différences quant à la stratégie (optimale/non-optimale) sont significatives lorsque le groupe d'enfants est comparé au groupe d'adolescents.

Ces résultats peuvent confirmer d'une part, le fait que la stratégie de résolution est envisagée dès la phase de planification et d'autre part que, comme Gagné et Smith (1962) le supposent, la méthode d'explication anticipée facilite la performance dans la réalisation postérieure de la tâche. En effet, nous avons vérifié dans nos résultats non seulement le fait que, par exemple, les adolescents ont conservé la

même stratégie de résolution optimale dans la phase 2, mais, que le nombre a augmenté significativement. Ce n'était pas le cas pour les adultes ni pour les enfants.

Résumé et interprétations de nos principaux résultats:

En somme, il nous semble que nos résultats s'orientent principalement vers 4 conclusions majeures : **premièrement**, le nombre de tentatives et le temps d'explications verbale et gestuelle du problème de la Tour de Hanoï, contrairement à des études classiques, n'ont pas été des indicateurs de la planification dans notre étude et de plus, ils n'ont pas été influencés par des facteurs comme l'âge et le milieu socio-économique. La réussite de la tâche avec un nombre inférieur de tentatives en un temps moins élevé, n'était pas considéré dans notre étude comme des indicateurs d'un haut niveau de planification. À contrario, le groupe le plus performant (les adolescents de 12 à 14 ans) a planifié verbalement et gestuellement la résolution des tâches en utilisant le temps le plus élevé. À ce propos, certaines études suggèrent que le processus de prise de connaissance explicite (par opposition à la planification interne) peut être cognitivement exigeant pour les enfants (Karmiloff-Smith, 1986).

Deuxièmement, en considérant comme indicateur du développement de la planification la production de non-concordances gestes-paroles, ni l'âge, ni le milieu socio-économique d'appartenance n'ont une influence significative sur sa production. Ces résultats sont cohérents avec la recherche de Garbert et Goldin-Meadow (2002) qui n'ont pas trouvé des différence liée à l'âge.

Lorsque nous analysons la relation gestes-parole lors des explications anticipant la réalisation du problème de la Tour de Hanoï, la plupart des participants produisent des non-concordances entre les gestes et la parole et davantage lors de la planification non-optimale des tâches. D'après Garbert (1997), les non-concordances gestes-parole lors de la planification non-optimale, peuvent être entraînées, au moins en partie, par de nouvelles connaissances qui s'intègrent au système cognitif de l'apprenant. Il se peut que les non-concordances soient liées, dans les explications de la Tour de Hanoi, aux défis inhérents au processus d'identification des règles de la résolution de la tâche ou à des difficultés qui peuvent être liées au défis inhérents à la planification de la tâche (Garber et Goldin-Meadow, 2002).

Troisièmement, notre recherche a confirmé en effectuant plusieurs analyses qu'il y a un effet de la complexité de la tâche sur la production de non-concordances. Donc, elles s'avèrent être un bon indicateur de la difficulté des participants. Ces résultats coïncident avec des travaux classiques utilisant la Tour de Hanoï (Welsh, 1991) et du travail de Garber et Goldin-Meadow (1997, 2002) qui utilisent un protocole différent du nôtre.

Quatrièmement, nous avons pris le risque d'étudier un des processus cognitifs autour duquel il existe encore aujourd'hui des débats : la planification. D'après Hoc (1987) : *« en psychologie, la planification ne constitue pas un thème de recherche bien délimité comme l'apprentissage ou la perception. La raison en est que les mécanismes de planification interviennent dans de nombreuses activités sur lesquelles on a coutume d'indexer les thèmes de recherche : résolution de problème, compréhension et production du langage, mémorisation, etc. »* (p. 9).

En outre, l'étude de la planification est au centre de domaines autres que celui de la psychologie, comme celui des neurosciences qui d'ailleurs, orientent leur étude vers des populations qui présentent des déficits cognitifs (Pineda, 2000 ; Unterrainer & Owen, 2006). De plus, définir la planification comporte aussi des problèmes d'évaluation (Richard, 2004).

Nous considérons qu'une contribution de ce travail a été d'étudier la planification en recourant à une population « saine » et d'essayer d'intégrer une nouvelle perspective d'évaluation, à travers les non-concordances gestes-parole. En effet, les études sur les fonctions exécutives et en particulier, sur la planification dans le domaine des neurosciences ont démarrés sur des patientes avec des lésions cérébrales et en utilisant des test adaptés à ces patients (Daniels, Toth & Jacoby, 2004).

Nous pensons que notre deuxième contribution vient du fait que nous avons analysé les non-concordances anticipant la résolution du problème et que nous avons trouvé un résultat particulièrement important : nous avons confirmé, lors de l'explication anticipant la résolution du problème de la Tour de Hanoï, l'effet de la complexité de la tâche sur la production de non-concordances, comme l'ont trouvé également l'étude de Garbert et Goldin-Meadow (2002) et les travaux classiques de la Tour de Hanoï (Wels, 1991). Nous pouvons donc confirmer que les non-

concordances peuvent se révéler comme un indicateur de la complexité de la planification de la Tour de Hanoï.

Enfin, nous avons effectué plusieurs analyses en considérant la planification au travers des verbalisations et des gestes, puis au travers de la réalisation effective de la tâche et pour finir, en comparant ces deux phases. Lors de ces analyses, une des mesures de la planification qui a toujours révélé le même résultat a été le type de stratégie utilisé par nos participants, basé sur le nombre de déplacements produits. Le nombre de déplacements manuels a été la seule mesure utilisée lors de travaux classiques de la Tour de Hanoï. Nos résultats révèlent des différences significatives entre les performances du groupe d'enfants et celle du groupe d'adolescents. Les performances des adolescents ont toujours été supérieures à celles des enfants et au même niveau que celles des adultes.

Même si nous n'avons pas trouvé de différences liées à l'âge, en utilisant les non-concordances comme indicateur, nous avons trouvé des effets d'interaction entre l'âge et le milieu socio-économique et presque toujours associés à la complexité de la tâche. Le fait de n'avoir pas trouvé d'effet simple de l'âge et du milieu socio-économique mais des effets d'interactions sur la production de non-concordances, nous amène à soulever de multiples questions qui pourraient servir de bases à des recherches ultérieures.

Bilan et perspectives de notre recherche

Nous avons consacré notre recherche à la planification en lien avec les non-concordances gestes-paroles lors de la résolution de la tâche classique de la Tour de Hanoï. Nous avons souhaité dans ce sens élargir la perspective de l'étude de Garbert et Goldin-Meadow (2002). De futures recherches pourraient s'orienter vers l'étude de la planification en utilisant d'autres tâches de planification plus écologiques et sur des populations particulières par exemple, des tâches de planification des activités de la vie quotidienne. Nous avons signalé dans le chapitre 3 que, par exemple, les enfants entre 3 et 5 ans peuvent planifier un repas mais avec de l'aide, tandis que les enfants d'âge scolaire, peuvent planifier en structurant davantage des tâches plus complexes. Nous pouvons analyser les « *mismatches* » gestes-parole, lors des narrations de ces tâches de planification.

Ensuite, dans notre méthode, nous n'avons pas imposé aux participants le nombre de tentatives d'explication lors de l'explication de la Tour de Hanoï car nous avons voulu tester les effets du développement, cependant, lors des études futures nous pensons qu'établir un nombre de tentatives fixé à l'avance peut nous permettre de préciser les effets développementaux sur la production des non-concordances. Welsh (1991), par exemple, a utilisé dans son étude, un protocole qui envisage l'attribution d'un nombre de points aux participants, lors des tentatives de résolution de la tâche, plus élevées pour ceux qui utilisent moins de tentatives. Cela peut permettre aux participants, notamment aux enfants de réfléchir davantage à leur réponse en sachant par avance les opportunités qu'ils ont pour expliquer le problème.

En outre, la planification est un des processus exécutifs lié à d'autres processus comme l'inhibition cognitive, la flexibilité et la mémoire de travail (Diaz *et al*, 2002). Nous suggérons l'application de tests supplémentaires permettant de faire une analyse plus fine des capacités des participants et fournir des interprétations des résultats plus ajustés quant au développement de la planification.

D'ailleurs, l'utilisation de cette méthode de protocoles verbaux et gestuels, comme l'a signalé Reed (1999), fournit de précieuses informations à propos des mécanismes de pensée des participants lorsqu'ils planifient et résolvent des problèmes complexes. Dans une recherche future, nous envisageons d'analyser davantage les protocoles verbaux (en analysant les discours, les arrêts lors que les participants expliquent la tâche, les pauses, les allers-retours de discours, etc.) tel comme le propose Richard (1982) dans son modèle des contraintes.

Des questions ?

Nous nous posons aussi des questions comme celle de savoir dans quelle mesure le fait d'avoir demandé aux participants d'expliquer la tâche anticipant sa réalisation, peut être attribué plutôt à une phase de familiarisation du sujet avec la tâche et pas forcément à son processus de planification ?

Nous n'avons pas analysé l'effet du genre sur la production de non-concordances lors de la résolution de ce problème et nous aimerions savoir également s'ils existent des différences ? A ce sujet, une étude de Rönnlund, Lövdén et Lars-Göran,

(2001) ont réalisé une étude qui portait sur l'influence des variables démographiques et cognitives sur les performances des adultes résolvant la Tour de Hanoi. Leurs résultats montrent que par rapport aux femmes, les hommes ont eu la tendance à résoudre davantage et plus rapidement la tâche et à faire moins de mouvements « illégaux » (non autorisés) pendant sa résolution. Donc, il semble aussi intéressant de voir l'influence des variables comme celle du genre dans le développement de la capacité de planification et plus spécifiquement, voir si les gestes peuvent montrer des différences.

Nous avons analysé la relation gestes-parole sans discriminer le type de non-concordances lors de l'explication des tâches. Nous avons distingué différents types de non-concordances gestes paroles. Nous nous demandons si le type de « *mismatch* » peut avoir une influence différente sur la planification de la tâche.

Ces questions restent ouvertes pour nos prochaines recherches.

Chapitre 8. Conclusion

Cette thèse s'intéresse au rôle des gestes et particulièrement au rôle des non-concordances gestes-paroles dans le développement de la planification verbale et gestuelle de la Tour de Hanoï. Pour Goldin-Meadow (2014), les gestes sont des actions mais en même temps, ils représentent des informations. Pour elle, les gestes jouent un rôle important car ils ajoutent de l'information à la représentation mentale, ils montrent à la fois des actions concrètes et véhiculent des idées abstraites. En plus, ils reflètent la connaissance car une partie de celle-ci n'est pas transmise par la parole. Ainsi donc, lors de l'apprentissage d'un concept, lors de la résolution d'une tâche, une partie de l'information est transmise par la parole, une autre par les gestes qui l'accompagnent. Lorsque cette information est non-concordante, elle peut nous donner des indices soit sur un état de connaissance transitoire sur un phénomène particulier, soit sur la multiplicité des stratégies de résolution d'un problème.

À partir de ces constants, nous avons entrepris notre recherche en supposant, à l'instar des études classiques sur la résolution et la planification de la Tour de Hanoï, que nous pouvions confirmer des effets de l'âge, du milieu socio-économique et de la complexité de la tâche sur la planification, en l'étudiant au travers des non-concordances gestes-parole. Selon cet objectif, nous avons constitué trois groupes d'âge, de deux milieux socio-économiques différents et nous avons présenté la tâche avec deux niveaux de complexité. Jusqu'à aujourd'hui, aucune recherche, à notre connaissance, n'a étudié la planification en utilisant les non-concordances gestes-parole et ce, dans une perspective développementale. Notre recherche vise à combler ce manque.

Tout d'abord, nous avons confirmé, comme l'ont établi d'autres recherches sur la gestualité, que tous les participants ont produit des gestes lorsque nous leur avons demandé d'expliquer la Tour de Hanoï et cela avant de procéder à la réalisation. Ce qui nous montre que les gestes peuvent être étudiés aussi lors de la planification des tâches de résolution de problèmes et pas uniquement lors des explications postérieures à leur réalisation. (Garber et Goldin-Meadow, 2002).

Au-delà de cela, nous avons confirmé, lorsque nous codions les enregistrements vidéos, que nous ne pouvions pas séparer les gestes de la parole. Autrement dit, nous n'aurions pas eu la possibilité d'analyser le processus de résolution du problème, sans observer les gestes, en même temps que nous écoutions l'explication verbale. Cela confirme à notre avis les constats théoriques de l'unité multimodale de la pensée (McNeil, 1992, Goldin-Meadow, 2014), qui considèrent que la cognition humaine s'appuie sur les aspects verbaux et non verbaux du comportement pour communiquer et que nous pouvons les observer; et cela préfigure la complexité méthodologique d'étudier conjointement les gestes et la parole lors de tâches complexes de résolution de problèmes.

Deuxièmement, nous n'avons pas confirmé nos hypothèses de l'effet de l'âge ni de l'effet du milieu socio-économique sur la planification optimale et non-optimale de la tâche en tenant en compte la production de non-concordances gestes-parole. En revanche, nous avons confirmé notre hypothèse de l'effet de la complexité de la tâche sur la planification compte tenu de la différence constatée dans la production élevée de non-concordances lors de l'explication de la tâche à quatre disques. De plus, nous avons confirmé des effets d'interaction de l'âge et du milieu socio-économique en tenant compte de cette variable. Donc, nous pouvons conclure comme Garber et Goldin-Meadow (2002), que la résolution de la tâche de la Tour de Hanoï nécessite de connaître les règles mais n'exige pas de posséder une expérience ou des structures de développement spécifiques.

Cependant, nous pensons également, si nous préions en compte l'effet de la complexité de la tâche que nos résultats présentent les non-concordances comme de bons indicateurs du développement de la planification. En effet, les non-concordances sont produites majoritairement lorsque les participants devaient expliquer la tâche à quatre disques, une tâche qui exige d'avoir un plan, de mettre en place des buts intermédiaires, de prendre en compte les règles et les prérequis simultanément (Richard, 1988 ; Clément, 2001). Sinon, il est impossible d'accomplir le but en suivant le schéma optimal dans l'espace-problème (Newell & Simon, 1972). D'ailleurs, en considérant les analyses qualitatives, aucun enfant n'a réussi à expliquer la planification optimale de la tâche à 4 disques, tandis que certains adolescents et adultes y sont parvenus.

Troisièmement, nous avons réalisé cette thèse en Colombie et nous avons pris comme variable d'étude le contexte socio-économique. Nous avons expliqué dans les chapitres précédents l'effet que des conditions socio-économiques défavorisées peuvent produire dans le développement cognitif de l'enfant notamment. Nous n'avons pas constaté d'effets du milieu socio-économique sur la planification, en considérant les non-concordances gestes-parole. Nous avons émis l'hypothèse que les participants du milieu socio-économique défavorisé auraient des performances inférieures par rapport aux participants du milieu socio-économique favorisé. Nos résultats ne vont toutefois pas dans ce sens. Nous proposons de continuer l'étude de cette variable en considérant d'autres critères pour définir le milieu socio-économique comme le proposent Farah *et al*, (2013).

Quatrièmement, notre étude a également considéré les critères classiques de l'évaluation de la Tour de Hanoï. Nous avons considéré par exemple la stratégie de planification (optimale/non-optimale) à partir du nombre de déplacements verbaux et gestuels faits par les participants. Nous avons considéré aussi le nombre de tentatives d'explication et le temps de planification. Nous avons confirmé qu'une meilleure performance de la réalisation de la tâche ne dépend pas de la réalisation d'un nombre minimum d'essais ni d'un temps d'explication plus court. D'ailleurs, lorsque nous comparons les trois groupes d'âge quant au type de stratégie de planification, nous trouvons des différences significatives uniquement entre les enfants et les adolescents. De même, lorsque nous analysons la phase de réalisation nous trouvons le même résultat. Si nous comparons les deux phases d'explication verbale et gestuelle et de réalisation, les adolescents non seulement utilisent une stratégie optimale lors des deux phases, mais ils améliorent considérablement leur performance dans la phase de réalisation. Nous n'avons pas pu faire dans cette étude un entraînement de la tâche suite à l'explication, mais ce résultat semble montrer que planifier verbalement et gestuellement la Tour de Hanoï peut améliorer sa réalisation ultérieure, une preuve que, comme le confirme Goldin-Meadow (2014), les gestes peuvent changer ce que nous pensons.

Enfin, du point de vue développemental et en considérant les études faites avec la Tour de Hanoï (Byrnes & Spitz, 1979 ; Piaget, 1974 ; Wels, 1991), nos résultats suggèrent que la planification verbale et gestuelle de la tâche avec 3 disques n'est réussie avec le nombre minimum de déplacements que par 35% des enfants, 58%

des adolescents et 52 % des adultes ; et la tâche à 4 disques, par aucun enfant, 9% des adolescents et 11% des adultes. Reste encore à approfondir, à la lumière des expériences de recherches faites par Piaget (1974) avec la Tour de Hanoï, la place du développement des structures de planification et prise de conscience lors de la résolution des problèmes complexes.

La question de la relation gestes-parole et son étude lors de la résolution et la planification de problèmes complexes est, en effet, au cœur des débats passionnés relatifs au lien étroit entre la pensée et le langage ; mais également, au cœur de la recherche sur la multimodalité de la communication et de la pensée, selon laquelle la cognition humaine s'appuie sur les aspects verbaux et non-verbaux du comportement pour communiquer.

