

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

LE RÔLE DES ÉMOTIONS ET DE LA MÉTACOGNITION DANS L'INHIBITION DES
ERREURS DE RAISONNEMENT

MÉMOIRE

PRÉSENTÉ

COMME EXIGENCE PARTIELLE
DE LA MAÎTRISE EN PHILOSOPHIE

PAR

KATHLEEN MCFADDEN

MAI 2025

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de ce mémoire se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs* (SDU-522 – Rév.12-2023). Cette autorisation stipule que «conformément à l'article 11 du Règlement no 8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire.»

REMERCIEMENTS

La concrétisation du présent mémoire a été l'aboutissement d'un très long parcours parsemé de défis, de travail acharné, de persévérance, mais, surtout, de belles rencontres qui m'ont apporté un support indéfectible et sans lesquelles ce mémoire n'aurait pas pu voir le jour.

C'est dans cette optique que je tiens d'abord à remercier mon directeur de maîtrise, Serge Robert. Il a été, durant l'ensemble de mon parcours académique, un pilier et je lui en suis reconnaissante. Je ne pourrai jamais assez le remercier pour toutes ces fois où il m'a tendu l'oreille et les mouchoirs. Je ne pourrai également jamais assez le remercier pour toutes ces rencontres et discussions autour d'une bonne bière, de « chips maison » ou d'un burger. Ces rencontres ont ponctué mon parcours académique de réflexions sérieuses, de potinages qui font du bien à l'âme et de fous rires mémorables (AYAYAYE, JE N'ARRIVE PLUS À RESPIRER !!!). Bref, grâce à son support et à l'image qu'il me renvoyait de moi-même, j'ai finalement appris à me faire davantage confiance et à m'apprécier davantage pour qui je suis.

J'aimerais ensuite remercier une personne que j'ai rencontrée au début de mes études en philosophie et dont la présence a impacté, d'une manière incommensurable, ma trajectoire de vie : mon fidèle acolyte, Martin (Sanchez) Léonard. Aujourd'hui, je me sens extrêmement choyée de pouvoir le compter parmi mes bons amis. Depuis le jour 1, il demeure à mes côtés avec un support indéfectible. Je lui dois, avec Serge Robert, une bonne partie des quelques mérites de ce mémoire : sans leur présence, je ne l'aurais probablement jamais terminé. Par ailleurs, sans la présence de Martin, je n'aurais probablement jamais commencé la boxe, arrêté de fumer, ni même entrepris et terminé un microprogramme en enseignement postsecondaire. Je lui en suis extrêmement reconnaissante. Mon parcours académique et mon parcours de vie n'auraient pas été les mêmes s'il n'avait pas embarqué dans mes folies, et moi, dans les siennes. Si je suis aujourd'hui la meilleure version de moi-même, c'est, entre autres choses, grâce à lui. Ce qui m'amène également à remercier sa douce compagne de vie : Geneviève Arruda.

Tout comme Martin, Geneviève a été d'un support réconfortant et bienveillant. À chacune de nos discussions, elle a été d'une écoute infaillible et d'une aide précieuse. C'est toujours avec les bons mots qu'elle fait remarquer les petits détails qui font la différence en apportant réflexions et changements de perspective. Du fond du cœur : merci pour tout.

Je dois également faire un « shout-out » à Shanna Sportelli. Elle a été, durant l'ensemble de mon parcours académique, une alliée précieuse en m'apportant un support inconditionnel, de la légèreté, de la sécurité et de l'espièglerie. Au terme de mon parcours, nous pouvons vraiment dire que nous avons fait les mille coups et que ça aura été toute une « ride » ! Merci pour tous ces moments de complicité qui ont ponctué mon parcours d'autant de fous rires.

Puis, finalement, je dois remercier mes parents qui m'ont, non sans inquiétudes, toujours acceptée et supportée dans mes choix d'études.

À Mathieu Marion qui m'a un jour dit :
« Wherever you go, there you are ».

TABLE DES MATIÈRES

| | |
|---|-----|
| LISTE DES ABRÉVIATIONS, DES SIGLES ET DES ACRONYMES | vi |
| RÉSUMÉ..... | vii |
| INTRODUCTION..... | 1 |
| CHAPITRE 1 DU RATIONALISME OPTIMISTE PIAGÉTIEN AU PESSIMISME IRRATIONALISTE DE LA PSYCHOLOGIE COGNITIVE..... | 9 |
| 1.1 Les origines de la pensée logique | 10 |
| 1.2 Les stades piagéliens de l'intelligence et la programmation du cursus scolaire québécois.... | 13 |
| 1.3 Le raisonnement hypothético-déductif | 23 |
| 1.4 Les constats irrationalistes de la psychologie expérimentale du raisonnement..... | 26 |
| 1.5 La découverte d'un certain rationalisme en contexte normatif | 30 |
| 1.6 Entre le rationalisme et l'irrationalisme | 32 |
| CHAPITRE 2 LA THÉORIE DES PROCESSUS DUAUX DU RAISONNEMENT : SYSTÈME 1 ET SYSTÈME 2..... | 38 |
| 2.1. Système 1 et système 2 | 40 |
| 2.2. Une perspective évolutionniste des mécanismes du traitement de l'information..... | 45 |
| 2.3. Intuition contre logique : les biais cognitifs | 49 |
| 2.4. Critique de la théorie duale : guidage émotionnel dans la pensée | 54 |
| CHAPITRE 3 HOUDÉ ET LE SYSTÈME EXÉCUTIF (S3) : INHIBER POUR RAISONNER | 57 |
| 3.1. Le rôle des émotions dans le raisonnement | 58 |
| 3.2. Émotions et anticipation du regret comme activateur du système 3 | 63 |
| 3.3. Le rôle des émotions dans le déclenchement des fonctions exécutives (FE) | 66 |
| 3.4. Le rôle des émotions dans la prise de décision | 70 |
| 3.5. Critique du système 3 : l'absence de la métacognition..... | 73 |
| CHAPITRE 4 STANOVICH ET LE SYSTÈME EXÉCUTIF : LA MÉTACOGNITION | 77 |
| 4.1. La métacognition | 78 |
| 4.2. Le rôle de la pensée hypothético-déductive dans le système analytique (S2)..... | 80 |
| 4.3. Le système analytique (S2) et l'inhibition des erreurs de raisonnement | 83 |
| 4.4. La complémentarité de la métacognition et de l'émotion dans l'inhibition | 87 |
| CONCLUSION | 98 |
| Première partie de la conclusion : synthèse des acquis..... | 98 |
| Deuxième partie de la conclusion : discussion ouverte..... | 103 |

| | |
|--|-----|
| ANNEXE A La conservation des quantités discrètes selon Piaget..... | 106 |
| ANNEXE B Schématisation des mécanismes de l'intelligence hypothético-déductive – l'escargot chez Piaget..... | 107 |
| ANNEXE C La tâche de sélection de Wason | 108 |
| ANNEXE D La tâche de sélection de Griggs et Cox..... | 109 |
| ANNEXE E Structure tripartite du système dual selon Keith Stanovich | 110 |
| BIBLIOGRAPHIE | 111 |

LISTE DES ABRÉVIATIONS, DES SIGLES ET DES ACRONYMES

Abréviations des systèmes du traitement de l'information

| | |
|----|-----------|
| S1 | Systeme 1 |
| S2 | Systeme 2 |
| S3 | Systeme 3 |

Abréviations des fonctions et des zones cérébrales (par ordre alphabétique)

| | |
|-------|--------------------------------|
| CCA | Cortex cingulaire antérieur |
| CP | Cortex pariétal |
| CPF | Cortex préfrontal |
| CPFD | Cortex préfrontal dorsolatéral |
| CPFVM | Cortex préfrontal ventromédian |
| FE | Fonction(s) exécutive(s) |

RÉSUMÉ

Dans le présent mémoire, nous faisons une analyse et une évaluation critique des erreurs de raisonnement qui sont systématiquement commises dans les contextes de raisonnement hypothético-déductif. Plus précisément, nous analysons et évaluons les raisons pour lesquelles une majorité de raisonneurs, en certains contextes, échouent presque systématiquement à inhiber un raisonnement logiquement non valide. Pour ce faire, nous abordons plusieurs théories contemporaines de la psychologie cognitive du raisonnement pour dresser un tableau clair des conceptions de la rationalité vis-à-vis de la prise de décision rationnelle. Plus précisément, nous parcourons successivement les thèses de Jean Piaget, de Jonathan Evans, de Daniel Kahneman, d'Olivier Houdé et de Keith Stanovich sur les processus cognitifs de raisonnement. Notre contribution consiste à soutenir que l'acquisition de la compétence du raisonnement logique devrait s'appuyer sur une complémentarité entre les thèses d'Olivier Houdé sur l'inhibition des erreurs de raisonnement et celle de Keith Stanovich sur le recours à la métacognition.