BIBLIOGRAPHIE

- Alibali, M.W., Bassok, M., Olseth, K. L., Syc, S. E., & Goldin-Meadow, S. (1999). Illuminating mental representations through speech and gesture. *Psychological Science, 10*, 327–333.
- Alibali, M.W., Kita, S., & Youg, A. (2000) Gesture and the process of speech production: We think, therefore we gesture. *Language and Cognitive Processes, 15*, 593-613.
- Alibali, M.W., Heath, D.C., & Myers, H.J. (2001) Effects of visibility between speaker and listener on gesture production: Some gestures are meant to be seen. *Journal of Memory and Language, 44*, 169-188.
- Altmann, E. M., & Trafton, J. (2002). Memory for goals: an activation-based model. *Cognitive Science, 26*(1), 39-83.
- Amar, J. (2014). *Condenados al fracaso*. El heraldo, Barranquilla, Colombia. <http://nuevositio.elheraldo.co/columnas-de-opinion/condenados-al-fracaso-164772>
- Anderson, J.R. (1993). Problem Solving and Learning. *American Psychologist, 48* (1), 35-44.
- Anderson, V.A. (1998). Assessing executive functions in children: biological, psychological, and developmental considerations. *Neuropsychological rehabilitation, 8*, 319-49.
- Anderson, J.R & Douglas, S. (2001). Tower of Hanoi: Evidence for the Cost of Goal Retrieval. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 27*(6), 1331-1346.
- Anzai, Y., & Simon, H. A. (1979). The theory of learning by doing. *Psychological Review, 86*, 124-140.

- Aran, V. (2011). Funciones ejecutivas en niños escolarizados: efectos de la edad y del estrato socioeconómico. *Avances en Psicología Latinoamericana*, *29*(1), 98-113.
- Arlin, P.K. (1989). The problem of the problem. In J.D. Sinnott (Ed.), *Everyday problem solving: Theory and applications* (pp. 229-237). New York: Praeger.
- Barcelo, E., Lewis, S., & Moreno, M. (2006). Funciones ejecutivas en estudiantes universitarios que presentan alto y bajo rendimiento académico. *Psicología desde el Caribe*, *18*, 109-138.
- Barral, J., Debû, B., Rival, C. (2006). Developmental changes in unimanual and bimanual aiming movements. *Development Neuropsychologique*, *2*, 415-429.
- Barroso y Martin, J.M., & Leon-Carrion, J. (2002). Funciones ejecutivas: control, planificación y organización del conocimiento. *Revista de Psicología general y aplicada*, *55* (1), 27-44.
- Blaye, A., & Chevalier, N. (2014). Contrôle exécutif et développement. *Psychologie française*, *59*, 1-3.
- Bates, E., & Dick, F. (2002). Language, gesture, and the developing brain. *Developmental Psychobiology*, *40*, 293-310.
- Bédard, J., & Chi, M.T.H. (1992). Expertise. *Current Directions in Psychological Science*, *1*(4), 135-139.
- Beilock, S., & Goldin-Meadow, S. (2010). Action's influence on thought: The case of gesture. *Perspectives in Psychological Science*, *5*, 664-674.
- Berger, R.M., Guilford, P., & Christensen, P. R. (1957). A Factor-Analytic Study of Planning Abilities. *Psychological Monographs: General and Applied*, *71* (6), 1-31.

- Bishop, D.V.M., Aamodt-Leeper, G., Creswell, C., McGurk, R., & Skuse, D. H. (2001). Individual differences in cognitive planning on the Tower of Hanoi task: neuropsychological maturity or measurement error? *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *42*(4), 551-6.
- Bouaziz, S. (2004). Perception, representation et planification de l'action dans l'organisation syntaxique de l'exécution de dessins complexes. Thèse de doctorat. Université Lyon 2.
- Boujon, C., & Gaux, C. (2007). Développement du contrôle exécutif. In : *Psychologie du développement cognitif de l'enfant*. A Blaye, A & Lemaire, P. (Eds). Bruxelles : de Boeck.
- Bradley, R.H., & Corwyn, R.F (2002). Socioeconomic status and child development. *Annual Review of Psychology*, *53*, 371-99.
- Bull, R., Andrews Espy, K., & Senn, T.E. (2004). A Comparison of Performance on the Towers of London and Hanoi in Young Children. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *45* (4), 743-754.
- Byrnes, M.N., & Spitz, H.H. (1979). Developmental progression of performance on the Tower of Hanoi problem, *Bulletin of the Psychonomic Society*, *14*(5), 379-381.
- Capone, N., & McGregor, K. (2004). Gesture Development: A review for clinical and research practices. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, *47*, 173-186.
- Colleta, J.-M. (2004) *Le développement de la parole chez l'enfant âgé de 6 à 11 ans. Corps, langage et cognition*. Sprimont: Pierre Mardaga Editeur.
- Comisión Económica para América Latina (CEPAL). <http://www.eclac.org>.

-
- Chi, M.T.H., Glaser, R., & Rees, E. (1992). Expertise in problem solving. In R.J. Sternberg (Ed.), *Advances in the psychology of human intelligence*, (Vol. 1), (p.p. 7-75). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Church, R. B., & Goldin-Meadow, S. (1986). The mismatch between gesture and speech as an index of transitional knowledge. *Cognition*, *23*, 43–71.
- Clément, E. (2001). Etude des différences de flexibilité mentale dans l'activité de résolution de problèmes. In A. Flieller, C. Bocéréan, J-L Kop, E. Thébaut, A-M. Toniolo, J. Tournois (Eds.), *Questions de psychologie différentielle*, (pp. 317-322). Rennes: Presses Universitaires de Rennes.
- Clément, E. (2006). Approche de la flexibilité cognitive dans la problématique de la résolution de problèmes. *L'année psychologique*, *106*, 415-434.
- Clément, E. (2007). « Défaut de planification ou de flexibilité: étude auprès d'une population de personnes âgées ». In J. M. Hoc & Y. Corson (Eds.), *Actes du Congrès National de la SFP*. Nantes, pp.317-324..
- Clément, E. (2009). *La résolution de problèmes: à la découverte de la flexibilité cognitive*. Paris: Armand Colin.
- Clément, E., & Richard, J-F. (1997). Knowledge of domain effects in problem representation: the case of the Tower of Hanoi isomorphs. *Thinking and Reasoning*, *3*(2), 133-157.
- Cohen, G., Bronson, M., & Casey, B. (1995). Planning as a Factor in School Achievement. *Journal of applied developmental psychology*, *16*, 405-428.
- Collins A., & Koechlin E. (2012). Reasoning, learning, and creativity: frontal lobe function and human decision making. *PLoS Biology*, *10* (3), 1-16.

- Damasio, R.A. (2003). *El error de Descartes*. Barcelona: Critica.
- Daniels, K.A., Toth, J.P., & Jacoby, L.L. (2004). The Aging of Executive Functions. in F. I. M. Craik and E. Bialystok (Eds.), *Lifespan Cognition: Mechanisms of Change*. (p.p. 96-112). New York : Oxford University Press.
- Doctrina proyectada por Hernández, G., Secretario del Tribunal Nacional Deontológico y Bioético de Psicología, y acogida por el Tribunal Nacional mediante Acta No 07 del once (11) de diciembre de dos mil doce (2012). http://datateca.unad.edu.co/contenidos/301139/CONSENTIMIENTO_INFORMADO_COLEGIO_COLOMBIANO_DE_PSICOLOGOS.pdf.
- De Luca, C.R., Wood, S.J., Anderson, V., Buchanan, J.A., Proffitt, T.M., Mahony, K, & Pantellis, Ch. (2003). Normative data from the CANTAB. I: development of executive function over the lifespan. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 25, 242-254.
- Departamento Administrativo Nacional de estadística (DANE), Colombia. www.dane.gov.co.
- Departamento Administrativo Nacional de estadística (2014). Pobreza monetaria y multidimensional 2013. Boletín de prensa de la presidencia de la república: Bogota, Colombia.
- Díaz, A., Martín, R., Jiménez, J.E., García, E., Hernández, S., & Rodríguez, C. (2012). Torre de Hanoi: datos normativos y desarrollo evolutivo de la planificación. *European Journal of Education and Psychology*, 5 (1), 79-91.
- Diamond, A. (2013). Executive Functions. *Annual Review of Psychology*, 64, 135–68.
- Dortier, J-F. (2011). Une histoire des sciences cognitives. In : Dortier, J-F (Ed.), *Le cerveau et la pensée : le nouvel âge des sciences cognitives* (p.p. 19-30). Auxerre : Sciences Humaines.

- Dortier, J-F. (2013). Une histoire des sciences cognitives. In : Dortier, J-F (Ed.), *Histoire et philosophie des sciences*. (p.p. 110-115). Auxerre : Sciences Humaines.
- Dortier, J-F. (2013). Une histoire des sciences cognitives. In : *Le cerveau et la pensée : le nouvel âge des sciences cognitives*. (p.p. 19-29). Auxerre : Sciences Humaines.
- Dumas-Carré, A., Goffard, M., & Gil, D. (1992). Difficultés des élèves liées aux différentes activités cognitives de résolution de problèmes. *Aster*, 14, 53-75.
- Dumas-Carré., & Gomatos, L. (2001). Mise au point d'un instrument d'analyse de l'évolution des représentations du problème pendant la résolution de problèmes de mécanique en groupes. *Didaskalia*, 18, 11-40.
- Dupays, A (2012). *Apprentissage en résolution de problèmes: Influence du mode d'instruction*. Thèse de Doctorat, Université de Franche-Comté, Besançon. Repéré à : <http://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00718869>.
- Egan, D.E., & Greeno, J. (1974). Theory of rule induction: Knowledge acquired in concept learning, serial pattern learning, and problem solving. In L. W. Gregg (Ed.), *Knowledge and cognition* (pp. 43-104). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Ekman., P & Friesen, W.V (1969). The repertoire of non-verbal behavior: Categories, origins, usage and coding. *Semiotica*, 1(1), 49-98.
- Escorcía, D., & Moreno, M. (2010, novembre). Conceptions et pratiques déclarées relatives à l'écriture en contexte universitaire : paroles d'enseignants. Actes du colloque « *L'écriture et ses pratiques* ». Poitiers, France.
- Escorcía, D., Moreno, M., Campo, K., & Palacio, J. (2014). Enseñanza y evaluación de la escritura en la universidad: análisis de prácticas declaradas de docentes franceses y colombianos. *Zona proxima*, 20, 94-107.

-
- Ewert, P. H., & Lambert, J. F. (1932). Part II: The effect of verbal instructions upon the formation of a concept. *Journal of General Psychology*, 6, 400-413.
- Estévez-González, A., Garcia-Sanchez, C., & Barraquer-Bordas, L. (2000). Los lobulos frontales del cerebro. *Revista de Neurologia*, 31 (6), 566-567.
- Farah., M.J., Shera, D.M., Savage, J.H., Betancourt, L., Giannetta, J.N., Brodsky, N.L., Malmud, E.K., & Hurt, H. (2006). Childhood poverty: Specific associations with neurocognitive development. *Brain research*, 1110 (1) 166 –174
- Feyereisen, P., & de Lannoy, J.-D. (1991). *Gestures and speech: Psychological investigations*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Fibigerova, K. (2012). *L'effet de la langue sur le développement de l'expression verbale et gestuelle du « mouvement » : une comparaison entre Tchèques et Français d'âges différents*. Thèse de doctorat, Université de Toulouse Le Mirail.
- Freund, L. S. (1990). Maternal regulation of children's problem solving behavior and its impact on children's performance. *Child Development*, 61, 113-126.
- Gagne, R. M., & Smith, E. C. (1962). A study of the effects of verbalization on problem solving. *Journal of Experimental Psychology*, 63, 12- 18.
- Garber, P. (1997). *Using gesture and speech to index understanding of a problem solving task: A comparative study of adults and children explaining the Tower of Hanoi puzzle*. Unpublished Ph.D. dissertation, University of Chicago, Chicago.
- Garber, P., & Goldin-Meadow, S. (2002). Gesture offers insight into problem-solving in adults and children. *Cognitive Science*, 26, 817–831.

- Gaux, C., & Boujon C. (2007). Développement du contrôle exécutif. In: A Blaye et P. Lemaire (Eds). *Psychologie du développement cognitif de l'enfant*. Bruxelles : De Boeck.
- Goldin-Meadow, S. (1999). The role of gesture in communication and thinking. *Trends in Cognitive sciences*, 3 (11), 419- 429.
- Goldin-Meadow, S. (2003). *Hearing gesture: How our hands help us think*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Goldin-Meadow, S. (2009). How gestures promotes learning throughout childhood. *Child Development Perspectives*, 3(2), 106-111.
- Goldin-Meadow, S. (2009). Gestures's Role in creating and learning language. In: J. Zlatev, M. Andrén, M. Johansson Falck & C. Lundmark (Eds.) *Studies in language and cognition* (pp. 347-360). Newcastle upon Tyne: Cambridge Scholars Publishing.
- Goldin-Meadow, S (2011). Learning though gesture. *Advanced Review*, 2, 595-607.
- Goldin-Meadow, S (2014, juin). From action to abstraction: Gesture as a mechanism of change. *Communication présentée à la Conférence Jean Piaget: Théories du développement*. Genève, Suisse.
- Goldin-Meadow, S., Alibali, M. W., & Church, R. B. (1993a). Transitions in concept acquisition: Using the hand to read the mind. *Psychological Review*, 100(2), 279-297.
- Goldin-Meadow, S., Nusbaum, H., Garber, P., & Church, R. B. (1993b). Transitions in learning: Evidence for simultaneously a activated strategies. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 19(1), 92-107.

- Goldin-Meadow, S & Wagner M, S. (2005). How our hands help us learn. *Trends in Cognitive Science*, 9, 235-241.
- Goldin-Meadow, S., Cook, S.W., & Mitchell, Z. A. (2008). Gestures makes learning last. *Cognition*, 106 (2), 1047- 1058.
- Gonseth, C. (2013). *Multimodalité de la communication langagière humaine: Interaction geste/parole et encodage de la distance dans le pointage*. Thèse de doctorat, Université de Grenoble.
- Greeno, J.C. (1978). Nature of problem solving abilities. In W.K. Estes (Ed). *Handbook of learning and cognitive processes*. (Vol 5). Hillsdale N.J. Lawrence Erlbaum Associates.
- Guidetti, M. (2003). *Pragmatique et psychologie du développement – Comment communiquent les jeunes enfants*. Paris: Belin.
- Guidetti, M. (2010). Introduction - Des gestes, des mimiques et des mots pour dire, apprendre et comprendre. *Enfance*, 3, 227-237.
- Guidetti, M., & Nicoladis, E. (2008). Introduction to special issue: Gestures and communicative development. *First Language*, 28 (2), 107-115.
- Guidetti, M., Fibiregova, K & Colletta, J.-M (2014). Gestures and Multimodal Development: some key issues for language acquisition. In: *From Gesture in conversation to visible action as utterance*. Seyfeddinipur, M & Gullberg, M (Eds). Essays in honor of Adam Kendon. Amsterdam, Philadelphia: John Benjamins Publishing company.
- Hermida, M, Segretin, M. & Lipina, S. (2010). Abordajes neurocognitivos en el estudio de la pobreza infantil: consideraciones conceptuales y metodológicas. *International Journal of Psychology and Psychological Therapy*, 10(2), pp. 205-225.

- Hoc, J.M. (1979). Le problème de la planification dans la construction d'un programme informatique. *Le travail Humain*, 42, 2, 245-260.
- Hoc, J.M. (1981). Les habilités mentales dans le travail. La planification dans la résolution de problème : l'apprentissage de la programmation informatique. *Le travail Humain*, 42, 2, 261-267.
- Hoc, J.M. (1984b). « Les activités de résolution de problèmes dans la programmation ». *Psychologie Française*, 29, 3/4, 267-271.
- Hoc, J.M. (1987). *Psychologie cognitive de la planification*. Grenoble : Presses Universitaires de Grenoble.
- Hofstadter, D., & Sander, E. (2013). *L'analogie. Coeur de la pensée*. Paris : Odile Jacob.
- Hook, B.A., Gwendolyn, M., Lawson, B.A., & Farah, M.J. (2013). Socioeconomic status and the development of executive function. *Encyclopedia on early childhood development*. University of Pennsylvania: 1-7.
- Hudson, J. A., & Fivush, R. (1991). As time goes by: Sixth graders remember a kindergarten experience. *Applied Cognitive Psychology*, 5, 346-360.
- Hugues, C., & Graham, C. (2002). Measuring Executives Functions in Childhood: Problems and Solutions? *Child and Adolescent Mental Health*, 7, 131-142.
- Inhelder, B (1978). Las estrategias cognitivas : aproximación al estudio de los procedimientos de resolución de problemas. (traduite par Coll). *Anuario de Psicología*. 18, 6-20.
- Inhelder, B., & Cellier, G. (1992). *Le cheminement des découvertes de l'enfant* Neuchâte : Delachaux & Niestlé.

- Iverson, J.M., Capirci, O. & Caselli, M.C. (1994). From communication to language in two modalities. *Cognitive Development*, 9, 23-43.
- Iverson, J.M., & Goldin-Meadow, S. (1998). Why people gesture when they speak. *Nature*, p. 228.
- Iverson, J.M., & Goldin-Meadow, S. (2005). Gesture paves the way for language development. *Psychological Science*, 16 (5), 367-371.
- Jonassen, D. (1997). Structured and Ill-Structured Problem-Solving Learning Outcomes. *Educational Tecnology Research and Développement, ETR&D*, 45 (1), pp. 65-94.
- Kelly, D.S., & Özyürek, A. (2007) (Eds.). Gesture, brain and language. *Brain & Language*, 101 (3), special issue.
- Kelly, S.D., Manning, S. M., & Rodak, S. (2008). Gesture Gives a Hand to Language and Learning: Perspectives from Cognitive Neuroscience, Developmental Psychology and Education. *Language and Linguistics Compass*, 2, 569–588.
- Kendon, A. (2004). *Gesture. Visible action as utterance*. Cambridge: Cambridge University press.
- Klahr, D., & Robinson, M. (1981). Formal assessment of problem solving and planning processes in preschool children. *Cognitive Psychology*, 13, 113-148.
- Kita, S., De Condappa, O., & Mohr, C. (2007). Metaphor explanation attenuates the right-hand preference for depictive co-speech gestures that imitate actions. *Brain & Language*, 101 (3), 185–197.
- Klimble, D. (1963). *Psysiological Psychologie*. Massachusetts: Reading.

- Krauss, R., Chen, Y., & Gottesman, R. (2000). Lexical gestures and lexical access: A process model. In D. McNeill (Ed.), *Language and gesture* (pp. 261–283). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Kotosky, K., Hayes., J.R. & Simon, H. A. (1985). Why Are Some Problems Hard? Evidence from Tower of Hanoi. *Cognitive Psychology*, *17*, 248-294.
- Ladaïque, M., et M. Förster. (2005). L'évolution des inégalités de revenus en France et dans les pays OCDE. OCDE, Division des politiques sociales. Revenus des ménages et territoire, Conseil régional du Centre, Orléans 12 décembre 2005. En: www.oecd.org/dataoecd/58/9/35867751.pdf. Récupéré Août, 2011.
- Lehto, J.E., Juujärvi, P., Kooistra, L., Pulkkinen, L. (2003). Dimensions of executive functioning: evidence from children. *British Journal of Developmental Psychology*, *21*, 59-80.
- Leplat, J et Hoc, J-M. (1983). Tâche et activité dans l'analyse psychologique des situations. *Cahier de Psychologie Cognitive*, *3* (1) : 49-63.
- Lezak, M.D. (1995). *Neuropsychological assessment*. New York: Oxford University Press.
- Lucas, Edouard. (1892-1979). *Récréations mathématiques*, tome 3, reedité par la librairie Albert Blanchard, (1979) p. 58l.
- Luria. A.R. (1979). *El cerebro en accion*. Barcelona: Fontanella.
- Matute., E, Chamorro., Y, Inozemtseva., O, Barrios., O, Roselli., M & Ardila, A. (2008). Efecto de la edad en una tarea de planificación y organización ('piramide de México') en escolares. *Revista de Neurologia*, *47* (2) : 61-70.

- Medina, F., & Galvan, M. (2008). Descomposicion del coeficiente de Gini por fuentes de ingreso: Evidencia empirica para América Latina 1999-2005. Naciones Unidas : Santiago de Chile.
- McNeill, D. (1992) *Hand and Mind: What gestures reveal about thought*. Chicago: The University of Chicago Press.
- McNeill, D. (2005). *Gesture and Thought*. Chicago and London: University of Chicago Press.
- McNeil, D., & Duncan, S. (2000). Growth points in thinking-for-speaking. A process model. In D. McNeill (Ed.), *Language and gesture* (pp. 141–161). Cambridge, UK: Cambridge University Press
- Miller, G.A., Galanter, E., & Pribram, K.H. (1960). *Plans and the Structure of Behavior*. New York: Holt.
- Minier, L., Blaye, A., Maugard, A., Fagot, J., Glady, Y., & Thibaut, J.P. (2014). Rôle du contrôle exécutif dans le raisonnement par analogie chez l'enfant et le primate non humain. *Psychologie Française*, *59*, 71-87.
- Ministerio de Educacion Nacional Colombiano. <http://www.mineducacion.gov.co/1621/w3-channel.html>. Consulté le 08/09/2014
- Miyake, A., Friedman P.N., Emerson, M.J., Witski, A.H., Howerter, A., & Wager, T. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex 'frontal lobe' tasks: a latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, *41*, 49-100.
- Morsella, E., & Krauss, R.M. (2004). The role of gestures in spatial working memory and speech. *The American Journal of Psychology*, *117* (3), 411-424.

- Moreno, M. (2004). La atención de los problemas académicos en los estudiantes de la División de Ingenierías : reflexiones y estrategias. *Zona Proxima, 5*, 112-123.
- Moreno, M. (2008). *Effet de l'âge et du milieu social sur le développement des fonctions exécutives chez des adolescents et jeunes adultes colombiens*. Document non publié. Université de Toulouse II Le Mirail.
- Moreno, M. (2009). Por qué aprenden los estudiantes ? Los objetivos de logro y su relación con el éxito o fracaso escolar. *Zona proxima, 11*, 184-195.
- Moreno, M. (2011). *Funciones ejecutivas y Rendimiento Académico en la Universidad. Alemania : Editorial Académica Española*.
- Moro., C & Rodriguez, C. (2000). La création des représentations chez l'enfant au travers des processus de sémiotique. *Enfance, 53* (3), 287-294.
- Mumford D.M., Schultz A.R., & Van Doorn, R.J. (2001). Performance in Planning: Processes, Requirements, and Errors. *Review of General Psychology. 5* (3), 213-240.
- Newell, A., & Simon, H.A. (1972). *Human problem solving*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Newell, A & Simon, H. A. (1988). The theory of human Problem solving. In: Collins, A & Smith, E.E (Eds.). *A perspective from psychology and artificial intelligence*. (pp. 33-51). Morgan Kaufman Publishers: San Mateo, California.
- Noble, K.G., McCandliss, B.D., & Farah, M.J. (2007). Socioeconomic gradients predict individual differences in neurocognitive abilities. *Developmental Science, 10* (4), 464–480.

- Nogry, S., & Didierjean, A. (2007). Les erreurs commises lors de la résolution du problème source favorisent-elles le transfert analogique ? Un réexamen de la recherche de Gick et McGarry (1992), *Psychologie française*, 1-13
- Osburn., H.K & Mumford, M.D. (2006). Creativity and Planning: Training Interventions to Develop Creative Problem-Solving Skills. *Creativity Research Journal*. 18 (2), 173–190
- Palacios., P & Rodriguez, C. (2006). *Los símbolos en los contextos de interacción triádica*. In : Memorias del Primer Congreso Internacional de Psicología del Desarrollo. 27 al 29 de septiembre. Universidad Autonoma de Aguascalientes, Mexico, p. 1-10.
- Piaget, J. (1974). *La prise de conscience*, Paris : PUF.
- Piaget, J. (1977). Comment l'intelligence vient aux enfants. Entretien de Bernard Pivot à Jean Piaget. [en ligne]. Consulté le 19/07/2014. <http://www.ina.fr/video/CPB77052827>
- Piaget, J. (1967). *Biologie et connaissance : essai sur les relations entre les régulations organiques et les processus cognitifs*. Neuchâtel : Delachaux et Niestle.
- Pine, K., Knott, T & Fletcher, B. C. (2010). Quand faire des gestes permet de mieux apprendre. *Enfance*, 3, 355-368.
- Pineda. D. (2000). La función ejecutiva y sus trastornos. *Revista de Neurología*, 30 (8), 764-768.
- Polya, G. (1962). *Mathematical discovery: On understanding, learning and teaching problem solving* (Vol. 1). New York: Wiley.
- Popper, K. (1973). *La logique de la découverte scientifique*. Paris : Payot.

- Pratt, M., & Savoy-Levine, K. M. (1998). Contingent tutoring of long division skills in fourth and fifth graders : Experimental tests of some hypotheses about scaffolding. *Journal of Applied Developmental Psychology, 19*, 287-304.
- Prévost, R.A, Bronson, M.B., & Casey, B.M. (1995). Planning Processes in Preschool Children. *Journal of applied developmental psychology, 16*, 505-525
- Puryear, J & Malloy J, M. (2009). Pobreza y Desigualdad en América Latina. Síntesis 1. Interamerican Dialogue, Política Social. www.thedialogue.org. En: <http://www.thedialogue.org/PublicationFiles/Politica%20Social%20Sintesis%20No%201%20Pobreza%20y%20Desigualdad%20en%20America%20Latina.pdf>Récupéré Août 2011.
- Rauscher, F.H., Krauss, R.M., & Chen, Y. (1996). Gesture, speech and lexical access: The Role of Lexical Movements in Speech Production. *Psychological science, 7* (4), 226-231.
- Reed, S. (1999). *Cognition: théories et applications*. De Boek: Paris.
- Reitman, W. (1964). Heuristic decision procedures, open constraints, and the structure of ill-defined problems. In M.W. Shelley & G.L. Bryan (Eds.), *Human judgments and optimality*. (p.p. 282–315). New York: Wiley.
- Richard, J.F. (1982). Planification et organisation des actions dans la résolution du problème de la Tour de Hanoï par des enfants de 7 ans. *L'année psychologique, 82*, 307-336.
- Richard, J.F. (1988). Les activités de planification chez l'enfant. *Revue française de pédagogie, 82*, 33-37.
- Richard, J.F. (1997). La résolution de problèmes. *Recherche en soins infirmiers, 50*, 47-54.

- Richard J.F. (2004). *Les activités mentales*, Paris : Armand Colin.
- Richard, J.F., Pointreud, S., & Tijus, C. (1993). Problem-solving restructuration: elimination of implicit constraints. *Cognitive Science*, *17*, 497, 529.
- Rönnlund, M., Lövdén, M., & Lars-Göran, N. (2001). Adult age differences in Tower of Hanoi Performance: Influence from demographic and cognitive variables. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*. *8* (4), 269-283.
- Royall, R.D., Lauterbach, E.C, Cummings, J.L, Reeve, A., Rummans, T.A., Kaufer, D.I., LaFrance, W.C., & Coffey, C.E. (2002). Executive Control Function: A review of its promise and challenges for clinical research. *Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences*, *14*, 377-405.
- Rosselli-Cock, M., Matute-Villaseñor, E., Ardila-Ardila, A., Botero-Gómez, V.E., Tangarife-Salazar, G.A., Echeverría-Pulido, S.E., Arbelaez-Giraldo, C., Mejía-Quintero, M., Méndez, L.C., Villa-Hurtado, P.C., & Ocampo-Agudelo, P. (2004). Evaluación Neuropsicológica Infantil (ENI): una batería para la evaluación de niños entre 5 y 16 años de edad. Estudio normativo colombiano. *Revista de Neurología*, *38* (8): 720-731
- Roustan, B. (2012). *Étude de la coordination gestes manuels/parole dans le cadre de la désignation*. Thèse de doctorat, Université de Grenoble.
- Salnaitis, C.L, Baker, C.A, Holland, James & Welsh, M. (2011). Differentiating Tower of Hanoi Performance: Interactive Effects of Psychopathic Tendencies, Impulsive Response Styles, and Modality. *Applied Neuropsychology*, *18*, 37–46.
- Shallice, T. (1982). Specific impairments of planning. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B*, *298*, 199-209.
- Sander, E., (2000). *L'analogie, du naïf au créatif*. Paris : L'Harmattan.

- Sander, E & Richard, J.F. (1997). Analogical Transfer as Guided by an Abstraction Process: The Case of Learning by Doing in Text Editing. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 23 (6), 1459-1483.
- St-Laurent, D., & Moss, E. (2002). Le développement de la planification : influence d'une activité conjointe. *Enfance*, 54 (4), 341 -361.
- Simon, H. A. (1973). The Structure of Ill Structured Problems. *Artificial Intelligence* 4, 181-201.
- Simon, H. A. (1975). The functional equivalence of problem solving skills. *Cognitive Psychology*, 7, 268-288.
- Simon, H. A. (1978). Information-processing theory of human problem solving. In W. K. Estes (Ed.), Handbook of learning and cognitive processes (Vol. V). *Human information processing*, (pp. 271-295). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Scholnick, E. K., & Friedman, S. L. (1987). The planning construct in the psychological literature. In S. L. Friedman, E. K. Scholnick, & R. R. Cocking (Eds), *Blueprints for thinking* (pp. 3-38). Cambridge : Cambridge University Press.
- Scholnick, E.K., & Friedman, S. L. (1993). Planning in context: Developmental and situational considerations. *International Journal of Behavioral Development*, 16 (2), 145-167.
- Soprano., A.M. (2003). Evaluación de las funciones ejecutivas en el niño. *Revista de Neurología*, 37, 44-50.

- Tcherniack, V., Barielle, B., Kasprzak, S., & Martinod, R. (2007). *Travailler les fonctions exécutives : exercices écologiques : Manuel pour la prise en charge des syndromes dysexécutifs dans les pathologies neurologiques (adultes-adolescents)*. Marseille: Solal.
- Tellier, M. (2008). Dire avec des gestes. In Chnane-Davin, F. & Cuq, J.P. (Eds). *Du discours de l'enseignant aux pratiques de l'apprenant en classe de français langue étrangère, seconde et maternelle. Le Français dans le monde, recherche et application*, 44, 40-50
- Tellier, M. (2009). *The development of gesture*. Author manuscript, published in *Language development over the lifespan*, De Bot (Ed.) 191-216
- Tellier, M. (2010). Faire un geste pour l'apprentissage : Le geste pédagogique dans l'enseignement précoce. In C. Corblin & J. Sauvage (éds). *L'apprentissage et l'enseignement des langues vivantes à l'école. Impacts sur le développement de la langue maternelle*. (p.p. 31-54). Paris : L'Harmattan, coll. « Enfance & Langages »,.
- Thal, D.J., & Bates, E. (1988). Language and gesture in late talkers. *Journal of Speech and Hearing Research*, 31,115–23.
- Tirapu, J., Céspedes, JM., & Pelegrín, C. (2002). Funciones ejecutivas: necesidad de una integración conceptual. *Revista de Neurología*, 34, 673-85.
- Trognon, A., Sorsana, C., Batt, M., Longin, D. (2008). Peer interaction and problem solving: One example of logical-discursive analysis of a process of joint decision making. *European Journal of developmental psychology*, 5 (5), 623-643.
- Tomassello, M. (1999). *Aux origines de la cognition humaine*. Paris : Retz

- Ueda, H. (1998). Semántica de los gestos españoles. *Lingüística Hispánica*, 20, 1-14.
- Unterrainer, J.M., & Owen, A.M. (2006). Planning and problem solving: From neuropsychology to functional neuroimaging, *Journal of Physiology*, 99, 308-317.
- Wagner, S., & Goldin-Meadow, S. (2006). The Role of Gesture in Learning: Do Children Use Their Hands to Change Their Minds? *Journal of cognition and development*, 7 (2), 211-232.
- Walker, D., Greenwood, Ch., Hart, B., & Carta. J. (1994). Prediction of School Outcomes Based on Early Language Production and Socioeconomic Factors. *Child Development*, 65, 606-621.
- Weils-Barrais, A. (2011). *L'homme cognitif*. Paris : Puf.
- Welsh, M.C. (1991). Rule-Guided Behavior and Self-Monitoring on the Tower of Hanoi Disk-Transfer Task. *Cognitive Development*, 6, 59-76.
- Welsh, M.C., Penington, B.F., & Groisser, D.B. (1991). A normative developmental study of executive function: A window on prefrontal function in children. *Developmental Neuropsychology*, 7, 131-149.
- Welsh, M. C., & Pennington, B. F. (1988). Assessing frontal lobe functioning in children: Views from developmental psychology. *Developmental Neuropsychology*, 4, 199-230.
- Welsh, M.C., Satterlee-Cartmell, T., & Stine, M. (1999). Towers of Hanoi and London: Contribution of Working Memory and Inhibition to Performance. *Brain and Cognition*, 41, 231-242

Wood, D., & Middleton, D. (1975). A study of assisted problem solving. *British Journal of Psychology*, *66*, 181-191.

Vygotsky, L. S. (1930-1997). *Pensée et Langage*. Paris : La Dispute.

Vygotsky, L.S. (1930-1978). *Mind and Society*. Cambridge, MA : Harvard University Press.

Zanga, A., Richard, J.F., & Tijus, Ch. (2004). Implicit learning in rule induction and problem solving. *Thinking & Reasoning*, *10* (1), 55-83.