Mots clés : erreurs de raisonnement, compétences cognitivo-émotionnelles, processus duaux, inhibition, émotions, métacognition.

INTRODUCTION

De nombreuses théories psychologiques et philosophiques considèrent que l'esprit humain est un système rationnel, c'est-à-dire que le développement cognitif et le traitement de l'information, chez l'humain, se développent et s'effectuent de manière logique (Doudin, 1991). L'un des plus grands représentants de ces théories est le psychologue Jean Piaget. Ce dernier consacra près de 60 ans de son existence à étudier l'épistémologie génétique, c'est-à-dire la manière dont évoluent nos modes de pensée tout au long de notre vie. Il détermina que les habiletés cognitives humaines se développent de manière incrémentale et invariante, en quatre grands stades successifs, des opérations les plus simples vers les plus complexes, considérant que nos structures cognitives s'intériorisent progressivement du concret vers l'abstrait.

Depuis ses nombreuses publications, les recherches piagésiennes sur le développement cognitif humain se sont imposées comme étant la référence majeure en psychologie cognitive et cela eut des impacts notoires dans le domaine éducatif et sur les pratiques pédagogiques. En effet, le système éducatif québécois, comme plusieurs autres systèmes éducatifs, s'est inspiré du modèle piagésien du développement cognitif pour découper son cursus scolaire. Chacune des grandes étapes éducatives – le préscolaire, le primaire, le secondaire et les études postsecondaires – ainsi que leurs contenus pédagogiques, correspondent approximativement aux stades du développement cognitif tels que postulés par Piaget et aux habiletés cognitives décrites par ce dernier.

De surcroît, nous pouvons également remarquer que ce découpage semble respecter la zone proximale de développement de l'enfant pour l'aider à progressivement développer et maîtriser la logique des logiciens, donc une pensée rationnelle. En ce sens, lorsque leur parcours scolaire est achevé, les enfants sont censés avoir acquis et maîtrisé la pensée formelle, soit les raisonnements hypothético-déductifs, en émettant des raisonnements qui seraient, la majorité du temps, logiquement valides.

Or, depuis les années 60, de multiples expérimentations démontrent non seulement que les enfants – ainsi que les adultes – font systématiquement des erreurs de raisonnement, mais que plusieurs ne

parviennent pas à correctement employer les règles logiques de base en certains contextes, comme les contextes descriptifs, par exemple. Ainsi, force est d'admettre que Piaget soutient un rationalisme trop fort pour décrire les compétences cognitives humaines. Si les enfants acquéraient bel et bien progressivement la logique du logicien par le truchement de sa maturation cognitive et de son éducation, les erreurs de raisonnement ne surviendraient pas, en certains contextes, de manière systématique.

Pour expliquer ce phénomène, Evans et Kahneman ont élaboré la théorie des processus duaux du traitement de l'information : il y aurait, dans notre cerveau, deux grands systèmes du traitement de l'information, le « système 1 » et le « système 2 ». Le système 1 est composé de processus heuristiques, il est donc rapide, intuitif et émotionnel alors que le système 2 est composé de processus analytiques, il est donc lent, réfléchi, contrôlé et logique (Kahneman, 2011). Selon Evans et Kahneman, les erreurs de raisonnement que nous commettons proviendraient principalement de la prévalence du premier système, le système 1. En effet, lors d'un raisonnement, étant composé d'heuristiques, le système 1 est toujours activé en premier par notre cerveau (Kahneman, 2011). Ces heuristiques, bien qu'elles soient performantes dans certaines circonstances, ne sont pas toujours optimales et peuvent entraîner des erreurs. Alors, à moins d'une intervention de la part du système 2 pour court-circuiter l'intuition du système 1, nous sommes souvent portés à commettre une erreur (Kahneman, 2011). En ce sens, pour Evans et Kahneman, il est difficile d'inhiber nos erreurs de raisonnement, car, d'une part, nous n'avons pas toujours la lucidité de reconnaître que nous sommes en voie de commettre une erreur ; puis, d'autre part, le système 1 serait très difficile à inhiber (Kahneman, 2011).

Depuis les travaux d'Evans et Kahneman, plusieurs autres études plus récentes ont tenté de peaufiner cette approche en y intégrant un troisième système, le système 3, ou en offrant une interprétation tripartite des systèmes duaux. Il s'agit notamment d'Olivier Houdé et de Keith Stanovich. Tous deux croient qu'Evans et Kahneman ont une vision incomplète de nos processus de traitement de l'information : nous pourrions bel et bien inhiber nos erreurs de raisonnement en activant un troisième système « exécutif », soit le système 3 (Houdé, 2014), ou en activant un mécanisme de niveau supérieur du traitement de l'information, soit l'esprit réflexif (Stanovich, 2011), susceptible d'arbitrer les rapports de compétition entre les systèmes 1 et 2 (Houdé, 2014 ; Stanovich, 2011). Bien qu'Houdé et Stanovich soient d'accord sur l'existence d'un troisième élément, leurs compréhensions des processus qui le composent sont différentes. Pour Houdé, le

système 3 est hautement émotionnel et nous pouvons parvenir à inhiber nos erreurs de raisonnement par les émotions et la peur de commettre une erreur (Houdé, 2019). Pour Stanovich, l'esprit réflexif est métacognitif et nous pouvons inhiber nos erreurs de raisonnement par l'éducation métacognitive : il faut apprendre aux individus à avoir un regard introspectif sur la formation de leurs raisonnements afin qu'ils puissent déceler eux-mêmes la source de leurs erreurs (Stanovich, 2011).

En vertu de ces récents développements dans les théories de la psychologie cognitive, ce présent mémoire propose d'explorer la contribution apportée par Olivier Houdé et Keith Stanovich concernant nos capacités inhibitoires afin d'apporter une contribution épistémologique et pédagogique à l'enseignement et l'apprentissage du raisonnement logique. L'originalité de ce mémoire sera de montrer la pertinence de la combinaison des approches de Houdé et de Stanovich (émotion et métacognition) dans l'inhibition des erreurs logiques et d'en tirer des conséquences sur leur portée pédagogique. En effet, nous soutiendrons que les émotions sont nécessaires pour inhiber nos erreurs de raisonnement, mais qu'elles ne sont pas suffisantes : nous devons, pour inhiber nos erreurs de raisonnement, combiner nos capacités émotionnelles à nos capacités métacognitives. En ce sens, le développement de nos capacités métacognitives serait essentiel à l'acquisition d'une telle compétence et les institutions scolaires devraient prendre en considération ces facteurs dans leur cursus scolaire pour former des raisonneurs avertis et compétents.

Pour défendre ce point de vue, il convient d'abord de rappeler la théorie épistémologique de Jean Piaget. Bien que cette dernière fasse l'objet de nombreuses et importantes critiques, elle demeure toutefois un point de référence historique central. Les questions soulevées par les recherches de Piaget ont généré de multiples recherches subséquentes qui ont tenté d'appuyer et d'affiner sa théorie ou, à l'inverse, de s'y opposer. En ce sens, Piaget est un pionnier dans la mesure où il est celui qui a ouvert le champ d'investigation de la rationalité évolutive (Flavell et Markman, 1983) en intégrant la dimension diachronique dans l'étude de l'acquisition des compétences cognitives ainsi qu'à postuler que la logique est un processus « en devenir, soumis à une évolution » (Reeves, 1990).

Ainsi, nous verrons quelle est l'origine de la théorie de Piaget et quels sont les stades de l'intelligence, mais particulièrement celui des opérations formelles (le raisonnement hypothético-déductif) puisqu'il est celui visé par le présent mémoire. Ensuite, nous allons clore ce chapitre sur

une critique de la théorie piagétienne, soit celle selon laquelle Piaget n'avait pas anticipé que des biais cognitifs seraient la norme habituelle de notre raisonnement. Grâce aux travaux de Jonathan Evans et de Daniel Kahneman, nous verrons notamment que le dernier stade piagétien est parsemé d'erreurs de raisonnement, de biais perceptifs et sémantiques liés à des heuristiques intuitives ou à des décalages inattendus. Nous verrons ainsi que le cerveau, plutôt que de suivre un développement incrémental du sensori-moteur à l'abstraction logique, se développe de manière beaucoup plus sinueuse que ne l'avait prévu Piaget (Houdé, 2021).