INDEX DES FIGURES

Figure 1. Classification du type de problèmes proposée par Zanga et al. (2004), adaptée de Greeno (1978).....	23
Figure 2. Modèle de la tour de Hanoï avec 3 disques.....	26
Figure 3. Graphique représentant l'espace- problème pour le problème de la Tour de Hanoï avec trois disques	29
Figure 4. Graphique représentant l'espace- problème de la résolution de la Tour de Hanoï avec quatre disques	30
Figure 5. Enfant de 8 ans.....	103
Figure 6. Adolescente de 13 ans.....	103
Figure 7. Adulte de 19 ans.....	103
Figure 8. Phase d'explication anticipée	106
Figure 9. Phase de réalisation	107
Figure 10. Début problème avec 3 disques.....	108
Figure 11. Explication anticipée 3 disques	108
Figure 12. Début problème avec 4 disques.....	108
Figure 13. Explication anticipée 4 disques	108
Figure 14. Phase de réalisation 3 disques	109
Figure 15. Phase de réalisation 4 disques	109
Figure 16. Conversation fin de la séance	110
Figure 17. Explication concordante gestes-parole.....	118
Figure 18. Explication non-concordante geste-paroles (cas 1).....	119
Figure 19. Explication non-concordante geste-paroles (cas 2).....	120
Figure 20. Explication non-concordante geste-paroles (cas 2).....	120
Figure 21. Explication non-concordante geste-paroles (cas 3).....	121
Figure 22. Explication non-concordante geste-paroles (cas 3).....	121
Figure 23. Explication non-concordante geste-paroles (cas 4), Déplacement 3.....	122
Figure 24. Comparaison du nombre moyen de tentatives d'explication verbale et gestuelle des problèmes avec 3 et 4 disques par groupe d'âge.....	136
Figure 25. Nombre moyen de tentatives d'explication par âge et milieu socio-économique de la tâche à 4 disques	138
Figure 26. Temps moyen utilisé (en secondes) pour la planification des tâches par groupe d'âge.....	140

Figure 27. Nombre moyen et (écart-type) des non-concordances gestes-parole selon le type de stratégie utilisé – tâche à 3 disques.	148
Figure 28. Résultats des non-concordances gestes- paroles produites en fonction du type de stratégie de planification et milieu socio-économique- tâche à 3 disques..	150
Figure 29. Résultats des non-concordances gestes- paroles produites en fonction du type de stratégie de planification et milieu socio-économique- tâche à 4 disques..	155
Figure 30.Nombre moyen de non-concordances gestes-paroles selon la complexité de la tâche à 3 et à 4 disques.	156
Figure 31.Nombre moyen de non-concordances gestes-parole lors de l’explication selon la complexité de la tâche et le milieu socio-économique d’appartenance.....	157
Figure 32.Nombre moyen de non-concordances gestes-parole selon la complexité de la tâche par âge et milieu socio-économique d’appartenance.	158
Figure 33.Nombre des participants ayant utilisé une stratégie de résolution de la tâche à 3 disques en phase 1 et 2.....	166

INDEX DES TABLEAUX

Tableau 1. Résumé des classifications de problèmes les plus connues.....	21
Tableau 2. L'espace problème de Newell & Simon (1972).....	36
Tableau 3. Executive functions (EFs) are important to just about every aspect of life.	47
Tableau 4. Résumé des perspectives de l'étude de la planification et de la résolution de problèmes.....	48
Tableau 5. Classifications des gestes selon la forme, fonction et relation gestes- parole.....	65
Tableau 6. Caractéristiques de la population rencontrée.....	97
Tableau 7. Comparatif niveau scolaire Colombie – France.....	98
Tableau 8. Résultats du double codage.....	112
Tableau 9. . Résultats du double codage.....	112
Tableau 10. Classification de types de gestes observés.....	117
Tableau 11. Effectifs croisés (et pourcentages) en fonction du groupe d'âge et du type de stratégie utilisé lors de l'explication verbale et gestuelle -Tâche à 3 disques	131
Tableau 12. Effectifs croisés (et pourcentages) en fonction du groupe d'âge et du type de stratégie utilisé lors de l'explication verbale et gestuelle – Tâche à 4 disques....	132
Tableau 13. Effectifs croisés (et pourcentages) en fonction du milieu socio- économique et du type de stratégie utilisée lors de l'explication verbale et gestuelle	134
Tableau 14. Nombre moyen et (écart-type) des tentatives d'explication verbale et gestuelle.....	135
Tableau 15. Nombre moyen et (écart-type) des tentatives d'explication verbale et gestuelle.....	137
Tableau 16. Temps moyen en secondes et (écart-type) du temps total d'explication verbale et gestuelle.....	139
Tableau 17. Temps moyen en secondes et (écart-type) du temps total d'explication verbale et gestuelle.....	140
Tableau 18. Résumé des variables dépendantes: stratégie de planification, nombre de tentatives et temps d'explication verbale et gestuelle.....	142
Tableau 19. Résumé des variables dépendantes: stratégie de planification, nombre de tentatives et temps d'explication verbale et gestuelle.....	142

Tableau 20. Résumé des variables dépendantes: stratégie de planification, nombre de tentatives et temps d'explication verbale et gestuelle	143
Tableau 21. Hypothèses portant sur les liens entre l'âge, le milieu socio-économique et le type de stratégie de planification, nombre de tentatives et temps d'explication de la planification.....	143
Tableau 22.Effectifs des participants ayant produit des concordances ou des non-concordances lors de l'explication verbale et gestuelle de la tâche à 3 disques.	146
Tableau 23.Nombre moyen et (écart-type) des non-concordances selon le type de stratégie lors de l'explication verbale et gestuelle –tâche à 3 disques.....	149
Tableau 24.Effectifs de participants ayant produit des concordances ou non-concordances lors de l'explication verbale et gestuelle du problème avec 4 disques	151
Tableau 25.Nombre moyen et (écart-type) des non-concordances selon le type de stratégie lors de l'explication verbale et gestuelle –tâche à 4 disques.....	154
Tableau 26. Hypothèses portant sur les effets inter-sujets de l'âge et du milieu socio-économique associé au type de stratégie sur la production de non-concordances gestes-paroles lors de l'explication de la tâche à 3 disques.....	159
Tableau 27. Hypothèses portant sur les effets inter-sujets de l'âge et du milieu socio-économique associé au type de stratégie sur la production de non-concordances gestes-paroles lors de l'explication de la tâche à 4 disques.....	159
Tableau 28. Hypothèses portant sur des effets intra-sujets de la complexité de la tâche associé à l'âge, au milieu socio-économique sur la production de non-concordances gestes-paroles.	160
Tableau 29.Effectifs croisés (et pourcentages) en fonction du groupe d'âge et du type de stratégie utilisé lors de la réalisation de la tâche à 3 disques.....	161
Tableau 30.Effectifs croisés (et pourcentages) en fonction du groupe d'âge et le type de stratégie utilisé lors de la réalisation de la tâche à 4 disques.....	162
Tableau 31.Effectifs croisés (et pourcentages) en fonction du milieu socio-économique et du type de stratégie utilisée lors de la réalisation de la tâche à 3 et à 4 disques.	163
Tableau 32. Hypothèses portant sur les liens entre l'âge, le milieu socio-économique et le type de stratégie de réalisation de la tâche à 3 et 4 disques.	164

Tableau 33. Effectifs croisés du comparatif entre la phase d'explication et la phase de réalisation de la tâche à 3 disques en fonction de l'âge. 166

Tableau 34. Effectifs croisés du comparatif entre la phase d'explication et la phase de réalisation effective de la tâche à 3 disques en fonction du milieu socio-économique 167

Tableau 35. Hypothèses portant sur les liens entre l'âge, le milieu socio-économique et le type de stratégie de réalisation en comparant les deux phases de résolution 168

ANNEXES

ANNEXE I.....	241
ANNEXE II.....	243
ANNEXE III.....	248
ANNEXE IV.....	253
ANNEXE V.....	257
ANNEXE VI.....	258
ANNEXE VII.....	260
ANNEXE VIII.....	263
ANNEXE IX.....	267
ANNEXE X.....	269
ANNEXE XI.....	271
ANNEXE XII.....	273

Annexe I.

Classification de types de gestes trouvés dans les données recueillis par
Garber (1997)

Garber, P. (1997). Using gesture and speech to index understanding of a problem solving task: A comparative study of adults and children explaining the Tower of Hanoi puzzle. Unpublished Ph.D. dissertation, University of Chicago, Chicago. (p. 92 - 96)

<u>Indicating gestures</u>	<u>Referent of Gesture</u>
Point with the index finger to disk	Disk
Point with the index finger to peg	Peg
Flat hand, palms down, on top of disk	Disk
Flat hand, palms down, next to disk	Disk
"V" hand, on top of disk	Disk

<u>Indicating gestures</u>	<u>Referent of Gesture</u>
"V" hand, next to disk	Disk
"V" hand, around peg	Peg

<u>Representational gestures</u>	<u>Referent of Gesture</u>
"C" hand, placed next to disk	Shape of disk
"C" hand, place above disk	Shape of disk
"C" hand, place around peg	Shape of disk
Vertical "C" hand, parallel to peg	Shape of disks on peg

Notre traduction en français

<u>Gestes de pointage</u>	<u>Référent du geste</u>
Signale un disque avec l'index	Disque
Signale une tige avec l'index	Tige
Main plate, paumes vers le bas, sur un disque	Disque
Main plate, paumes vers le bas, à côté d'un disque	Disque
Main en forme de « V », sur un disque	Disque

<u>Gestes de pointage</u>	<u>Référent du geste</u>
Main en forme de « V », à côté d'un disque	Disque
Main en forme de « V », autour d'une tige	Tige

<u>Gestes représentatifs</u>	<u>Référent du geste</u>
Main en forme de « C », placée à côté d'un disque	Forme de disque
Main en forme de « C », placée au-dessus d'un disque	Forme de disque
Main en forme de « C », placée autour d'une tige	Forme de disque
Main en forme de « C » vertical parallèle à une tige	Forme de disques sur une tige

 Nuestra traducción en Español

Gestos indicadores⁴⁵ o gestos de señalar⁴⁶	Referente del gesto
Señala un disco con el dedo índice	Disco
Señala un palito con el dedo índice	Palito
Mano abierta, palma hacia abajo, sobre un disco	Disco
Mano abierta, palma hacia abajo, cerca de un disco	Disco
Mano en "V" sobre un disco	Disco
Gestos indicadores	Referente del gesto
Mano en "V" cerca de un disco	Disco
Mano en "V" alrededor de un palito	Palito
Gestos representativos	Referente del gesto
Mano en "V" puesta cerca de un disco	Forma de un disco
Mano en "V" puesta sobre un disco	Forma de un disco
Mano en "V" puesta alrededor de un palito	Forma de un disco
Mano en "V" vertical, paralela a un palito	Forma de discos en un palito

⁴⁵ Notre première traduction en espagnol de « Indicating gestures » proposé par Ueda, H (1998).

⁴⁶ Nous présentons une deuxième traduction en espagnol proposée par Rodriguez, C. (2006).

Annexe II.

Détail de résultats non-significatifs concernant la population d'étude.
Données du chapitre III, Résultats globaux Phase d'explication verbale et
gestuelle

Nombre de déplacements produits (verbalement et gestuellement) en fonction de l'âge

Nombre de déplacements produits lors de l'explication de la tâche à trois disques.

Nous présentons les Figures 1 et 2, concernant les résultats descriptifs du nombre de déplacements produits par les participants lors de leurs explications de la tâche à 3 disques (Figure 1) et à 4 disques (Figure 2) en fonction de l'âge.

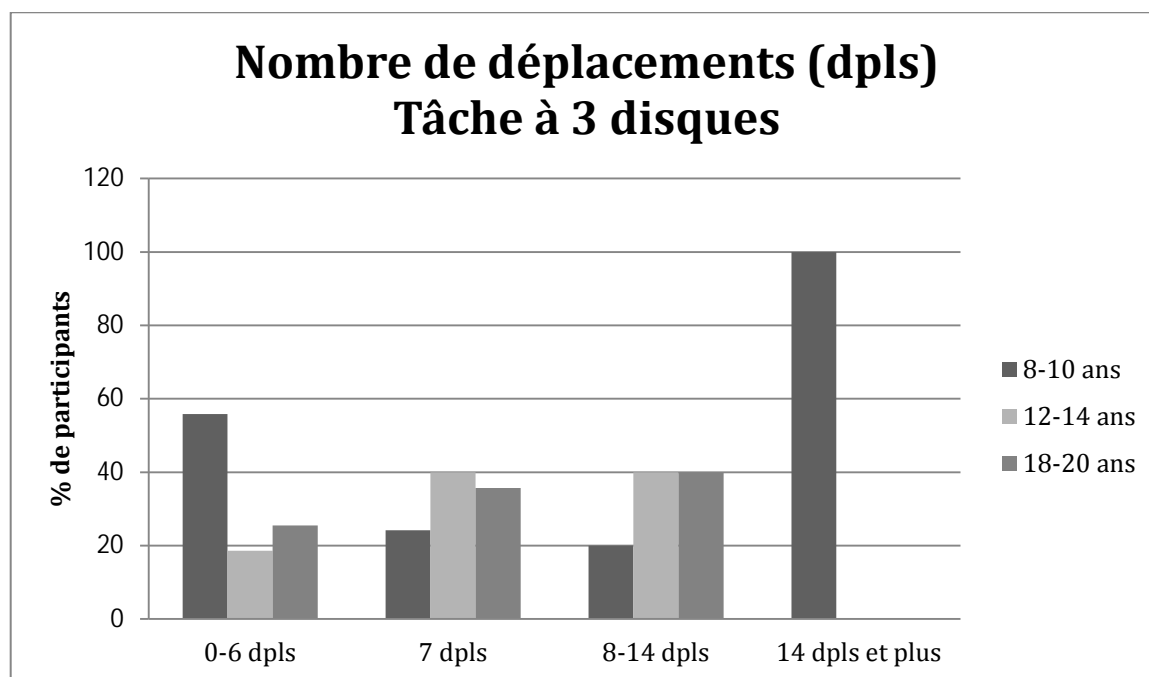


Figure 1. Pourcentages de participants selon le nombre de déplacements (verbaux et gestuels) lors de l'explication de la tâche à 3 disques en fonction de l'âge.

On observe dans la Figure 1 que la majorité des participants (70 sur 144) réussissent à expliquer le problème avec trois disques en 7 déplacements. En particulier, si on compare les trois groupes d'âges correspondant cette catégorie (7 dpls), le groupe d'adolescents de 12-14 ans se place en premier (40 %), suivi

par le groupe d'adultes de 18-20 ans, (35,7 %) et enfin, par le groupe d'enfants de 8-10 ans (24,2 %). Par ailleurs, on note aussi que la répartition des effectifs entre le groupe d'adolescents et des adultes n'est pas sensiblement différente.

En outre, il est important de remarquer que parmi les participants n'étant parvenu à expliquer la tâche, autrement dit, ayant fait moins de 7 déplacements (0-6 dpls), le groupe d'enfants représente le pourcentage le plus haut, 55,8 %, soit 24 participants parmi 43 intégrant cette catégorie.

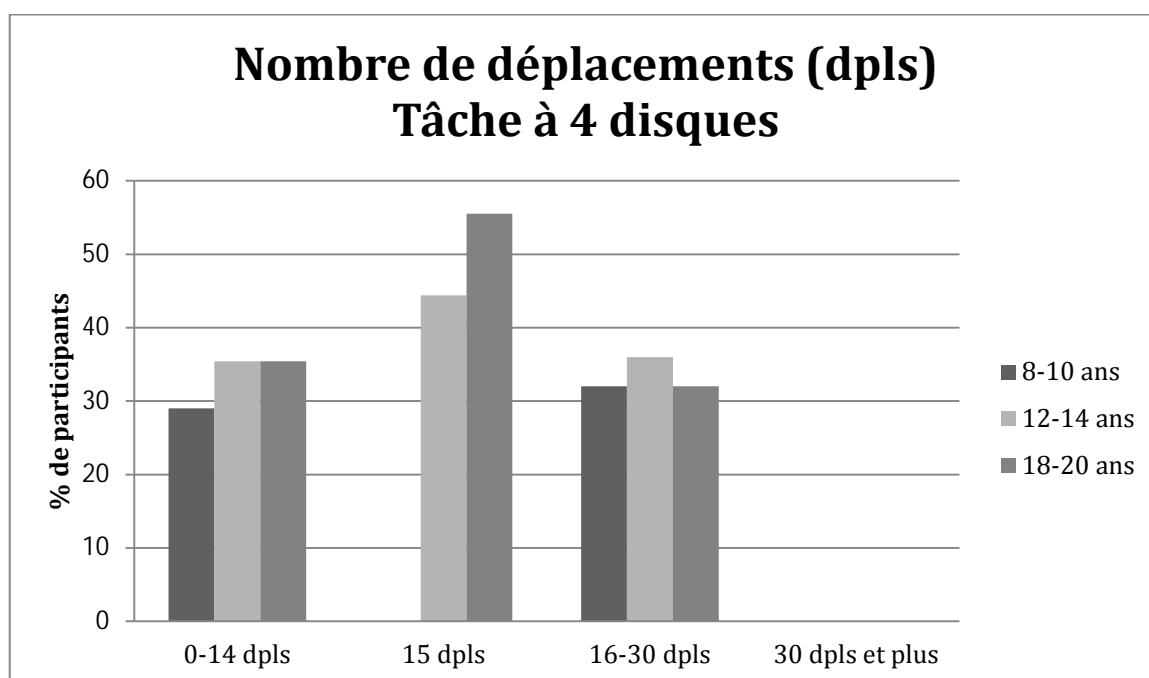


Figure 2. Effectifs (et pourcentages) selon le nombre de déplacements –verbalisés et gestuels lors de l'explication de la planification de la tâche à 4 disques en fonction de l'âge⁴⁷

Lorsqu'il s'agit du problème avec 4 disques, les résultats présentés dans la Figure 2 au-dessus révèlent qu'en considérant notre population totale de 127 participants, 9 participants du groupe de 12-14 ans et du groupe de 18-20 ans ont expliqué le problème en 15 déplacements. En comparant les trois groupes d'âges, il n'existe pas une marge de différences si étalée entre le nombre de

⁴⁷ Pour cette analyse 17 participants ont été exclus car ils n'ont pas fait l'explication de la tâche: 13 enfants, 2 adolescents et 2 adultes

participants par catégorie. En outre, aucun participant de ce groupe n'a produit plus de 30 déplacements lors de son explication du problème avec 4 disques.

Nombre de déplacements produits (verbalement et gestuellement) en fonction du milieu socio-économique d'appartenance.

La Figure 3 ci-après présente les résultats du nombre de déplacements (verbalisés et gestuels) en fonction du milieu socio-économique d'appartenance.

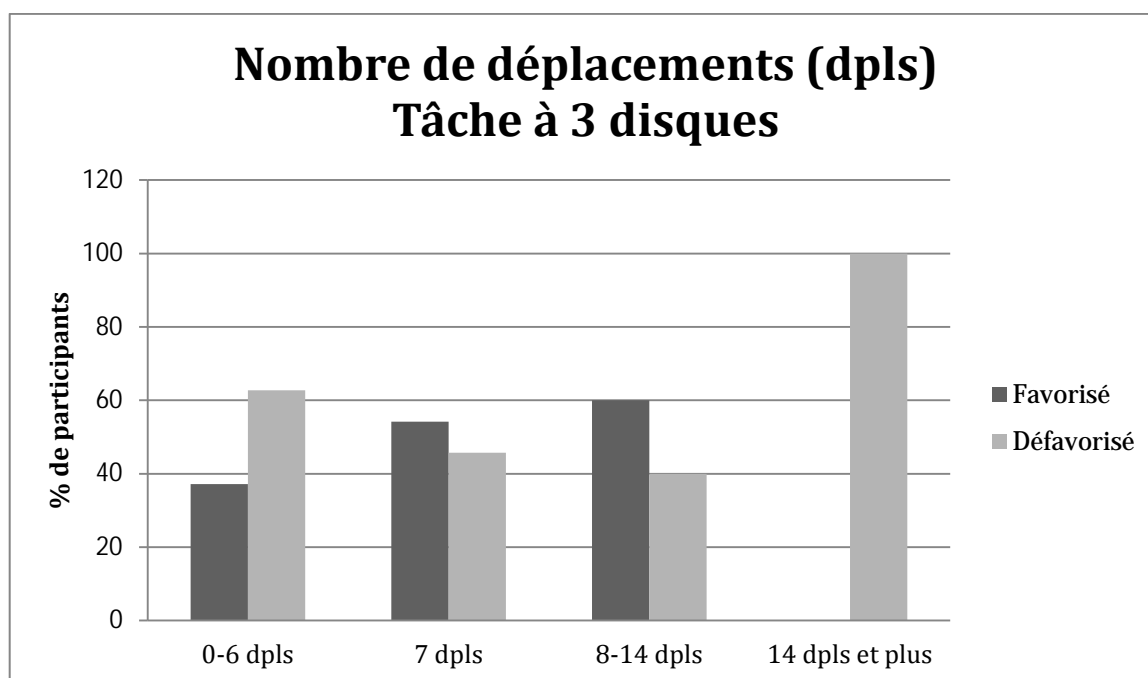


Figure 3. Effectifs (et pourcentages) selon le nombre de déplacements –verbalisés et gestuels - lors de l'explication de la planification de la tâche à 3 disques par milieu socio-économique d'appartenance.

En analysant le nombre de déplacements (verbalisés et gestuels) en fonction de la variable milieu socio-économique d'appartenance (cf. Figure 3 ci-dessus), il est possible de remarquer des légères différences entre les deux groupes (favorisés et défavorisés) par rapport à la planification efficace de la tâche en 7 déplacements (7 dpls). En effet, le groupe des participants favorisés rassemble **54,2 %** des individus ayant planifié la tâche de façon optimal tandis que le groupe de participants défavorisé rassemble **45,7 %**.

Pour ce qui est des participants ayant planifié la tâche en produisant verbalement et gestuellement entre 8 et 14 déplacements **60%** des participants appartiennent au milieu socio-économique favorisé et **40%** au milieu défavorisé.

Parmi le premier groupe (favorisé), 7 participants ont achevé le but (en 10 déplacements en moyenne).

En revanche, parmi le groupe des participants appartenant au deuxième groupe, uniquement 2 participants ont accomplie le but (en 10 déplacements en moyen également).

Enfin, concernant les participants qui n'ont pas fini d'expliquer la tâche (ayant fait entre 1 et 6 déplacements), le pourcentage de participants est presque le double pour le groupe de participants appartenant au groupe défavorisé par rapport au groupe favorisé (62,7 % *versus* 37, 2 %).

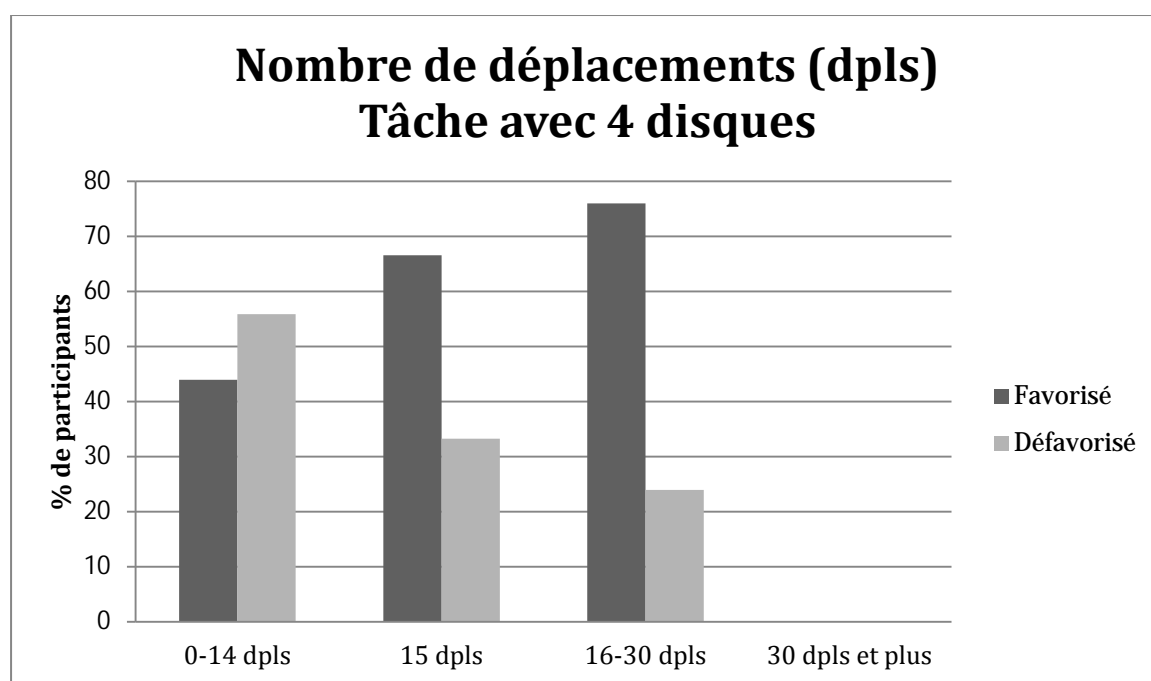


Figure 4. Effectifs (et pourcentages) selon le nombre de déplacements –verbalisés et gestuels - lors de l'explication de la planification de la tâche à 4 disques⁴⁸ par milieu socio-économique d'appartenance.

Le Tableau 10 ci-dessus révèle que pour la tâche à 4 disques :

-Chez les participants n'ayant pas pu expliquer entièrement la tâche (produisant entre 1 et 14 déplacements), 55,9 % appartiennent au milieu socio-

17 participants ont été exclus de cette analyse car ils n'ont pas expliqué cette tâche (6 participants appartenant au milieu socio-économique favorisé, dont 4 enfants, 1 adolescent et 1 adulte et 11 participants appartenant au milieu socio-économique défavorisé dont, 9 enfants, 1 adolescent et 1 adulte)

économique défavorisé et 44 % appartiennent au milieu socio-économique favorisé.

-Chez les participants ayant achevé efficacement le problème en 15 déplacements, 66,6 % font partie du groupe favorisé et 33% du groupe défavorisé.

- Chez les participants ayant produit entre 16 et 30 déplacements, 76 % appartiennent au milieu favorisé ; 24 % au milieu défavorisé. Parmi le groupe favorisé, 6 participants ont atteint le but (en 16 déplacements en moyenne). Quant au groupe défavorisé, 2 participants ont achevé le problème en 17 déplacements en moyenne.

Analyse de résultats des non-concordances gestes-parole lors des explications verbales et gestuelles du problème avec 3 et avec 4 disques. (Résultats non-significatifs)

Annexe III.

Détail de résultats non-significatifs concernant la population d'étude
Données du chapitre III, Résultats phase d'explication verbale et gestuelle

**Analyse de non-concordances gestes-parole lors des explications verbales
et gestuelles en fonction de l'âge : problème avec 3 disques**

**Des effets de l'âge sur la production de non-concordances gestes-parole
(tâche à 3 disques)**

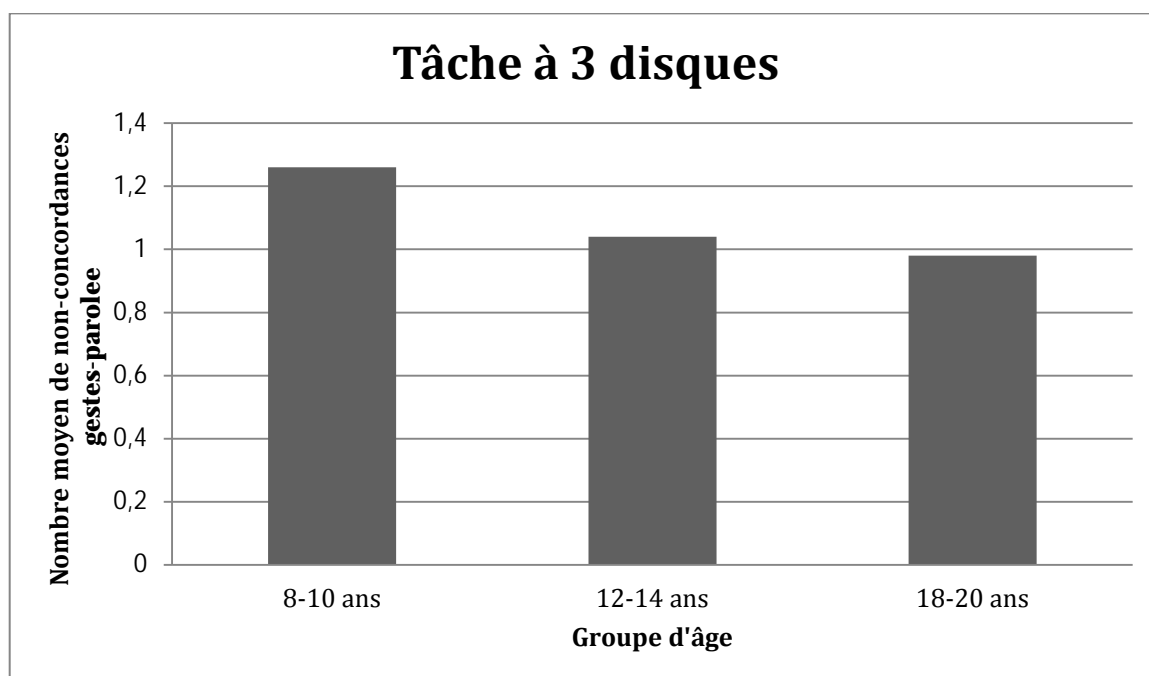


Figure 5. Nombre moyen des non-concordances gestes-parole en fonction de l'âge lors de l'explication de la tâche à 3 disques.

$(F(2,115) = 0,646 ; p > .526)$

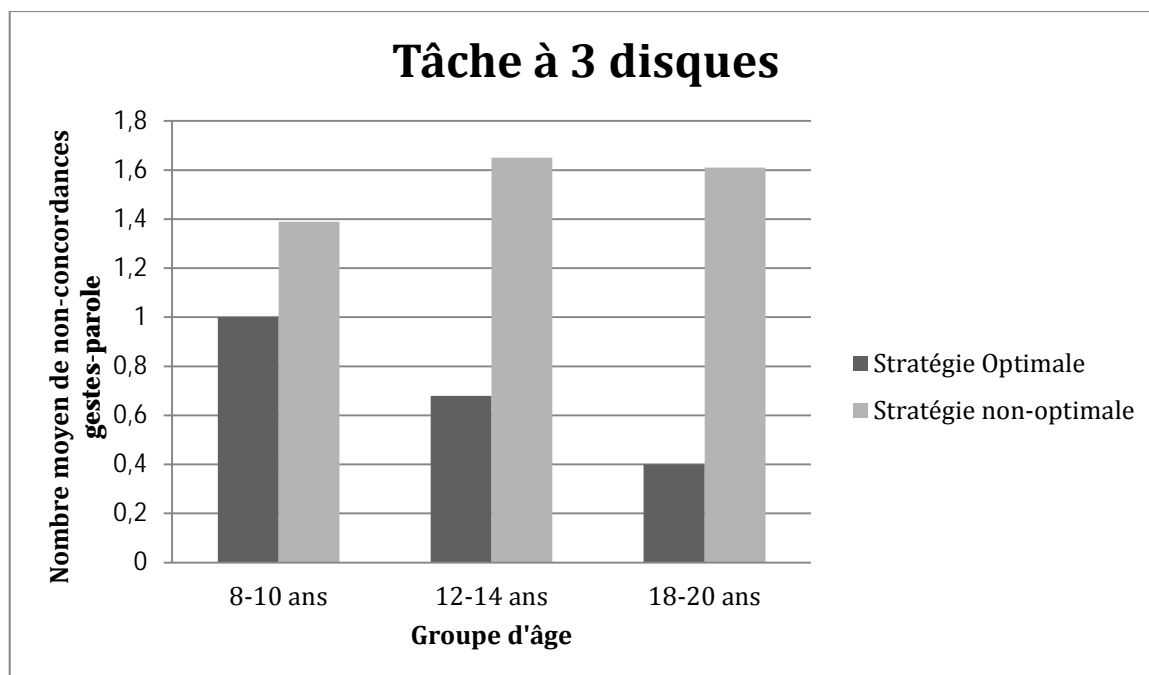


Figure 6. Nombre des non-concordances gestes-parole en fonction de l'âge associé au type de stratégie (optimale/non-optimale) lors de l'explication de la tâche à 3 disques

($F(2,115) = .957$; $p > .387$)

Des effets du milieu socio-économique d'appartenance sur la production de non-concordances gestes-parole (tâche à 3 disques)

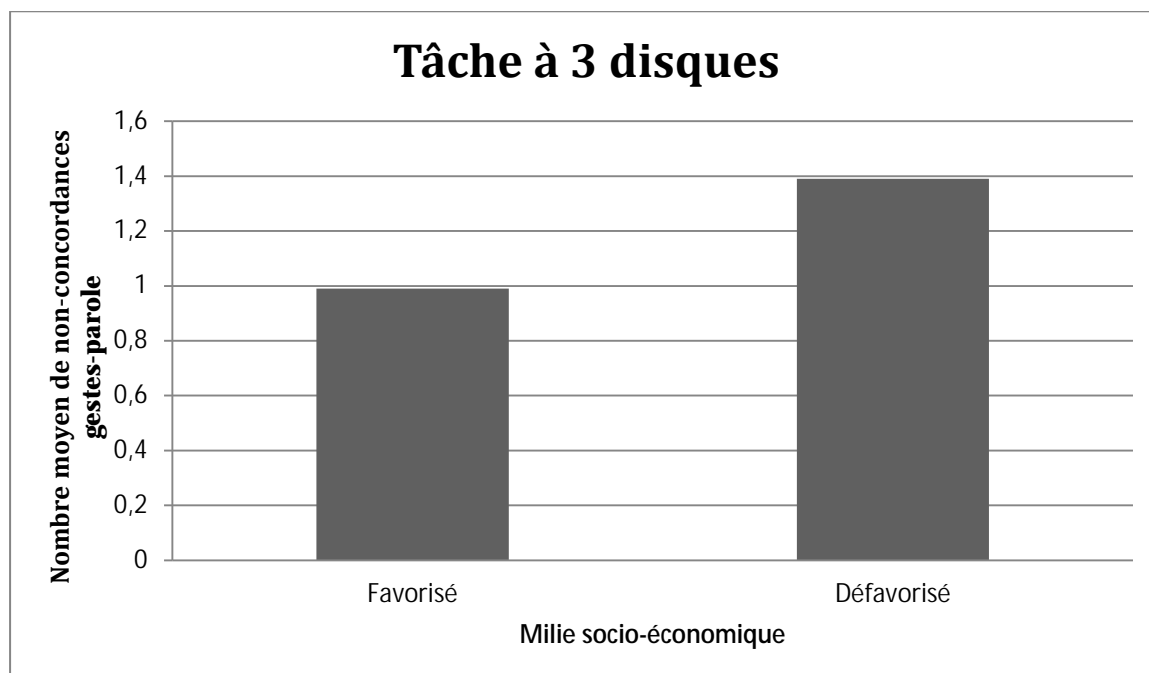


Figure 7. Nombre moyen des non-concordances gestes-parole en fonction du milieu socio-économique lors de l'explication verbale et gestuelle de la tâche à 3 disques