Cette critique nous permettra ensuite, au deuxième chapitre, d'aborder la conception duale de l'esprit. Daniel Kahneman soutient, dans son ouvrage « Système 1, système 2. Les deux vitesses de la pensée » (*Thinking, Fast and Slow*), qu'il existe deux systèmes du traitement de l'information dans le cerveau humain : le premier, le « système 1 », est heuristique, approximatif, automatique, rapide et inconscient. Le second, le « système 2 », est logique (algorithmique), analytique, lent, laborieux et plutôt conscient. Selon Kahneman, pour traiter l'information qu'il reçoit, le cerveau emploie le système 1 par défaut. Il n'emploie le système 2 que lorsqu'il est confronté à un problème qui ne peut être résolu par le système 1 et qui est perçu comme tel par le raisonneur. Ce que nous présentons ici est ce que nous appelons la version « default-interventionist » de la théorie des processus duaux. Cette dualité de processus explique pourquoi nos décisions sont souvent non logiques et biaisées : ce qui gouverne principalement nos raisonnements spontanés sont des automatismes cognitifs inconscients et les émotions. Autrement dit, en étant un système intuitif, le système 1 privilégie des raccourcis intellectuels pour résoudre un problème et cela nous rend vulnérables aux biais de raisonnement.

Cette conception du fonctionnement cognitif humain permet donc une remise en question de la théorie piagétienne. En se développant stade par stade, Piaget avait prévu que les enfants, à travers un lent processus d'abstraction, deviendraient des êtres de plus en plus réflexifs et rationnels (donc logiques). Autrement dit, Piaget croyait que les intuitions et heuristiques qui dominaient durant l'enfance céderaient le pas à la pensée analytique à la fin de l'adolescence. Or, ses conclusions sont totalement opposées à celles de Kahneman. Pour ce dernier, ce n'est pas la logique qui est au premier plan de la cognition humaine, mais bien les intuitions. Ce système intuitif est souvent efficace, mais il n'est pas optimal dans la mesure où il produit des biais de raisonnement (Kahneman, 2011). Ainsi, Kahneman nous fait comprendre que la vision incrémentale du développement cognitif piagétien est trop idéale. La progression des enfants est plutôt sinueuse,

accidentée et parsemée de décalages, de sorte que nous sommes, le plus souvent, « ni formels ni logiques » (Houdé, 2014).

En bref, dans le but de comprendre pourquoi les raisonneurs se font bernés par les limites de leur raison, le deuxième chapitre aura pour objectif d'explorer la théorie duale de l'esprit. Nous verrons d'abord ce qui caractérise ces deux systèmes, nous verrons ensuite l'origine de cette dualité, ce qui nous permettra alors d'expliquer comment se produisent nos erreurs de raisonnement et nous terminerons avec une critique de la théorie des processus duaux.

Si le deuxième chapitre se conclut sur une critique, c'est parce que Kahneman a une vision plutôt pessimiste de la cognition humaine ; il soutient que le système 1 est très difficile à contrecarrer. Cette vision est également partagée par Evans, l'un des découvreurs des biais cognitifs : selon ce dernier, il serait assez difficile de faire disparaître les biais de raisonnement déductif, car ils sont trop profondément ancrés dans l'esprit pour être inhibés (Evans, 1989).

Toutefois, Olivier Houdé ne partage pas cet avis. À la suite de plusieurs expériences au sein de leur laboratoire, Houdé et son équipe ont démontré qu'il est possible d'inhiber le système 1. Pour ce faire, ils ont postulé l'existence d'un système exécutif, le système 3¹, qui permet d'arbitrer les conflits entre les systèmes 1 et 2 (Houdé, 2014). Autrement dit, le système 3 jouerait un rôle modérateur en désactivant, dans certaines situations, le système 1 pour permettre l'inhibition des biais de raisonnement. Ce rôle modérateur permet donc au système 3 de débiaiser nos raisonnements et de rendre la prise de décisions plus rationnelle en faisant mobiliser le système adéquat pour la tâche demandée (Houdé, 2014).

Vraisemblablement, Evans et Kahneman auraient peut-être bien tort de croire que nous sommes souvent contraints à subir, malgré nos efforts pour développer nos capacités logiques (S2), notre

¹ Le premier auteur à postuler l'existence d'un modèle tripartite est Keith Stanovich. Toutefois, dans le cadre de ce travail, nous avons choisi de présenter la théorie d'Olivier Houdé en premier. Cet asynchronisme nous permet de répondre directement aux limites de la théorie duale de l'esprit en faisant une connexion à partir des émotions. Pour Evans et Kahneman, les erreurs de raisonnement produites par le système 1 (le système émotionnel) sont difficilement corrigibles. Or, Houdé s'oppose à cette idée et croit que les émotions sont la clef de l'inhibition des erreurs logiques. Cette connexion nous permet ensuite de relever les limites du système 3 tel que postulé par Houdé pour y apporter une solution avec la théorie de Stanovich : bien que les émotions soient nécessaires à l'inhibition des erreurs logiques, elles ne sont pas suffisantes, il faut le support de la métacognition tel que décrit par Stanovich. Ainsi, dans cette optique, nous avons cru judicieux de ne pas respecter la chronologie des théories.

système 1 et les biais qu'il engendre. Cette critique servira alors d'amorce au troisième chapitre. Dans ce chapitre, nous verrons notamment que les recherches menées par Houdé et son équipe, à l'aide de l'imagerie par résonance magnétique (IRM), ont permis d'observer et de prouver que le système exécutif 3 peut reconfigurer les opérations mentales pour inhiber le système 1. En prévision d'y parvenir, chacun doit faire de nombreux efforts pour cultiver et renforcer la vigilance de leur système 3 pour la rendre quasi automatique et rapide (Houdé, 2014). Ainsi, par une éducation appropriée et beaucoup d'entraînement chacun peut entraîner son cerveau à repérer les biais logiques et à les inhiber pour sélectionner de meilleures stratégies de résolution de problèmes.

Dans cette optique, le chapitre 3 aura pour objectif d'expliquer le rôle du système exécutif (S3) dans l'inhibition des biais de raisonnement. Nous verrons notamment que le cerveau doit parvenir, grâce au système 3, à inhiber le système 1 pour activer le système 2. Nous verrons également que Houdé considère que ce sont les émotions qui guident l'inhibition par l'intermédiaire du système limbique (Houdé, 2014). En effet, si le système 3 détient un rôle modérateur, c'est en vertu des émotions. Ces dernières permettent d'anticiper les erreurs de raisonnement en envoyant des messages contrefactuels à valence négative telles que la peur ou le regret. Ce sont ces émotions négatives qui nous permettent de suspendre notre jugement à des fins d'évaluations : elles nous envoient le signal qu'il y a quelque chose d'anormal dans notre processus cognitif. Puis, nous concluons également ce chapitre sur une critique : les émotions à elles seules ne sont pas suffisantes pour toujours déclencher le système exécutif (S3).

En effet, bien que les émotions puissent nous aider à inhiber nos biais de raisonnement, encore faut-il avoir la sensation de se tromper ou de craindre de se tromper pour que le système exécutif se déclenche. Que se passe-t-il si nous n'avons pas le sentiment de nous tromper ou si nous n'éprouvons pas la peur de nous tromper ? Et bien, notre hypothèse sera que le système exécutif ne se déclenchera tout simplement pas. Alors, bien que les émotions soient importantes pour aider les apprenants à éviter de produire des erreurs de raisonnement, souvent elles ne suffisent pas et il faut leur ajouter des outils métacognitifs pour accéder au système 2.

C'est dans cette optique que nous allons introduire, au quatrième chapitre, la notion d'esprit réflexif, soit la métacognition, avec Keith Stanovich. La métacognition est « la cognition sur la cognition » (Flavell, 1976). C'est donc la capacité qu'un individu possède à réfléchir sur son propre fonctionnement cognitif et à ses tentatives pour contrôler ce processus et à en tenir compte lors de

l'exécution d'une tâche (Flavell, 1976). Ainsi, dans ce chapitre, nous soutiendrons que les émotions ne sont pas toujours suffisantes pour inhiber les biais de raisonnement et qu'il faut, en support, développer nos habiletés métacognitives pour avoir conscience des stratégies que nous pouvons employer et sélectionner la meilleure.