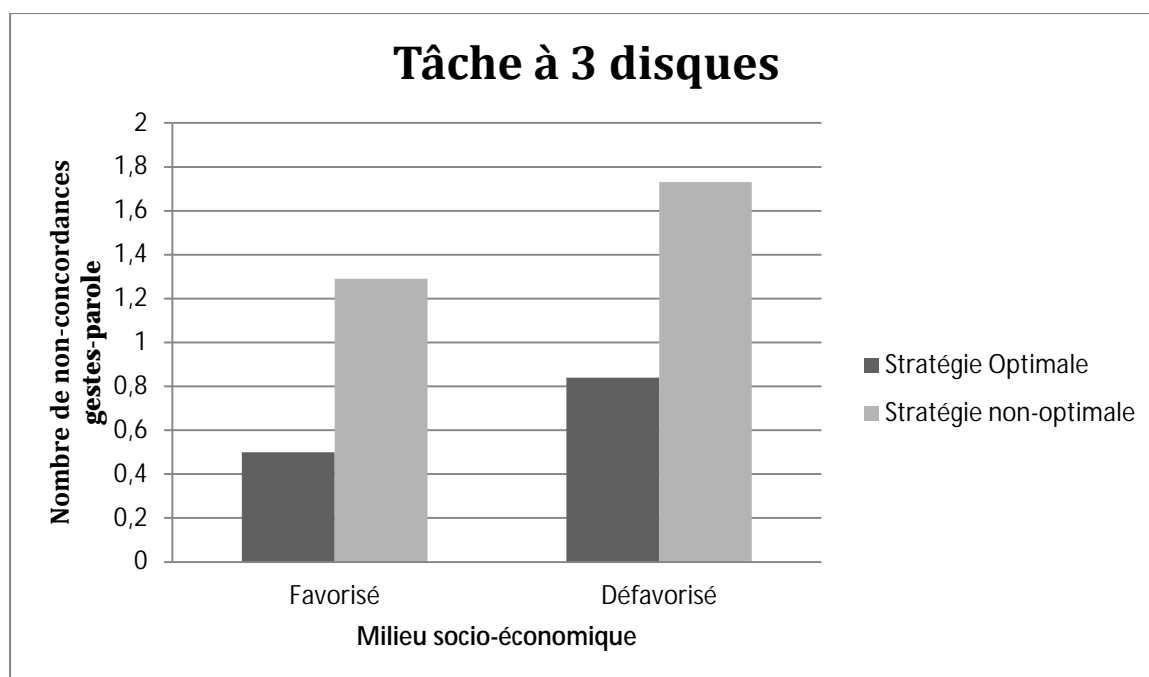


Figure 8. Nombre moyen des non-concordances gestes-parole en fonction du milieu socio-économique associé au type de stratégie (optimale/non-optimale) lors de l'explication verbale et gestuelle de la tâche à 3 disques

$(F(1,115) = .026 ; p > .872)$

Analyse de non-concordances gestes-parole lors des explications verbales et gestuelles en fonction de l'âge : tâche à 4 disques

Des effets du type de stratégie sur la production de non-concordances gestes-parole (tâche à 4 disques)

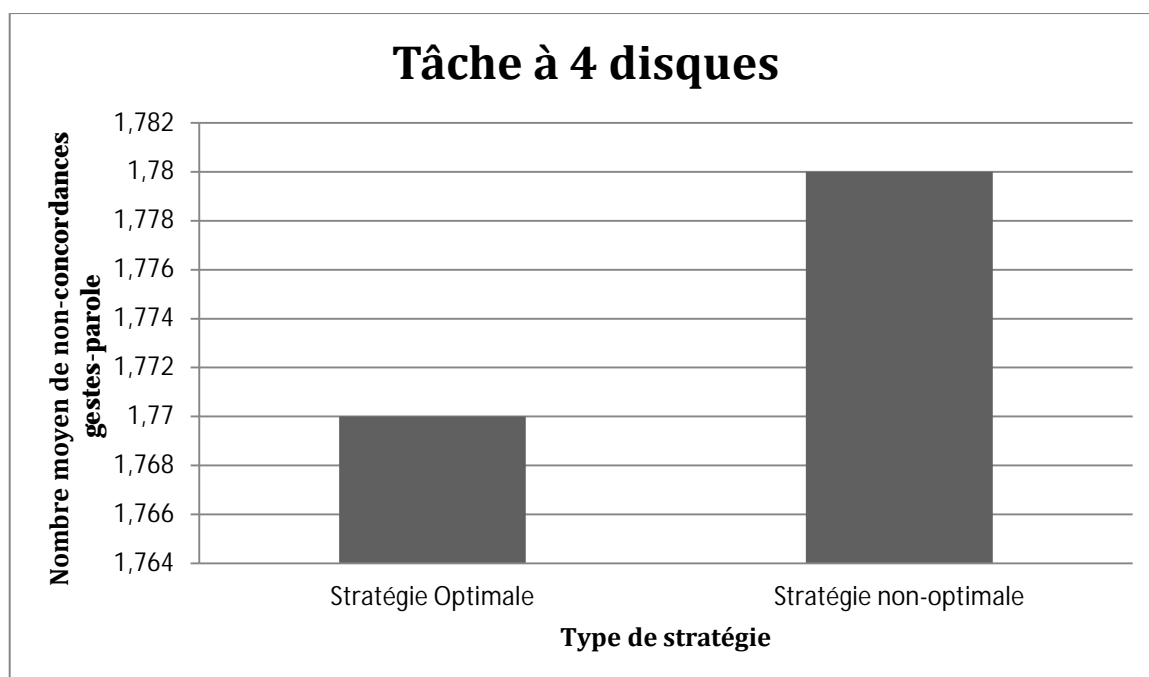


Figure 9. Nombre moyen des non-concordances gestes-parole et type de stratégie utilisé lors de l'explication verbale et gestuelle du problème avec 4 **disques**.

($F(1,117) = .052$; $p > .820$)

Des effets de l'âge sur la production de non-concordances gestes-parole
(problème avec 4 disques)

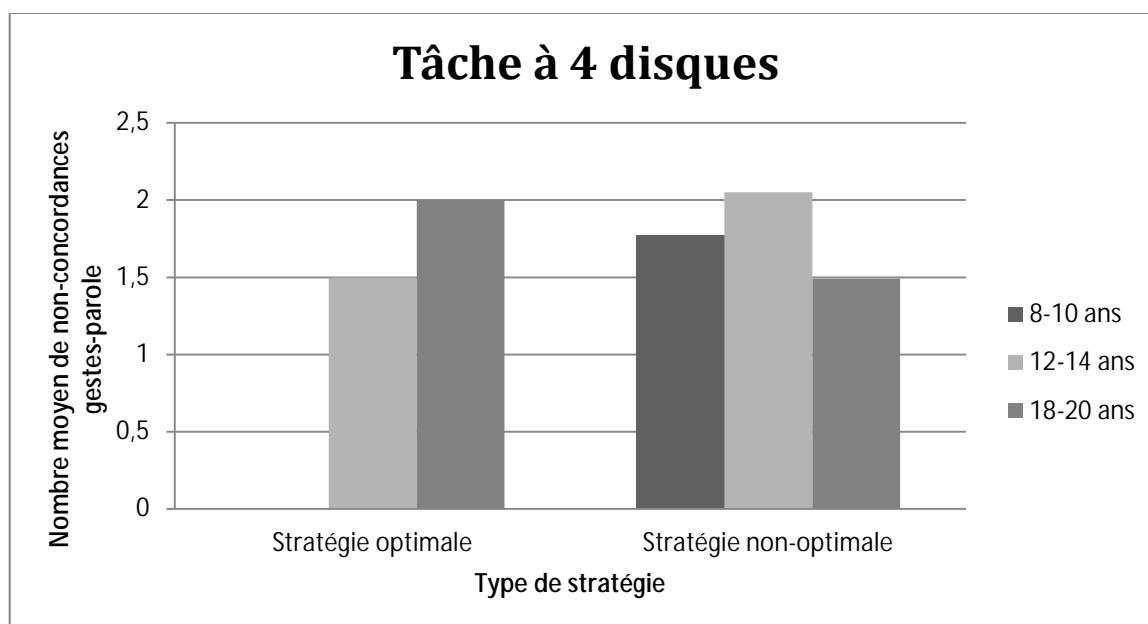


Figure10. Nombre moyen des non-concordances gestes-parole en fonction de l'âge associé au type de stratégie (optimale/non-optimale) lors de l'explication du problème avec 4 disques

($F(2,117) = .049$; $p > .952$)

Des effets du milieu socio-économique sur la production de non-concordances gestes-parole (problème avec 4 disques)

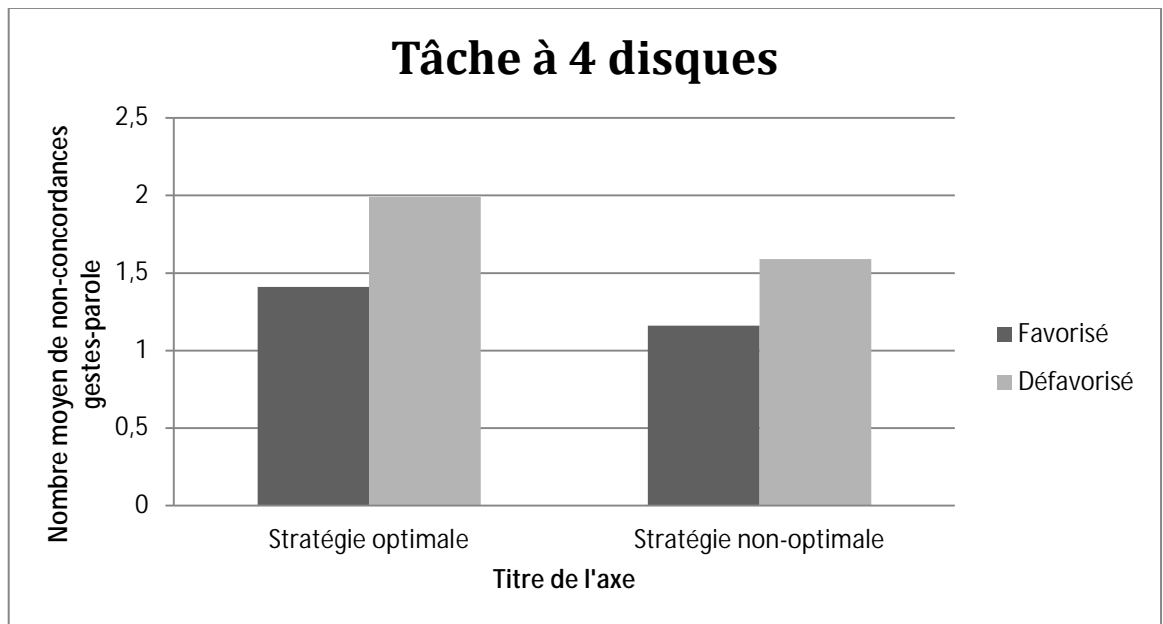


Figure 11. Nombre moyen des non-concordances selon le type de stratégie verbale et gestuelle de la tâche à 4 disques par milieu socio-économique.

$(F(1,117) = .043 ; p > .835)$

Annexe IV.

Détail de résultats non-significatifs concernant la population d'étude.

Données du chapitre III, Résultats globaux Phase de Réalisation)

Nombre de déplacements réalisés en fonction de l'âge : Résultats globaux : phase 2

Nous présentons les Figures 12 et 13 relatives au nombre de déplacements réalisés par les participants lors de la résolution du problème avec 3 disques (Figure 11) et 4 disques (Figure 12) en fonction de l'âge.

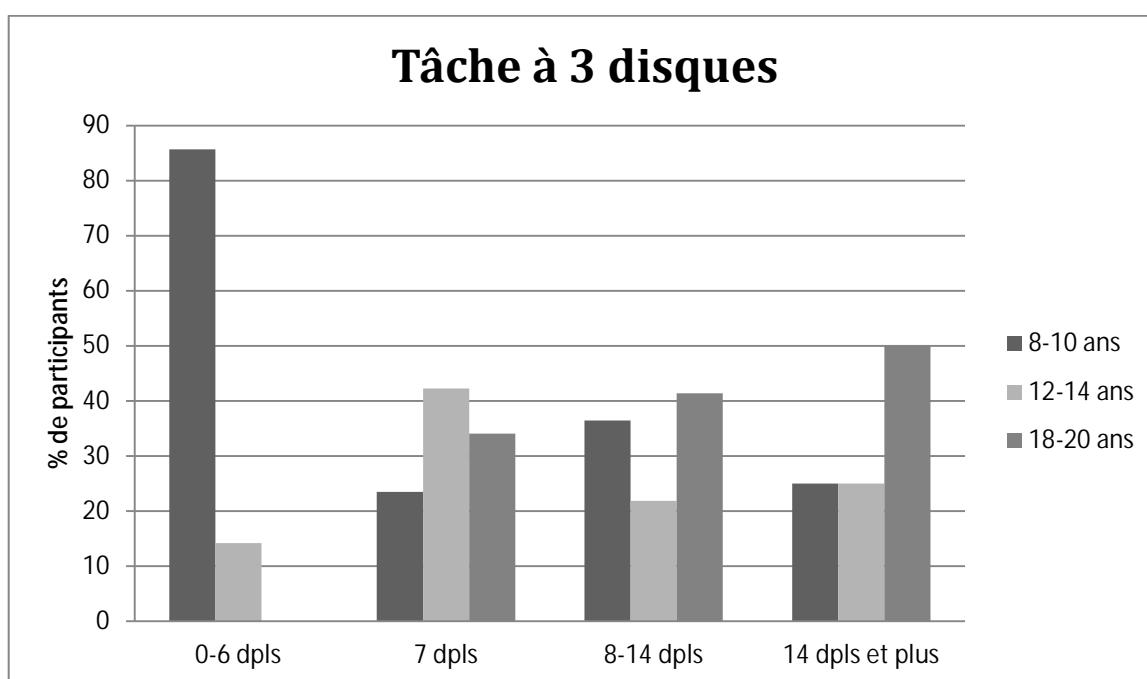


Figure 11. Pourcentages de participants selon le nombre de déplacements réalisés lors de la résolution de la tâche à 3 disques en fonction de l'âge.

La Figure 11 au-dessus permet de montrer qu'en considérant notre population totale de 141 participants, 59,0 % ont réalisé efficacement le problème en 7 déplacements. Autrement dit, ils ont atteint le but dans le nombre minimum de déplacements. 28,4 %, ont réalisé le problème en ayant fait entre 8 et 14 déplacements. 9,72 %, soit 14 participants n'ont pas fini le problème tâche, ils n'ont donc pas atteint le but final. Ils ont réalisé moins de 7 déplacements. 2,77 % des

participants ont réalisé le problème en faisant plus de 14 déplacements et ils ont atteint le but.

En comparant les trois groupes d'âges, on observe qu'en ce qui concerne la réalisation du problème en 7 déplacements : le groupe d'adolescents le fait le plus fréquemment (42,3 %) puis c'est le groupe d'adultes (35,7 %), et enfin, le groupe d'enfants (24,2 %). En outre, il est important de remarquer que la totalité du groupe d'adultes a réalisé le problème en atteignant le but.

La Figure 12 ci-après présente les résultats concernant le nombre de déplacements faits par les participants lors de la réalisation de la tâche à 4 disques.

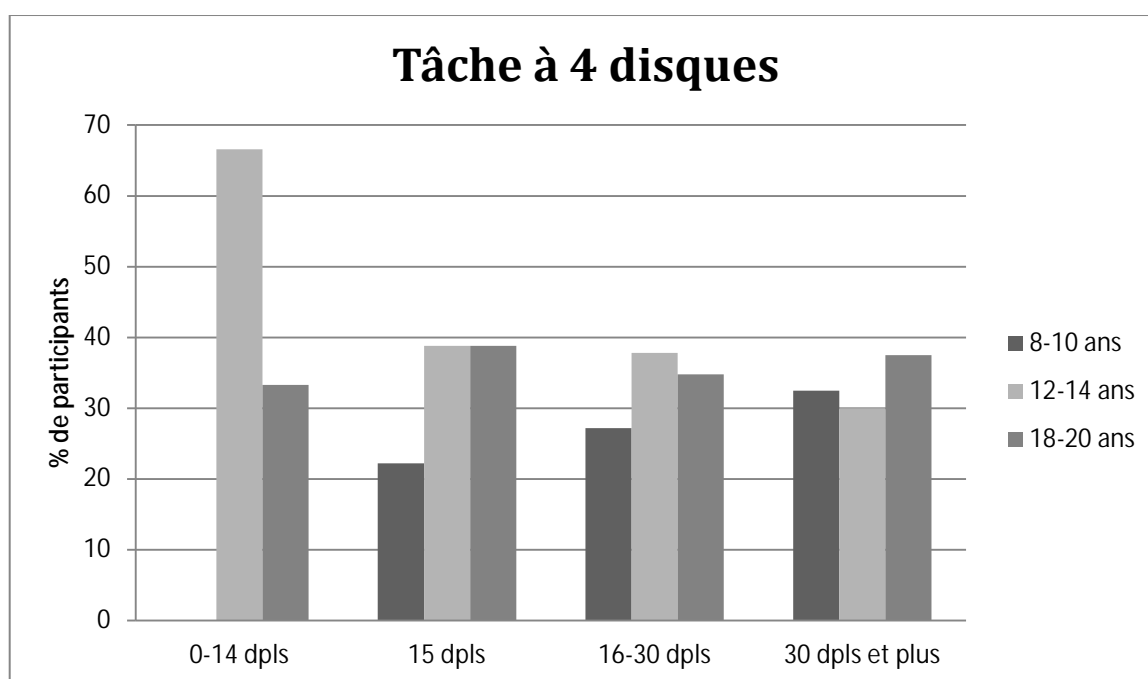


Figure 12. Pourcentages de participants selon le nombre de déplacements réalisés lors de la résolution de la tâche à 4 disques en fonction de l'âge.

Lorsqu'il s'agit du problème avec 4 disques, les résultats présentés dans la Figure 12 ci-dessus révèlent qu'en considérant notre population totale de 127 participants, 14,1 % ont réalisé efficacement la tâche : en 15 déplacements correspondant au nombre minimum de déplacements. 51,9 %, soit 66 participants, ont réalisé le problème en faisant réaliser entre 16 et 30 déplacements. 55 participants de ce groupe ont atteint le but. 31,4 % des participants ont réalisé la tâche en ayant réalisé plus de 30 déplacements. 2,36 % des participants ont réalisé moins de 15 déplacements, ce qui revient à dire qu'ils n'ont pas achevé la tâche.

Nombre de déplacements réalisés en fonction du milieu socio-économique d'appartenance.

Les Figures 13 et 14 ci-après présentent les résultats du nombre de déplacements produits lors de la réalisation du problème avec 3 disques (Figure 13) et avec 4 disques (Figure 14) en fonction du milieu socio-économique.

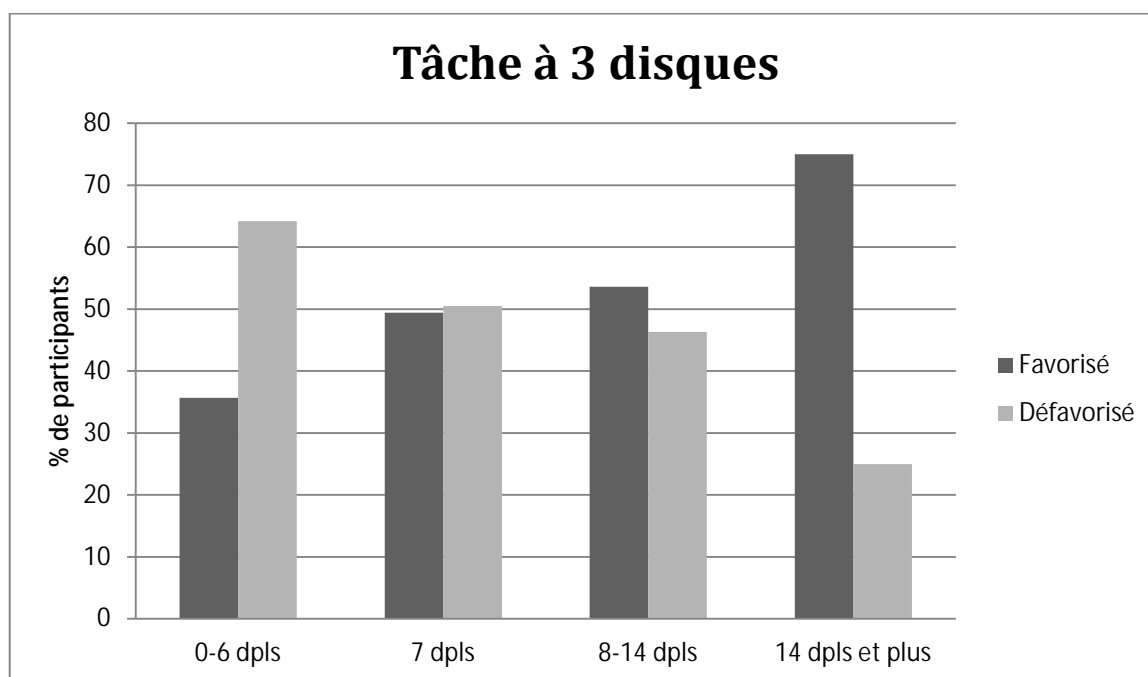


Figure 12. Pourcentages de participants selon le nombre de déplacements réalisés lors de la résolution de la tâche à 3 disques en fonction de l'âge.

En ce qui concerne le problème avec 3 disques, on peut remarquer des légères différences entre les deux groupes –favorisés (49,4 %) et défavorisés (50,5 %)- par rapport à la réalisation optimale de la tâche.

Pour ce qui est des effectifs ayant fait entre 8 et 14 déplacements, 53,6 % des participants appartiennent au milieu socio-économique favorisé et 46,3 % au milieu défavorisé. La totalité des participants du groupe favorisé a atteint le but en faisant 10 déplacements en moyenne ; 17 participants du groupe défavorisé ont accompli le but, en faisant également 10 déplacements en moyenne.

Enfin, concernant les participants qui n'ont pas fini de réaliser la tâche (ayant fait entre 1 et 6 déplacements), le pourcentage de participants du groupe défavorisé

représente presque le double par rapport au groupe favorisé (62,7 % *versus* 37, 2 %).

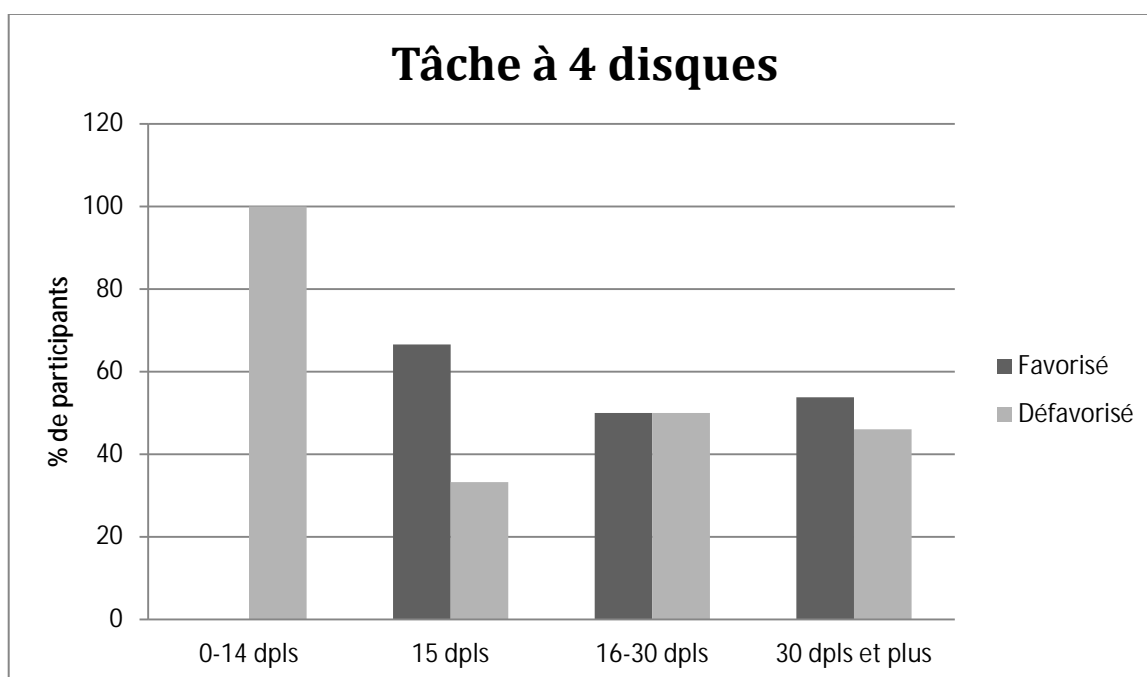


Figure 12. Pourcentages de participants selon le nombre de déplacements réalisés lors de la résolution de la tâche à 3 disques en fonction de l'âge.

La Figure 12 ci-dessus révèle que pour la tâche à quatre disques :

-En ce qui concerne les participants n'étant pas parvenus à expliquer le problème réalisant entre 1 et 14 déplacements, 100 % des participants appartiennent au milieu socio-économique défavorisé.

-Par rapport au nombre de participants ayant achevé de façon optimale le problème en 15 déplacements 66,6 % des participants font partie du groupe favorisé et 33% au groupe défavorisé.

-Le plus grand nombre de participants a réalisé le problème en faisant entre 16 et 30 déplacements. 50 % de participants du groupe favorisé et 50% de participants du groupe défavorisé. 30,7 % des participants ont réalisé la tâche en faisant plus de 30 déplacements.

Annexe V.

Détail de résultats non-significatifs concernant la population d'étude
Données du chapitre III, Résultats comparatifs phase 1 et 2)

Comparaison entre la phase d'explication verbale et gestuelle (phase 1) et la phase de réalisation du problème de la Tour de Hanoï avec 4 disques (phase 2)

*Tableau 1. Effectifs croisés du comparatif entre la phase d'explication et la phase de réalisation effective du problème avec 4 disques en fonction de l'âge
Comparatif groupe (Enfants-Adolescents)*

Type de Stratégie Phase 1 et 2	Groupe d'âge			
	8-10 ans (n=36)	12-14 ans (n=48)	18-24 ans (n=48)	Total (N=132)
Optimale/Optimale	0 (0)	3 (6,3)	2 (4,2)	5 (3,8)
Optimale-non-optimale-opt*	5 (13,9)	5 (10,4)	8 (16,7)	18 (13,6)
Non-optimale/Non-optimale	31 (86,1)	40 (83,3)	38 (79,2)	109 (82,6)

*opt : optimale

Milieu socio-économique

Tableau 4. Effectifs croisés du comparatif entre la phase d'explication et la phase de réalisation effective du problème avec 4 disques

Type de Stratégie Phase 1 et 2	Milieu socio-économique d'appartenance		
	Favorisé (n=69)	Défavorisé (n=63)	Total (N=132)
Optimale/Optimale	4 (5,8)	1 (1,6)	5 (3,8)
Optimale-non-optimale-opte	11 (15,9)	7 (11,1)	18 (13,6)
Non-optimale/Non-optimale	54 (78,3)	55 (87,3)	109 (82,6)

*opt : optimale

Annexe VI.



Annexe VI.

Lettre adressée aux directeurs des écoles
(Notre traduction en français)

A Barranquilla,

Le lundi 20 Février 2012

Madame, Monsieur,

Je suis Mayilin Moreno, professeur au Département de Psychologie de l'Université del Norte et boursière du Programme de bourses-crédit de Colfuturo. À présent, je me trouve à Toulouse (France) où je prépare une thèse doctorale en Psychologie.

Dans le cadre de ce programme, je conduis une recherche dont le but est de déterminer si les gestes et le discours produits par des enfants, des adolescents et de jeunes adultes colombiens pendant l'explication de la résolution d'une tâche, peuvent servir d'indicateurs de certains processus de pensée. Pour ce faire je dois constituer un échantillon de 120 élèves d'écoles publiques et privées, choisis dans des tranches d'âges suivantes : entre 8 et 10 ans et entre 12 et 14 ans.

Ma démarche comprend un entretien individuel d'une durée maximum de 30 minutes pendant lequel on leur demandera de résoudre une tâche de planification. Étant donné que le but de l'étude est d'observer les gestes, il est nécessaire de filmer chaque entretien.

La passation aurait lieu à l'école ou à l'université où les participants sont inscrits et sollicitera le consentement informé de la part des parents. Cette étude sera exclusivement destinée à la recherche et sera totalement confidentielle.

Permettez-moi donc de vous demander un rendez-vous pour avoir l'occasion de vous expliquer en détail les conditions dans lesquelles ce processus se déroulerait à l'école, et pour répondre à vos doutes ou aux questions que vous souleveriez sur ce sujet. Ce serait aussi pour solliciter votre autorisation pour la mise en œuvre de ce protocole.

Dans l'attente d'une réponse favorable, je vous prie d'agréer Madame, Monsieur l'expression de mes sincères salutations.

Respectueusement,

Mayilin Moreno T.
Étudiante de doctorat en Psychologie
Université de Toulouse le Mirail (France)
Boursière Programme Colfuturo-Université del Norte

- Km. 5 via a Puerto Colombia * Apartado Aéreos 1569- 51820 * Conmutador PBX: 3509509 * Fax: (95) 3598852 * Barranquilla, Colombia * www.uninorte.edu.co

**Annexe VI.**

Lettre originale en espagnol

Barranquilla, Febrero 20 de 2012

**Rector
Institución Educativa**

Reciba usted un cordial saludo.

Mi nombre es Mayilín Moreno, soy profesora del departamento de psicología de la Universidad del Norte y becaria del Programa de becas-crédito de Colfuturo. Actualmente me encuentro en Toulouse (Francia) adelantando mis estudios doctorales en psicología.

Como parte de este proceso, realice una investigación que tiene como objetivo determinar si los gestos y el discurso producidos por niños y adolescentes y adultos colombianos durante la explicación de la resolución de una tarea, pueden servir como un indicador de ciertos procesos de pensamiento".

Para cumplir este objetivo debo tomar una muestra de 120 estudiantes de colegios públicos y privados y con edades comprendidas entre 8 y 10 años y entre 12 y 14 años. El procedimiento incluye una entrevista individual de máximo 30 minutos con cada estudiante a quien se le pedirá resolver una tarea de planificación. Como el objetivo del estudio es observar los gestos, es necesario filmar a cada participante.

Este proceso se llevaría a cabo en el colegio o universidad donde se encuentre el estudiante y contaría con el consentimiento informado de los padres o del mismo estudiante en caso de ser mayor de edad. La información que se recoja en este estudio tendría única y exclusivamente fines investigativos y sería de total confidencialidad.

Me permito entonces muy amablemente solicitar una cita para explicarle en detalle las condiciones en las que se llevaría a cabo este proceso en el colegio y resolver las dudas e inquietudes que usted tenga al respecto. Y también su autorización para desarrollar este proceso.

De antemano le agradezco su atención y quedo a la espera de su amable respuesta.

Cordialmente

Mayilín Moreno T.
Estudiante de Doctorado en Psicología
Université de Toulouse le Mirail (France)
Becaria Programa Colfuturo-Universidad del Norte

- Km. 5 vía a Puerto Colombia * Apartado Aéreo 1569- 51820 * Conmutador PBX: 3509509 * Fax: (95) 3598852 * Barranquilla, Colombia * www.uninorte.edu.co

Annexe VII.



Annexe VII.

Lettre adressée aux parents pour requérir la participation de leur enfant à l'étude

(Notre traduction en français)

A Barranquilla

Le 11 avril 2012

Chers Parents,

Je m'appelle Mayilin Moreno. Je suis enseignante au Département de Psychologie de l'Université du Nord et boursière du programme « Bourse-crédit » de Colfuturo, pour des études de Doctorat à l'étranger. Inscrite à l'Université de Toulouse II Le Mirail, en France, je suis actuellement en deuxième année de Doctorat en Psychologie.

Dans le cadre de mes études doctorales, je mène une recherche sur les processus de « *résolution des problèmes et de planification chez des enfants, des adolescents et des adultes colombiens* ». Pour cela, je tiens compte des variables d'âge, de genre, du milieu social et du niveau d'études. De manière générale, j'explore les éventuelles influences de ces variables dans le développement des dits processus.

Cette recherche n'a pas comme objectif de faire une évaluation diagnostique pour détecter des problèmes chez les participants à l'étude. Son objectif est de réaliser une analyse des processus en jeu, car ceux-ci font partie des capacités cognitives importantes dans la résolution efficace des problèmes et pour faire face à la nouveauté.

Parmi un groupe d'élèves, votre enfant a été sélectionné pour participer à ma recherche. En effet, votre enfant répond à certains critères de mon étude comme l'âge et ses résultats scolaire, par exemple. Grâce à l'autorisation des directeurs de l'école, je me permets donc de prendre contact avec vous pour vous demander de bien vouloir m'accorder votre autorisation pour que votre enfant puisse participer à ma recherche.

Comment cela va-t-il se dérouler ? Lors d'un seul et unique entretien individuel que votre enfant aura avec moi, il (elle) devra résoudre une tâche simple qui prendra 30 minutes maximum. Cet entretien se déroulera à l'école, pendant la semaine du 16 au 20 avril 2012.

Si vous décidez de m'accorder votre autorisation, je vous demande de bien vouloir signer le document joint à cette lettre.

Je vous remercie d'avance de votre collaboration et de l'attention que vous voudrez bien accorder à ma demande. Avec votre participation et celle de votre enfant, vous contribuerez d'une manière

- Km. 5 vía a Puerto Colombia * Apartado Aéreo 1569- 51820 * Conmutador PBX: 3509509 * Fax: (95) 3598852 * Barranquilla, Colombia * www.uninorte.edu.co



importante à la recherche de haut niveau en psychologie. Vous apporterez également une aide précieuse à mon cursus de formation doctorale. Pour cela, je vous remercie grandement.

Enfin, si vous avez des questions à poser ou si vous souhaitez avoir plus d'information sur la recherche pour prendre votre décision finale, n'hésitez pas à vous mettre en relation avec moi.

Très cordialement,

Maylin Moreno T.

N° de Téléphone fixe: [REDACTED] (Département de Psicología).

- Km. 5 vía a Puerto Colombia * Apartado Aéreo 1569- 51820 * Conmutador PBX: 3509509 * Fax: (95) 3598852 * Barranquilla, Colombia * www.uninorte.edu.co



Annexe VII.
(Lettre originale en espagnol)
Barranquilla, 11 de abril de 2012

Estimado (s) Padre (s) de Familia,
Reciba(n) usted (es) un cordial saludo.