Lorsque nous faisons intervenir nos émotions, nous prenons en compte une approche pragmatique, puisque nous tenons compte de l'importance du contexte dans lequel le raisonnement est effectué pour la prise de décision. Autrement dit, nos émotions sont toujours déclenchées par un stimulus extérieur et c'est seulement si cet objet externe est évalué comme important que l'émotion est déclenchée. Par exemple, la peur d'échouer à notre examen de mathématique et, par conséquent, d'échouer notre année scolaire déclenche la vigilance du système exécutif (S3). À l'inverse, si l'examen ne revêt aucune importance et qu'aucune crainte n'y est associée, notre prudence épistémique sera moindre, voire nulle. Ainsi, bien que les émotions soient utiles à l'inhibition des biais, leur possibilité d'actions est restreinte aux contextes normatifs jugés importants par la personne qui analyse. Lorsque nous nous retrouvons dans une situation émotionnellement neutre, nous devons donc être en mesure de nous appuyer sur autre chose pour inhiber nos biais de raisonnement, soit, nos habiletés métacognitives.

Dans ce chapitre, nous verrons donc qu'afin d'éviter les biais de raisonnement lors de la résolution d'un problème, un raisonneur doit pouvoir se représenter le problème, ses propriétés et les conséquences de son choix dans la suite du processus, pour déterminer s'il doit employer une heuristique ou un algorithme plus pertinent (Claeys & Roobaert, 2022). Autrement dit, pour éviter de commettre un biais, un raisonneur doit pouvoir, grâce à son esprit réflexif et son esprit algorithmique, raisonner hypothétiquement en créant des représentations secondaires du problème (Stanovich, 2011). En effet, la capacité à soutenir des représentations découplées est essentielle à la pensée rationnelle, car elle permet de mettre hors ligne notre tendance à répondre promptement et nous permet d'être en mesure de remplacer notre réponse automatique par une meilleure réponse (Stanovich, 2011). C'est ce que Keith Stanovich appelle la capacité de « métareprésentation ». Les processus de découplage permettent à un individu de s'éloigner de ses représentations du monde afin qu'elles puissent être réfléchies et potentiellement améliorées (Stanovich, 2011).

En ce sens, afin de développer et maîtriser une pensée pleinement rationnelle, il serait pertinent que les programmes scolaires permettent d'exercer autre chose que la seule logique. La pédagogie

doit, entre autres choses, viser le système 3 ainsi que l'esprit réflexif dans leur rôle exécutif, donc dans son rôle modérateur et évaluateur. Pour ce faire, les apprenants doivent non seulement utiliser leurs émotions et intuitions à leur avantage, mais ils doivent également développer leurs habiletés métacognitives, c'est-à-dire leur habileté de contrôle sur l'exécution de leur conduite de raisonnement : arrêt/marche, découplage de la représentation initiale, choix de stratégie, etc. (Stanovich, 2011)

C'est dans cette optique que ce présent mémoire se conclura, à la suite d'une synthèse des acquis, sur une analyse de la portée pédagogique des émotions et de la métacognition dans l'inhibition des erreurs de raisonnement. Comme précédemment énoncée, si nous voulons que chacun acquière et maîtrise le raisonnement logique, la pédagogie doit viser le système 3 et l'esprit réflexif dans leur rôle exécutif, puisqu'il s'agit du contrôle de l'exécution des conduites de raisonnement (Houdé, 2014). En ce sens, nous soutiendrons que les systèmes scolaires, pour former des raisonneurs compétents, doivent commencer à s'intéresser davantage, dans leurs activités d'enseignement et d'apprentissage, aux habiletés cognitivo-émotionnelles et métacognitives.

Ce mémoire comportera donc les chapitres suivants : Chapitre 1 – La théorie de Jean Piaget ; Chapitre 2 – La théorie des processus duaux de l'esprit, système 1 et système 2 ; Chapitre 3 – Le système exécutif (S3), inhiber pour raisonner ; Chapitre 4 – Le système exécutif, la métacognition ; Conclusion

CHAPITRE 1

DU RATIONALISME OPTIMISTE PIAGÉTIEN AU PESSIMISME IRRATIONALISTE DE LA PSYCHOLOGIE COGNITIVE

Tel que mentionné dans l'introduction, ce chapitre aborde l'épistémologie génétique de Jean Piaget (1970) et ses limites. D'une part, l'objectif derrière ce survol est d'apporter une compréhension des normes épistémologiques sur lesquelles les systèmes scolaires québécois se sont appuyés pour découper le développement des compétences rationnelles (la formation des opérations logiques) dans le parcours des étudiants. Puis, d'autre part, de relever les limites de ces normes épistémologiques pour expliquer les divergences théoriques et pragmatiques en ce qui concerne la production des raisonnements chez les apprenants.

L'épistémologie génétique de Piaget postule l'idée selon laquelle les êtres humains suivent un développement cognitif incrémental, c'est-à-dire suivant une logique mentale linéaire et invariante (Piaget, 1970). L'achèvement du développement cognitif est atteint lorsque les enfants, devenus de jeunes adultes, parviennent au stade de la pensée formelle, car ils auraient pleinement développé et acquis la capacité d'utiliser correctement, donc sans erreurs systématiques, la logique formelle (Piaget, 1970). Toutefois, plusieurs études empiriques en psychologie du raisonnement (que nous verrons au terme de ce chapitre et dans les suivants) contredisent cette théorie. Les jeunes adultes et les adultes font systématiquement, en certains contextes, des erreurs dans des tâches de raisonnement, tâches qui sont parfois même très simples (Kahneman, 2011). Conséquemment, il s'avère que ces erreurs ne seraient pas une exception à la norme épistémologique, comme le soutenait Piaget.

Cette observation soulève une problématique concernant la modélisation psychologique des processus de raisonnement : nous devons comprendre et expliquer l'origine de ces erreurs systématiques, si nous voulons développer des stratégies permettant leur inhibition au profit d'une meilleure réponse. Autrement dit, nous devons comprendre la nature de ces erreurs et expliquer l'écart entre le modèle traditionnel de la rationalité (théorie piagétienne) et la façon dont les humains raisonnent dans les faits.

C'est dans cette optique que le présent chapitre propose de résumer sommairement les principales caractéristiques de la théorie de Piaget. Ce résumé servira à esquisser un portrait général des théories dominantes au moment des travaux de Piaget afin d'illustrer envers quoi il prenait position. Cela nous conduira naturellement à expliquer la théorie piagétienne du développement cognitif ainsi que son influence sur le découpage du cursus scolaire québécois. Puis, nous présenterons finalement une critique de ce modèle, par l'entremise des travaux de Jonathan Evans. Nous verrons que le dernier stade piagétien est parsemé d'erreurs de raisonnement, de biais cognitifs liés à des heuristiques intuitives ou de décalages inattendus.

1.1 Les origines de la pensée logique

Dans notre civilisation occidentale, les discussions sur l'origine et la nature de nos compétences logiques (notre pensée rationnelle) sont alimentées depuis l'Antiquité. En effet, selon plusieurs penseurs, comme Olivier Houdé (2019), il y a depuis cette époque à nos jours, un fil conducteur qui peut se dresser entre plusieurs figures décisives concernant la compréhension de la pensée logique, soit : Aristote, Descartes, Darwin et Piaget.

D'emblée, si nous pouvons penser à Aristote, c'est grâce à son recueil de traités l'*Organon*, qui ne constitue pas moins que « l'acte de naissance de la logique »². En effet, il y présente une analyse du langage (la classification des prédicats) permettant l'étude de la proposition, mais surtout de la proposition démonstrative, pour dégager la structure formelle des syllogismes ainsi que leurs conditions de vérité³. En soi, à travers ces traités, Aristote pose la base des formes de la pensée formelle et de la démonstration comme condition de la science : nul besoin de vérifier empiriquement un syllogisme pour connaître sa validité logique. La logique formelle requiert uniquement que les jugements s'enchaînent de manière à constituer une structure univoque, linéaire, pour déduire sa validité logique.

Dans le même ordre d'idée, nous pouvons ensuite penser à Descartes. Ce dernier, au XVII^e siècle, explique l'origine et la nature de notre pensée formelle en se détournant de l'étude du langage au profit de la métaphysique, soit de Dieu. Dieu aurait doté l'esprit humain des idées innées, claires

² François TRÉMOLIÈRES, « ORGANON, Aristote - Fiche de lecture », Encyclopædia Universalis [en ligne], consulté le 28 mars 2023. URL : <http://www.universalis-edu.com/encyclopedie/organon/>

³ *Idem*.

et distinctes, qui permettent à la pensée d'être rigoureuse. Ces idées seraient le noyau de la rationalité humaine parce qu'elles permettraient à l'humain de s'appréhender et d'appréhender son environnement par le truchement de pensées mathématiques qui permettent de discerner le vrai du faux. En effet, dans sa *Méthode*, Descartes présente divers principes pour diriger notre esprit avec prudence épistémique, c'est-à-dire pour apprendre à éloigner notre esprit des erreurs de raisonnement au profit de la pensée rationnelle (Descartes, 1996).

Évidemment, la science d'aujourd'hui n'explique plus la rationalité comme étant une grâce de Dieu. Entre Descartes et l'ère contemporaine, marquées par le progrès scientifique, les études menées par Charles Darwin ont introduit, dans le champ des sciences et de la psychologie, l'idée selon laquelle il y aurait une évolution naturelle de la rationalité, qu'elle soit humaine ou animale, grâce à la phylogénèse (théorie de l'évolution) (Houdé, 2018b). La rationalité de l'homme serait calquée sur la pensée naturelle, car elle est définie comme une capacité adaptative, dans l'acception évolutionniste du terme, qui juxtapose la matière, la vie et la pensée (Houdé, 2019). Autrement dit, notre pensée logique serait la résultante d'adaptations environnementales évolutives et produirait des schématisations - nous créons des représentations discursives de l'idée dont nous voulons traiter (Grize, 1987). En ce sens, la rationalité serait beaucoup plus naturelle qu'Aristote et Descartes ne pouvaient le penser, car elle reposerait sur des normes empiriques, cognitives, sociales et langagières (Camus, 2007).

Ainsi, nous pouvons réaliser que, peu de temps avant que Piaget réalise ses recherches, il y avait une dichotomie entre les courants de pensée « logicomathématiques » et « psychologiques ». Certains, comme Aristote et Descartes, croyaient que notre pensée logique était une structure formelle a priori, alors que d'autres, tirés des recherches de Darwin, croyaient que notre pensée logique était calquée sur la pensée naturelle et pragmatique (Cosmides, 1989 ; Cosmides & Tooby, 1996). C'est dans cette querelle que Piaget apporta une contribution qui tente de réconcilier ces points de vue. Il n'y aurait, en fait, pas de différence de nature entre la pensée naturelle et la pensée formelle, car nous ne pouvons pas accéder à la seconde sans passer par la première (Wittwer, 1964).

Ce faisant, sans remettre en doute la validité des normes logico-mathématiques, Piaget introduit la pertinence d'étudier la relation entre la pensée naturelle et la pensée formelle en observant les comportements qui conduisent les humains à établir les normes de la pensée logico-mathématique (Wittwer, 1964). Autrement dit, en voulant comprendre la formation des opérations logiques

humaines par l'observation, Piaget établira des rapprochements entre les opérations axiomatiques de la pensée formelle et de la pensée naturelle selon une perspective évolutionnaire. Dans cette perspective, il proposa une nouvelle thèse épistémologique qui unira la pensée formelle et la pensée naturelle, soit : l'abstraction réfléchissante.

L'abstraction réfléchissante est l'hypothèse selon laquelle « toute connaissance nouvelle suppose une abstraction » (Piaget, 1974). En effet, selon Piaget, la nouvelle connaissance ne procède pas d'un commencement absolu, elle doit tenir compte des schèmes mentaux préexistants et doit même parfois réorganiser ces derniers (Piaget, 1974). Autrement dit, chaque nouvelle connaissance doit tenir compte de nos bagages cognitifs antérieurs. En ce sens, Piaget propose une théorie constructiviste en ce que nos structures intellectuelles possèderaient leur propre genèse (l'ontogenèse cognitive). De notre naissance jusqu'à l'âge adulte, nos opérations mentales se construiraient progressivement, palier par palier, en empruntant certaines coordinations à des structures déjà articulées par nos diverses et précédentes interactions avec notre environnement (Piaget, 1974).

Ainsi, il existerait deux types d'abstractions : l'empirique et, celle qui nous intéresse dans le présent mémoire, la réfléchissante. L'abstraction empirique « tire ses informations des objets comme tels ou des actions du sujet en leurs caractères matériels [tels que des mouvements, poussées, etc.], donc de façon générale des observables » (Piaget, 1977b). Cela consiste tout simplement à tirer d'une classe d'objets leurs caractères communs par abstraction ou généralisation (Beth & Piaget, 1961). Tandis que l'abstraction réfléchissante recouvre toutes les opérations logico-mathématiques, « parce qu'elle est tirée, non pas des objets, mais des coordinations d'actions (ou d'opérations), donc des activités mêmes du sujet » (Piaget, 1974). L'abstraction réfléchissante nous permet de construire un savoir plus complexe en dégagant certains modes d'organisation de nos connaissances (restructuration de nos schèmes mentaux) pour projeter ce qui a été abstrait du palier épistémique actuel sur un niveau supérieur de la connaissance (Piaget, 1977b). Il s'agit d'une dynamique d'assimilation et d'accommodation : lorsqu'un objet est appréhendé par la structure de l'organisme, nous cherchons d'abord à l'intégrer au sein de nos schèmes mentaux actuels (assimilation) ; si cet objet est trop complexe pour être assimilé, nous devons dès lors modifier nos schèmes mentaux pour prendre en compte le nouvel objet et nous ajuster à notre milieu (accommodation). Ce dynamisme psychobiologique d'équilibrations et d'autorégulations est, selon

Piaget, le moteur du développement des opérations logiques (intelligence, raisonnement, abstraction logique) (Houdé, 2018).

Autrement dit, le propre de l'épistémologie évolutive, selon Piaget, est que tout être humain peut se réguler en maintenant ou en modifiant ses schèmes mentaux par le truchement de deux processus distincts d'assimilation et d'accommodation. Cet équilibre dynamique permet continuellement, à tout individu, de modifier ses réponses aux différents stimuli de son environnement ou de compenser les différentes variations qui surviennent dans son environnement. Conséquemment, l'adaptation d'un individu à son environnement constitue le cœur de la construction de nouvelles fonctions cognitives. Afin d'atteindre la maturité cognitive, tout individu doit s'adapter aux variations de son environnement en intégrant de nouvelles informations à ses structures épistémiques actuelles (assimilation) ou en reconfigurant ses structures pour s'accommoder aux nouveaux phénomènes environnementaux plus complexes et développer les habiletés cognitives nécessaires à leur pleine compréhension (accommodation).

C'est de cette façon, par des stades psychologiques, que Piaget apporte sa contribution à l'explication de l'origine de notre pensée logique. La construction de l'intelligence est linéaire et cumulative, car nous passons tous d'un stade à un autre supérieur par l'entremise de sauts qualitatifs qui requièrent accommodation et abstraction réfléchissante. En ce sens, l'abstraction réfléchissante permet le passage du biologique au psychologique et analogiquement, du psychologique au logico-mathématique (Wittwer, 1964). En effet, si les structures organiques sont les conditions préalables du fonctionnement psychologique de la pensée, il serait raisonnable d'émettre l'hypothèse qu'elles puissent jouer un rôle similaire au point de vue épistémologique (Wittwer, 1964).

1.2 Les stades piagétiens de l'intelligence et la programmation du cursus scolaire québécois

Tel que mentionné dans la section précédente, Piaget conçoit la formation de nos opérations logiques de manière incrémentale : elles se développeraient de manière linéaire et cumulative, à l'image des paliers d'un escalier, du plus concret vers le plus abstrait (Piaget, 1966). Pour atteindre un palier supérieur, un individu doit absolument maîtriser le palier précédent. Pour ce faire, il doit atteindre un équilibre, donc il doit pouvoir se réguler en fonction de ses compensations actives par rapport aux modifications extérieures (son environnement) (Piaget, 1966). Ce faisant, chaque palier

corresponderait à un progrès et un mode structurel unique de pensée dans la genèse de l'intelligence logico-mathématique.

Cette théorie s'est si fortement imposée dans la littérature qu'elle est devenue, depuis plusieurs décennies, la référence majeure du développement cognitif de l'enfant dans les sphères psychologiques et éducatives (Flavell, 2000). En effet, les apports de cette théorie y sont nombreux et variés. Il suffit d'analyser la division des établissements scolaires ainsi que leur programme respectif pour réaliser que le système éducatif québécois, comme beaucoup d'autres systèmes d'éducation à travers le monde, suit le modèle piagétien du développement cognitif et logique. Chacun des cycles d'enseignement et d'apprentissage du système éducatif québécois suit le retranchement d'âge des stades piagétiens en y proposant du contenu adapté pour chacun d'entre eux.