Mi nombre es Mayilín Moreno, soy profesora del Departamento de Psicología de la Universidad del Norte y becaria del programa de crédito-beca para estudios de posgrado en el exterior de Colfuturo. Actualmente estoy cursando mi segundo año de doctorado en Psicología en la Universidad de Toulouse II Le Mirail en Francia.

Como parte de mi proceso doctoral realizo una investigación sobre los procesos de *"solución de problemas y planificación en niños, adolescentes y adultos colombianos"*. Para ello tendré en cuenta variables como la edad, el género y el medio social y educativo. De manera general, mi interés está centrado en saber si estas variables influyen en el desarrollo de estos procesos. Esta investigación no pretende hacer una evaluación diagnóstica para detectar problemas en los participantes. El objetivo de ella es hacer un análisis de estos procesos los cuales constituyen capacidades cognitivas importantes para resolver problemas de manera eficaz y enfrentar la novedad.

Con la autorización de las directivas del colegio, he podido contactarlos para solicitarles muy comedidamente la autorización de la participación de su hijo (a) en esta investigación. Su hijo (a) ha sido seleccionado (a) dentro de un grupo de estudiantes porque cumple con ciertos criterios de mi estudio, por ejemplo, la edad y su desempeño académico.

La participación de su hijo (a) consistirá en resolver, en una entrevista individual que tendrá conmigo una tarea sencilla que tomará máximo 30 minutos. Esto se desarrollará en el colegio durante la semana del 16 al 20 de abril de 2012. Solo se realizara una sola vez.

Si decide dar su autorización, le pido muy amablemente firme el consentimiento informado que se adiciona a esta carta.

De antemano le (s) agradezco mucho su atención y colaboración. Con su participación y la de su hijo (a) en esta investigación, usted contribuirá de manera importante en la investigación de alto nivel en psicología. También contribuirán en mi proceso de formación doctoral, lo cual agradecería enormemente.

Si usted (es) tiene (n) alguna pregunta o desea (an) saber más sobre el estudio para tomar la decisión puede (en) comunicarse conmigo.

Muy Cordialmente

Mayilín Moreno T.
Teléfonos: [REDACTED] (Dpto. de Psicología).

- Km. 5 vía a Puerto Colombia * Apartado Aéreos 1569- 51820 * Conmutador PBX: 3509509 * Fax: (95) 3598852 * Barranquilla, Colombia * www.uninorte.edu.co

Annexe VIII.



Annexe VIII.

Autorisations de participation à l'étude (parents et adultes).

(Notre traduction en français)

ETUDE SUR LA RÉSOLUTION DE PROBLÈMES ET LA PLANIFICATION
 Contact : MAYILIN MORENO TORRES
 Étudiante de doctorat en Psychologie, Université de Toulouse II Le Mirail (France)
 Professeur au département de Psychologie, Universidad del Norte

CONSENTEMENT ECLAIRE

Je soussigné (e) autorise la participation de mon (Lien de parenté. Exemple : fils, neveu, grand fils) du nom de la classe de par la présente à l'étude sur « *Gestes et résolution de problèmes chez des enfants, adolescents et adultes colombiens* » menée dans le cadre d'une thèse doctorale en Psychologie à l'Université de Toulouse II Le Mirail en France.

L'engagement de mon (Lien de parenté. Exemple : fils, neveu, grand fils) consiste à : (1) écouter les instructions données par l'expérimentatrice pour résoudre le problème posé, (2) suivre les règles pour résoudre le problème posé par l'expérimentatrice.

J'ai été informé et accepte que l'entretien avec mon (Lien de parenté. Exemple : fils, neveu, grand fils) ait lieu à l'institution éducative où il (elle) étudie, pendant une durée de 30 minutes au maximum.

On m'a expliqué la nature et le but de ce qui m'a été proposé, y compris de possibles gênes (un peu d'anxiété aux moments où l'enfant ne trouve pas la solution au problème) et des alternatives disponibles (exprimer ses sentiments, poser toutes les questions jugées nécessaires). Je suis satisfait de ces explications et je les ai comprises.

J'ai connaissance que la participation de mon (Lien de parenté. Exemple : fils, neveu, grand fils) est libre et volontaire, qu'il (elle) peut quitter l'expérience quand il (elle) le désire sans que cela ait de conséquences indésirables pour lui (elle). De même, je peux toujours demander des explications sur les procédés, risques, bénéfices et autres sujets concernant la recherche.

J'ai pris connaissance que pendant la résolution de la tâche proposée, mon (Lien de parenté. Exemple : fils, neveu, grand fils) sera filmé(e).

J'ai été informé(e) que je ne recevrai aucune rémunération du fait de la participation de mon (Lien de parenté. Exemple : fils, neveu, grand fils) dans cette étude et que les résultats seront employés comme matériaux de divulgation scientifique sous forme verbale ou écrite aussi longtemps que l'on préserve l'anonymat des personnes.

- Km. 5 vía a Puerto Colombia * Apartado Aéreos 1569- 51820 * Conmutador PBX: 3509509 * Fax: (95) 3598852 * Barranquilla, Colombia * www.uninorte.edu.co



Je confirme que j'ai lu et compris chaque paragraphe de ce document. J'atteste et signe à (ville)
..... ce du mois de de l'année 20.....

Signature du responsable _____
Pièce d'identité cc. _____

Signature du chercheur _____
Pièce d'identité cc. _____

- Km. 5 vía a Puerto Colombia * Apartado Aéreos 1569- 51820 * Conmutador PBX:
3509509 * Fax: (95) 3598852 * Barranquilla, Colombia * www.uninorte.edu.co



Annexe VIII.

ESTUDIO SOBRE SOLUCION DE PROBLEMAS Y PLANIFICACION

Contacto: MAYILIN MORENO TORRES

Estudiante de Doctorado en Psicología-Universidad de Toulouse II Le Mirail (Francia)

Profesora del Departamento de Psicología-Universidad del Norte

Mail: manoreno@uinorte.edu.co; mayilimoreno@gmail.com

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo..... autorizo la participación de mi..... (parentesco. Ejemplo: hijo, sobrino, nieto) llamado (a)..... del grado....., en el presente estudio sobre "*Gestos y solución de problemas en niños, adolescentes y adultos colombianos*" que se desarrolla como tesis doctoral en Psicología en la Universidad de Toulouse II Le Mirail en Francia.

El compromiso de mi..... (parentesco. Ejemplo: hijo, sobrino, nieto) consiste en: (1) escuchar las instrucciones dadas por el experimentador para resolver el problema planteado, (2) seguir las reglas para resolver el problema planteado por el experimentador.

He sido informado (a) y he aceptado (a) que la entrevista con mi..... (parentesco. Ejemplo: hijo, sobrino, nieto) se llevará a cabo en la institución educativa donde él (ella) estudia y tendrá una duración de máximo 30 minutos.

Se me ha explicado la naturaleza y el objetivo de lo que se me propone, incluyendo posibles incomodidades (un poco de ansiedad porque en algunos momentos no encuentre la solución al problema) y alternativas disponibles (expresar mis sentimientos, hacer todas las preguntas que considere necesarias). Estoy satisfecho con esas explicaciones y las he comprendido.

Tengo conocimiento de que la participación de mi..... (parentesco. Ejemplo: hijo, sobrino, nieto) es libre y voluntaria, que puede retirarse en el momento, sin que esto tenga consecuencias indeseables para él o ella. De igual forma, en cualquier momento puedo solicitar aclaración con respecto a procedimientos, riesgos, beneficios y otros asuntos relacionados con la investigación.

Tengo conocimiento que durante la solución de la tarea planteada mi..... (parentesco. Ejemplo: hijo, sobrino, nieto) será filmado (a).

He sido informado (a) que no recibiré dinero por la participación de mi..... (parentesco. Ejemplo: hijo, sobrino, nieto) en este estudio y que los resultados serán utilizados como divulgación científica en forma verbal o escrita, siempre y cuando se conserve en el anonimato su identidad.

- Km. 5 vía a Puerto Colombia * Apartado Aéreos 1569- 51820 * Conmutador PBX: 3509509 * Fax: (95) 3598852 * Barranquilla, Colombia * www.uinorte.edu.co



Aclaro que he leído y entendido cada párrafo de este documento, para constancia firmo en _____ (ciudad) el _____ del mes de _____ de 20_____.

Firma del acudiente _____

Documento C.C. _____

Firma del investigador _____

Documento C.C. _____

- Km. 5 vía a Puerto Colombia * Apartado Aéreos 1569- 51820 * Conmutador PBX: 3509509 * Fax: (95) 3598852 * Barranquilla, Colombia * www.uninorte.edu.co

Annexe IX.



Annexe IX.

Premier message électronique envoyée aux étudiants universitaires pour demander leur participation

(Notre traduction en français)

Cher(e) étudiant(e),

Je suis Maylin Moreno. Je suis professeur au département de Psychologie de l'Université del Norte et à présent, je fais un doctorat en Psychologie à l'Université de Toulouse II Le Mirail en France.

C'est par d'une liste d'étudiants fournie par l'Université que je peux prendre contact avec vous pour vous inviter très cordialement à participer à la recherche que je développe sur « *résolution de problèmes et planification chez des enfants, adolescents et adultes colombiens* ». Vous avez été sélectionné dans cette liste parce que vous remplissez certains critères de mon étude.

Votre participation consistera à résoudre une tâche simple ce qui vous prendra 30 minutes au maximum de votre temps. Ceci aura lieu au laboratoire de psychologie de l'Université pendant la semaine du lundi 9 au samedi 14 avril 2012.

Si vous décidez de participer, répondez s'il vous plaît à cet e-mail en indiquant les jours de la semaine et les heures et un numéro de téléphone auquel je puisse vous contacter. Vous recevrez un nouvel e-mail avec les indications pour participer.

Avec votre participation vous contribuerez de manière importante à la recherche de haut niveau en psychologie. Vous contribuerez aussi à mon processus de formation doctorale, ce que j'apprécierai énormément.

Merci beaucoup de votre contribution,

Très respectueusement,

Maylin Moreno T.

Téléphones : [REDACTED] (Département de Psychologie).

- Km. 5 vía a Puerto Colombia * Apartado Aéreo 1569- 51820 * Conmutador PBX: 3509509 * Fax: (95) 3598852 * Barranquilla, Colombia * www.uninorte.edu.co

**Annexe IX.**

(Message originale en espagnol)

Primer Correo electrónico enviado a los estudiantes universitarios para solicitar su participación

Estimado (a) estudiante,

Mi nombre es Mayilín Moreno, soy profesora del Departamento de Psicología de la Universidad y actualmente estoy realizando un doctorado en Psicología en la Universidad de Toulouse II Le Mirail en Francia.

A través de un listado de estudiantes proporcionado por la Universidad he podido contactarlo (a) a su correo para invitarlo (a) muy cordialmente a participar en la investigación que desarrollo sobre *"solución de problemas y planificación en niños, adolescentes y adultos colombianos"*. Usted fue seleccionado dentro de este listado porque cumple con ciertos criterios de mi estudio.

Su participación consistirá en resolver una tarea sencilla la cual le demandará máximo 30 minutos de su tiempo. Esto se desarrollará en el laboratorio de psicología de la Universidad durante la semana del lunes 9 al sábado 14 de abril de 2012.

Si decide participar por favor responda a este correo señalando los días de la semana, horas y un teléfono donde pueda contactarlo (a). Usted recibirá un nuevo correo con las indicaciones de su participación.

Con su participación usted contribuirá de manera importante en la investigación de alto nivel en psicología. También contribuirá en mi proceso de formación doctoral, lo cual agradecería enormemente.

Muchas gracias por su contribución,

Muy Cordialmente

Mayilín Moreno T.

Teléfonos: [REDACTED] (Dpto. de Psicología).

- Km. 5 vía a Puerto Colombia * Apartado Aéreo 1569- 51820 * Conmutador PBX: 3509509 * Fax: (95) 3598852 * Barranquilla, Colombia * www.uninorte.edu.co

Annexe X.



Annexe X.

Modèle de réponse envoyée à un étudiant ayant accepté l'invitation
(Notre traduction en français)

Cher (e) Etudiant (e) (Nom),

Merci beaucoup de l'intérêt que vous manifestez pour contribuer à ma recherche. Pour ce faire je vous propose une disponibilité dans les horaires suivants, dans lesquels vous devez choisir un créneau d'une demi-heure.

J'attends donc la réponse indiquant l'horaire qui vous convient :

Lundi 9 avril entre 13h30 et 18h00

Mardi 10 avril entre 8h30 et 12h00

Lieu : laboratoire de psychologie, salle numéro 1 (deuxième étage, bâtiment E)

Vous devez arriver au laboratoire et demander Mademoiselle Yolima Jimenez ; c'est la personne qui vous recevra à l'entrée du laboratoire et vous indiquera la localisation de la salle. Réaliser cette tâche vous prendra tout au plus une demi-heure et cela se déroulera au laboratoire de psychologie parce que les salles disposent des conditions nécessaires pour que vous restiez concentré.

Si pour une raison quelconque vous ne pouvez pas être présent, je vous prie de me prévenir à l'avance sur mon portable n. XXX. Si vous avez des questions n'hésitez pas à me contacter.

Je vous attends donc !
Et de nouveau, merci beaucoup !

Maylin Moreno Torres
Étudiante de doctorat en Psychologie
Professeur au département de Psychologie, Universidad del Norte.

- Km. 5 vía a Puerto Colombia * Apartado Aéreo 1569- 51820 * Conmutador PBX: 3509509 * Fax: (95) 3598852 * Barranquilla, Colombia * www.uninorte.edu.co



Annexe X.

(Message original en espagnol)

Modelo de respuesta enviada a un estudiante que acepta la invitación

Estimado Estudiante (Nombre),

Muchas gracias por su interés en participar en mi investigación. Para hacerlo, tengo disponibilidad en los siguientes horarios, usted debe escoger un espacio de media hora. Espero entonces respuesta señalándome su horario de conveniencia:

Lunes 9 de abril, entre 1:30 a 6:00 pm
Martes 10 de abril entre 8:30 a 12:00 pm

LUGAR: Laboratorio de Psicología, sala No. 1. (Tercer piso Bloque E)

Usted debe llegar al laboratorio y preguntar por Yolima Jiménez, ella es la persona que lo recibirá a la entrada del laboratorio y le indicara donde queda ubicada la sala. Realizar esta prueba le tomará máximo media hora, se realiza en el laboratorio de psicología porque las salas tienen las condiciones que se requiere para que usted este concentrado.

Si por alguna razón usted tiene algún inconveniente en asistir, por favor puede localizarme con anticipación a mi celular: 3008347816. Si tiene alguna pregunta, no dude en escribirme o contactarme.

Te espero entonces!
Muchas gracias de nuevo!

Psi. Mayilin Moreno Torres.
Estudiante de doctorado en Psicología
Profesora del Depto. de Psicología _Universidad del Norte.

- Km. 5 vía a Puerto Colombia * Apartado Aéreos 1569- 51820 * Conmutador PBX: 3509509 * Fax: (95) 3598852 * Barranquilla, Colombia * www.uninorte.edu.co

Annexe XI.



Annexe XI.

Formulaire pour l'ordre de passation

Contact: MAYILIN MORENO TORRES
 Doctorante en Psychologie-Université de Toulouse II Le Mirail (France)
 Professeur au Département de Psychologie-Université del Norte

Les entretiens auront lieu les 24, 25, 26, 27 et 30 avril et les 2, 3 et 4 mai 2012.
 S'il vous plaît, inscrivez le nom et l'horaire d'entretien de l'étudiant.

MERCREDI LE 25 AVRIL

N	Horaire	Nom de l'étudiant	Date de Naissance (jj/mm/aaaa)
1	7:30		
2	8:00		
3	8:30		
4	9:00		
5	10:00		
6	10:30		
7	11:00		
8	11:30		
9	12:30		
10	1:00		
11	1:30		
12	2:00		

- Km. 5 vía a Puerto Colombia * Apartado Aéreos 1569- 51820 * Conmutador PBX: 3509509 * Fax: (95) 3598852 * Barranquilla, Colombia * www.uninorte.edu.co



Annexe XI.

(Formulaire original en espagnol)

Formato de organización de la entrevista

Contacto: MAYILIN MORENO TORRES
 Estudiante de Doctorado en Psicología-Universidad de Toulouse II Le Mirail (Francia)
 Profesora del Departamento de Psicología-Universidad del Norte

Las entrevistas se realizarán los días 24, 25, 26, 27 y 30 de abril y 2, 3, y 4 de mayo de 2012.

Por favor, inscribir el nombre y el horario de entrevista del estudiante.

MIÉRCOLES 25 DE ABRIL

N	Horario	Nombre del estudiante	Fecha de Nacimiento (dd/mm/aaaa)
1	7:30		
2	8:00		
3	8:30		
4	9:00		
5	10:00		
6	10:30		
7	11:00		
8	11:30		
9	12:30		
10	1:00		
11	1:30		
12	2:00		

- Km. 5 vía a Puerto Colombia * Apartado Aéreo 1569- 51820 * Conmutador PBX: 3509509 * Fax: (95) 3598852 * Barranquilla, Colombia * www.uninorte.edu.co

Annexe XII.

Carte de remerciements pour les participants

Prénom du participant