Dans l'ordre, il y a le stade de l'intelligence sensori-motrice (0 à 2 ans) ; celui des pré-opérations (2 ans à 6 ou 7 ans) qui coïncide avec l'éducation préscolaire ; celui des opérations concrètes (6 ou 7 ans à 11 ou 12 ans) qui coïncide avec l'enseignement au primaire ; puis le stade où se cristallise la pensée logique, celui des opérations formelles (à partir de 11 ou 12 ans à 14 ou 15 ans) qui correspond à l'enseignement au secondaire. Finalement, lorsque les études au secondaire sont terminées et que les adolescents maîtrisent les opérations formelles, les études supérieures leur deviennent accessibles, parce qu'ils ont enfin rejoint la logique des adultes (Gouvernement du Québec, système d'éducation au Québec, 2021 ; Piaget, 1966).

Ainsi, cette section se propose d'explorer la théorie piagétienne du développement cognitif et ce que le système scolaire québécois propose aux apprenants comme contenu pédagogique pour les aider à développer les habiletés cognitives décrites par Piaget pour chacun des stades.

Tout d'abord, de la naissance jusqu'à environ deux ans, l'enfant développe son intelligence pratique en entrant en contact avec le monde qui l'entoure sur la base de ses réflexes innés (ses sens et sensations), de ses mouvements et de ses actions (moteur), d'où l'appellation « sensori-moteur » (Piaget, 1966). Pour comprendre progressivement les caractéristiques de chaque nouvel objet qu'il rencontre, un enfant va, par exemple, le mettre dans sa bouche, le tâter, le lancer, le brasser, etc. Puis, à travers chacune de ces manipulations, il va, au fil des mois, dégager par essais et erreurs certaines règles de plus en plus compliquées sur le fonctionnement du monde physique.

Par l'action, l'enfant va donc assimiler des informations sur le monde et s'accommoder à ses particularités pour adopter des comportements de plus en plus complexes grâce à la construction graduelle de nouveaux schèmes (Piaget, 1966).

C'est vers le milieu de ce stade, vers un an, que l'enfant commence à acquérir la notion de la permanence de l'objet : un objet ne cesse pas d'exister s'il n'est plus dans son champ de vision (Piaget, 1966). Par exemple, lorsque nous cachons, sous un bout de tissu, un objet que nous venons d'agiter devant un enfant, il peut, par ses actions, écarter le bout de tissu et récupérer l'objet en question (Piaget, 1966). La permanence de l'objet est donc le principe fondamental par lequel un enfant entreprend sa construction du réel : ce qui vaut pour l'objet caché vaut également pour tous les objets du monde. Toutefois, durant le stade sensori-moteur, l'enfant est dépendant de l'instant immédiat, car il expérimente le monde par ses actions spontanées (Piaget, 1966). Il encode dans sa mémoire les interactions entre ce qu'il vit et les objets rencontrés. Ce n'est que lorsqu'il approche deux ans qu'un enfant est en mesure de se détacher de l'action immédiate pour l'intérioriser, donc, qu'il peut penser à ses gestes sans les réaliser dans la réalité, qu'il peut commencer à remplacer les objets par leur nom et ainsi accéder au langage (Piaget, 1966). Selon Piaget, à ce stade l'enfant amorce sa pensée symbolique et entre dans le prochain stade, celui des pré-opérations (Piaget, 1966).

Le stade préopératoire⁴ s'amorce vers l'âge de 2 ans et se termine vers l'âge de 6 ou 7 ans (Piaget, 1966), ce qui coïncide respectivement avec l'entrée au préscolaire et la fin de ce cycle d'enseignement et d'apprentissage. Durant ce stade, l'enfant acquiert la pensée symbolique par l'entremise du langage et développe sa capacité à se représenter des choses à partir de mots et de symboles (Piaget, 1966). D'une part, le développement de cette habileté (celle du langage) dispose l'enfant à recevoir la connaissance transmise oralement par les adultes qui l'entourent. Puis,

⁴ Avant d'aller plus loin, il importe de distinguer les concepts « préopératoire » et « opératoire ». Le stade préopératoire se situe entre le stade sensori-moteur et l'accès aux opérations concrètes (stade opératoire), car il ne peut pas être caractérisé par une équilibration d'ensemble. En effet, bien que ce stade soit ponctué de progrès et d'acquisitions graduelles, leurs intériorisations ne sont pas structurées logiquement. Afin qu'une intériorisation soit structurée logiquement, il faut attendre le stade opératoire, car les opérations de l'esprit sont relatives aux opérations réversibles et organisées en structures par le groupe INRC. Ainsi, le stade préopératoire, comme son nom l'indique, représente l'intelligence représentative d'un enfant qui ne possède pas et ne maîtrise pas encore les opérations réversibles. Alors que les stades « opératoires » représentent le moment où les enfants peuvent coordonner et grouper en systèmes d'ensemble de l'information.

d'autre part, le langage de l'enfant devient lui-même un moyen d'intériorisation de la connaissance, puisqu'il peut commencer à l'utiliser, dans sa tête, pour réfléchir sur son environnement (Piaget, 1966). Ainsi, l'enfant se sert donc de ses acquis sensori-moteurs et les transpose, par la représentation, pour se distancier de l'immédiat et de l'empirique. Bien qu'il demeure attaché au présent et aux situations concrètes, il peut penser des gestes sans les réaliser dans la réalité ou interpréter la réalité en utilisant des symboles comme le langage, le dessin, l'imitation différée, la quantité, l'espace et le temps (Piaget, 1966). C'est de cette façon, par exemple, qu'un enfant peut s'imaginer parler au téléphone lorsqu'il tend une banane à son oreille. Ces types d'activités permettent à l'enfant de redécrire ou de se représenter des événements vécus tout en laissant libre cours à son imagination, car les actions réelles sont intériorisées et combinées mentalement pour donner lieu à des pré-opérations mentales (Piaget, 1966).

Ce faisant, afin d'aider les enfants à acquérir la pensée symbolique, le ministère de l'Éducation québécois prévoit que l'enseignement préscolaire se professe essentiellement par le jeu, car cela encourage les enfants à « s'engager dans la réalisation d'un projet et à goûter la satisfaction de le mener à bien en puisant dans ses propres ressources » (Gouvernement du Québec, programme de formation de l'école québécoise, 2006, p.45). Ici, le ministère de l'Éducation reconnaît, sous l'influence de Piaget, qu'à cet âge, l'activité spontanée et le jeu sont les voies par lesquelles les enfants passent pour s'approprier la réalité :

Pour Piaget, c'est seulement par l'activité spontanée que s'accomplit, lentement, l'évolution cognitive de l'enfant. Celui-ci doit donc, pour se développer à tous égards, grandir dans un contexte qui favorise l'action. (Gouvernement du Québec, programme d'éducation préscolaire, 1997, p.13)

C'est la raison pour laquelle les institutions scolaires prennent soin d'aménager l'espace et le temps nécessairement à cette méthodologie d'enseignement et d'apprentissage pour contribuer au développement du raisonnement particulier qui se base sur des éléments physiques concrets.

Bien que le jeu au niveau préscolaire puisse requérir l'implication des autres enfants, durant ce stade, leur pensée est principalement égocentrique. En effet, les jeunes enfants n'arrivent pas à concevoir que les autres puissent avoir un point de vue différent du leur (Piaget, 1966) : le stade préopératoire, comme son nom l'indique, prépare l'enfant aux opérations concrètes, ce qui coïncide avec son entrée au primaire. L'enfant qui maîtrise le stade préopératoire est placé dans un

environnement favorable au développement des opérations logiques. Lorsque la scolarisation débute, l'enfant va progressivement être amené à mobiliser et à projeter ses acquis sensori-moteurs et préopératoires pour construire les concepts fondamentaux de sa pensée opératoire, comme le nombre ou la catégorisation, par exemple. À ce moment de son développement cognitif, l'enfant a atteint le stade des opérations concrètes.

Le stade des opérations concrètes s'entame vers 6 ou 7 ans et se termine vers 11 ou 12 ans, ce qui coïncide respectivement avec l'entrée au primaire et la fin de ce cycle d'enseignement et d'apprentissage (Piaget, 1966). À ce stade, par ses expériences vécues, l'enfant commence à envisager des événements survenant hors de sa propre vie, à conceptualiser et à créer des raisonnements logiques qui s'appuient directement sur son rapport au réel (Piaget, 1966). La capacité d'abstraction étant plus grande qu'auparavant, un enfant peut comprendre et résoudre des problèmes mathématiques élémentaires. En effet, à ce stade, les opérations mentales correspondent à l'intériorisation des coordinations de l'action, ce qui rend possible la réversibilité opératoire (Piaget, 1966). Un enfant peut revenir sur le passé par la pensée et annuler l'effet d'une action en combinant une opération mentale et son inverse (Piaget, 1966). Ces opérations sont elles-mêmes coordonnées en structures totales (comme le classement, la sériation, la correspondance terme à terme), mais elles sont uniquement applicables aux objets concrets et aux situations concrètes (Piaget, 1966). Les enfants ne possèdent pas encore la pensée hypothético-déductive, ils appréhendent toujours les nombres, les séries, les classements, les coordinations par rapport à la réalité concrète.

Piaget illustre les opérations concrètes du raisonnement à l'aide de la tâche de « conservation des quantités discrètes ». La tâche de la conservation des quantités sert à mesurer la capacité d'un enfant à comprendre que deux quantités égales demeurent identiques malgré une transformation apparente (bien évidemment, rien ne doit être enlevé ni ajouté aux deux quantités) (Piaget, J. & Szeminska, A., 1941). La tâche se présente comme suit ⁵ : dans un premier temps, on dispose sur une table deux rangées de jetons. Chaque rangée possède la même longueur (espace occupé sur la table) et possède le même nombre de jetons (quantité discrète). Puis, on demande à des enfants de déterminer si chacune des rangées possède le même nombre de jetons. Dans un second temps, sans

⁵ Pour un visuel de la tâche de la conservation des quantités discrètes selon Piaget, vous pouvez vous référer à l'annexe A : « conservation des quantités discrètes ».

changer la quantité de jetons, l'expérimentateur écarte les jetons d'une rangée afin que cette dernière paraisse plus longue que la seconde. Ensuite, les mêmes enfants qu'au premier tour doivent déterminer si les deux rangées possèdent le même nombre de jetons (Piaget, J. & Szeminska, A., 1941).

Il s'avère que les enfants de 4 à 5 ans (stade préopératoire) considèrent qu'il y a, au premier tour, le même nombre de jetons dans chaque alignement ; mais qu'il y a, au second tour, plus de jetons dans la rangée qui est plus longue (Piaget, J. & Szeminska, A., 1941). Tandis que les enfants à partir de 6 ou 7 ans (stade des opérations concrètes) répondent correctement aux deux expériences : le nombre de jetons dans chaque rangée, éloigné ou non, est identique (Piaget, J. & Szeminska, A., 1941). Selon Piaget, cela prouve que les enfants du stade préopératoire n'ont pas acquis complètement le concept du nombre, car ils témoignent d'une erreur de raisonnement portant sur le biais perceptif « longueur égale nombre ». Alors que, pour les enfants du stade des opérations concrètes, le concept du nombre est bien acquis, puisqu'ils peuvent concevoir que l'action d'écartier ou de rapprocher les jetons peut être corrigée ou annulée par l'opération inverse (Piaget, J. & Szeminska, A., 1941). Il y a donc, dans le cas présent, réversibilité opératoire, mais non chez les enfants au stade cognitif antérieur.

Analogiquement, pour cultiver leurs habiletés de conceptualisation et d'opérations logiques à partir du concret, le ministère de l'Éducation québécois prévoit que les enfants devront, sur le plan des habiletés cognitives et logiques, acquérir la compétence de résoudre des « situations problèmes » à travers des « problématiques tirées de [leur] environnement » pour développer et « mobiliser les modes de raisonnement » comme l'induction, la déduction, l'inférence, la comparaison et la classification (Gouvernement du Québec, programme de formation de l'école québécoise, 2006, p.124 & p.134).

En effet, pour développer ces divers modes de raisonnement, en début de parcours scolaire, les étudiants devront résoudre des situations problèmes qui portent sur des questions pratiques issues de situations concrètes. Puis, au fur et à mesure qu'ils avanceront dans leur parcours scolaire, les situations problèmes deviendront de plus en plus complexes. À la fin de leur parcours au primaire, ils devront être en mesure de résoudre des situations problèmes qui portent sur des notions abstraites, mais toujours liées au concret, comme des questions purement mathématiques où « leur

énoncé comporte des données complètes, superflues, implicites ou manquantes » (Gouvernement du Québec, programme de formation de l'école québécoise, 2006, p.126).

Nous pouvons donc constater que le programme d'enseignement et d'apprentissage au primaire cible les habiletés décrites par Piaget. Le primaire aide les enfants à se décentrer peu à peu d'eux-mêmes et de leur environnement immédiat (action spontanée et jeu), au profit d'une ouverture sur le monde extérieur, mais qui est toujours reliée au concret. Ils apprennent à développer leur raisonnement en déployant leur « sens de l'observation » et « de la mesure pour décrire ce qu'[ils voient], se représenter [leur] environnement et s'y déplacer » (Gouvernement du Québec, programme de formation de l'école québécoise, 2002, p.21). Autrement dit, les situations problèmes, qui exigent « une démarche de l'esprit », exploitent autant le plan pratique qu'abstrait, pour amener les étudiants à trouver une solution par le raisonnement, la recherche, la modélisation, l'explication et la « mise en place de stratégies mobilisant des connaissances » (Gouvernement du Québec, programme de formation de l'école québécoise, 2006, p.126), ce qui correspond exactement au stade des opérations concrètes de Piaget.

En ce sens, nous pouvons également remarquer que les institutions scolaires primaires, en plus d'aider les enfants à acquérir et maîtriser le stade des opérations concrètes, préparent les enfants au palier supérieur : celui des opérations formelles. Ces dernières aident les enfants à développer leurs capacités à résoudre de simples tâches de raisonnement sur des concepts plus complexes comme les variables, ce qui représente la base de tout raisonnement algébrique possible (Piaget, 1966). Autrement dit, les institutions scolaires primaires contribuent à ce que les enfants deviennent plus flexibles cognitivement, afin qu'ils puissent, à partir des situations concrètes, une fois au secondaire, raisonner sur des situations abstraites qui nécessitent le déploiement de l'induction, de la déduction, de la réversibilité (inversion et réciprocité), de la conservation (distance et quantité, par exemple) et de la causalité (le principe causal devient plus objectif) (Piaget, 1966). La maîtrise de ces opérations constitue la base de la pensée formelle, soit le dernier stade de son développement cognitif.

Le stade des opérations formelles commence vers 11 ou 12 ans et se termine vers l'âge de 16 ans ; ce qui coïncide avec l'entrée au secondaire et la fin de ce cycle d'enseignement et d'apprentissage (Piaget, 1966). À ce stade, les enfants devenus adolescents peuvent employer une logique formelle et abstraite, car les opérations logiques ne portent plus uniquement sur des situations concrètes

(Piaget, 1966). Ces dernières peuvent être envisagées pour elles-mêmes, soit une hypothèse verbalisée telle qu'une proposition logique ou une idée, par exemple (Piaget, 1966). Autrement dit, les adolescents acquièrent le raisonnement hypothético-déductif, ce qui leur permet de concevoir et d'établir, à partir de données, diverses relations abstraites qui pourraient être vraies et de vérifier, grâce à l'analyse logique combinatoire, laquelle de ces relations possibles est vraie (Inhelder et Piaget, 1955). En ce sens, devant un problème à résoudre, l'adolescent, contrairement à l'enfant du stade précédent (opérateur concret), peut suspendre son jugement, élaborer un éventail de potentialités et tirer les conséquences nécessaires de chacune d'entre elles pour établir une vérité ou trouver une solution appropriée (Piaget, 1966).

En effet, les adolescents sont dorénavant assez habiles mentalement pour traiter des situations contrefactuelles, ce qui est « contraire aux faits », c'est-à-dire de se représenter mentalement des alternatives à des états de fait (Piaget, 1966). Ce type de raisonnement se présente souvent sous la forme suivante « si – alors » : « si A était le cas, alors B s'en suivrait », « s'il pleut dehors (si A), alors j'apporterai mon parapluie (alors B) ». Lorsque ce type de raisonnement est à l'œuvre, il s'opère, dans les opérations logiques de l'adolescent, une distance de la pensée par rapport au réel : la réalité devient un cas particulier du possible, une alternative parmi plusieurs scénarios imaginables (Piaget, 1966). Les adolescents raisonnent maintenant sur des probabilités et deviennent capables de manier des règles de transformations identiques, inverses, réciproques ou corrélatives (INRC), ainsi que de penser leurs différences. Il s'agit ici de la capacité logique à élaborer des combinaisons, car elles permettent de considérer la réalité non plus sous ses aspects concrets et limités, mais selon diverses potentialités et de raisonner sur chacune des possibilités données (Piaget, 1966).

Afin d'illustrer les raisonnements formels, Piaget crée l'expérience de l'escargot⁶. Dans cette expérience, un expérimentateur dispose un escargot (une coquille vide) sur une planche qui est elle-même mobile par rapport à la table où elle se trouve et les enfants/adolescents doivent anticiper son parcours. L'escargot peut se déplacer dans un sens, le sens « I », ou dans le sens qui l'annule, le sens « N ». Cependant, l'expérimentateur, par rapport à un point de référence externe, peut également avancer la planche dans le sens contraire de « I ». Cela a pour effet d'empêcher « I »

⁶ Pour un visuel de la tâche de l'escargot, vous pouvez vous référer à l'annexe B : « Schématisation des mécanismes de l'intelligence hypothético-déductive – l'escargot chez Piaget ».

d'être annulé par « N ». Pour l'annuler, un mouvement réciproque doit être effectué, soit le mouvement « R » ; cette dernière étant également la corrélative « C » de la première opération puisque les parcours « I » et « C » se cumulent.

Lors de cette expérience, Piaget démontre que les enfants du stade précédent, celui des opérations concrètes (7 à 12 ans), réussissent bien à appréhender l'ensemble des opérations séparément, mais qu'ils ne parviennent pas à les réunir dans une même structure groupale. Par exemple, ces enfants peuvent raisonner avec succès sur le parcours « I » et « N » (aller – retour) de l'escargot et le parcours « C » et « R » de la planche prise individuellement. Mais ils n'arrivent pas à comprendre que l'escargot peut avancer tout en demeurant immobile par rapport au point de référence externe lorsque la planche se déplace en sens inverse et à même vitesse. Toutefois, dès que les enfants peuvent regrouper l'ensemble de ces opérations dans une structure groupale, le groupe INRC, ils comprennent que l'escargot peut avancer tout en demeurant immobile par rapport au point de référence externe lorsque la planche se déplace en sens inverse et à même vitesse. En effet, contrairement aux enfants du stade des opérations concrètes, les adolescents comprennent l'annulation du mouvement de l'escargot en faisant intervenir la réciproque « R » du mouvement de celui-ci : il y a une compensation par le déplacement de la planche en sens inverse.

Cette compréhension est devenue possible grâce au raisonnement hypothético-déductif, l'adolescent peut, par rapport au point de référence, avec le raisonnement « si, alors », coordonner les deux systèmes IN et RC. En ce sens, le groupement de ces opérations (INRC) constitue la synthèse finale des opératoires concrets retrouvés chez les enfants âgés de 6 à 12 ans, « puisqu'il réunit en une même organisation totale les inversions et les réciprociétés jusque-là séparées » (J. Piaget et B. Inhelder, 1963). Le raisonnement hypothético-déductif certifie alors une capacité abstractive inégalée jusqu'à présent en structurant les potentialités (ce qui peut formellement s'avérer) dont le réel n'est qu'un cas particulier parmi plusieurs.

Parallèlement, pour aider les adolescents à développer leur pensée formelle et abstraite, le ministère de l'Éducation québécois prévoit un programme d'éducation au secondaire axé sur le raisonnement hypothético-déductif. Selon le ministère de l'Éducation, cette habileté est importante, car elle permet le développement d'aptitudes hypothétiques, critiques, scientifiques et contribue au développement épistémique par la création de nouvelles connaissances en éclaircissant les causes du sujet étudié (Gouvernement du Québec, programme de formation de l'école québécoise, 2006b).

Il va donc sans dire que ce raisonnement, pour le ministère de l'Éducation québécoise, ne trouve pas uniquement sa valeur dans les sciences naturelles, mais aussi dans les sciences sociales, puisqu'il contribue au développement de citoyens critiques et autonomes.

En ce sens, afin de former ces futurs citoyens éclairés, le ministère de l'Éducation prévoit « une attention particulière [sur] la construction de l'interrogation, de la négation et de l'hypothèse débutant par si », de même qu'à « déduire ou deviner en [s'aidant de leurs] connaissances antérieures et de tous les indices pertinents tirés du contexte langagier et situationnel pour augmenter [leur] compréhension » (Gouvernement du Québec, programme de formation de l'école québécoise, 2006 b, p.140 & 174). L'objectif est de permettre à chacun d'exprimer une conjecture et d'en modifier la valeur de vérité si les données du contexte ou de leurs connaissances changent (Gouvernement du Québec, programme de formation de l'école québécoise, 2006 b, p.257). Pour ce faire, chaque apprenant évoluera à travers différents types de raisonnement comme « l'analogie, l'induction et la déduction », tout en recourant aux raisonnements spécifiques propres à chaque domaine mathématique, dans le but de l'introduire à certaines règles fondamentales de la logique comme : « un énoncé mathématique est soit vrai, soit faux » ; « un contre-exemple suffit pour démontrer qu'une conjecture est fautive » ; « le fait que plusieurs exemples permettent de vérifier un énoncé mathématique ne suffit pas à prouver qu'il est vrai », ainsi que plusieurs autres (Gouvernement du Québec, programme de formation de l'école québécoise, 2006 b, p.258).

En ce sens, nous pouvons constater que le programme de l'enseignement au secondaire vise à réaliser le dernier stade piagétien du développement cognitif. L'apprenant doit apprendre à raisonner du général vers le particulier, mais aussi à appréhender une temporalité, c'est-à-dire à appréhender un enchaînement d'éléments dans le temps, qu'ils soient passés ou futurs.

En fin de compte, il s'avère bel et bien que les conclusions de Piaget sont endossées par le système éducatif québécois : d'une part, la logique est le miroir de la pensée et, d'autre part, le stade des opérations formelles est le dernier palier de la psychogenèse, car l'adolescent, à la suite de ce segment, rejoint la logique de l'adulte.

Pour revenir sur le premier constat, Piaget réussit à démontrer que le développement cognitif de l'humain s'effectue de manière incrémentale. Lors de l'enfance, nous pensons d'une manière très centrée sur nous-mêmes et d'une manière très concrète, car le monde matériel nous sert d'appui

dans notre apprentissage. Puis, à mesure que nous vieillissons, nous nous décentrons de nous-mêmes et notre égocentrisme intellectuel disparaît au profit d'une ouverture sur le monde dans lequel nous appliquons progressivement un travail de conceptualisation et d'opération logique de base pour atteindre, en fin de compte, les habiletés nécessaires au raisonnement hypothético-déductif et à la manipulation du savoir abstrait. D'autre part, ce constat vient appuyer le second, c'est-à-dire l'idée selon laquelle le stade des opérations formelles est le dernier palier de la psychogenèse, car l'adolescent, à la suite de ce segment, rejoint la logique de l'adulte. En effet, nous parvenons finalement à penser de manière plus universelle et abstraite, de sorte qu'il suffit, peu importe le champ d'investigation, de conduire notre raison avec prudence épistémique pour éviter de commettre des erreurs de raisonnement.

Ces constats illustrent la raison pour laquelle l'éducation est la pierre angulaire du développement cognitif : il faut donner l'opportunité aux enfants de se « débarrasser de l'infantilisme de [leur] pensée et d'accéder à la vérité, c'est-à-dire au sens que les adultes donnent aux choses » (Lipman, 2006). En effet, lorsque les apprenants maîtrisent le raisonnement hypothético-déductif, ils sont prêts à entamer les études supérieures, soit le collégial et l'université, car ils sont devenus des adultes. En ce sens, les cycles supérieurs ont pour but de former des citoyens critiques, éclairés et ouverts sur le monde. Par leur formation technique et continue, ils ont comme objectifs de former une main-d'œuvre qualifiée pour les entreprises et les organismes (Fédérations des cégeps, 2020). Ainsi, la formation antérieure des apprenants est censée avoir adéquatement forgé leur raisonnement logique, de sorte qu'ils puissent le mobiliser pour relever les défis de demain en tant que citoyens qui participent à la construction d'une société bonne et juste, ainsi qu'à l'essor de la vie sociale, culturelle, économique et politique.

1.3 Le raisonnement hypothético-déductif

Tel qu'expliqué dans la section précédente, le stade des opérations formelles est ce qui marque l'achèvement de la psychogenèse. Bien que cela marque la fin d'un segment, cela n'indique pas la cessation des constructions logiques et mathématiques. En effet, grâce à la structure groupale INRC, tout individu est en mesure de construire de nouvelles opérations et de nouvelles notions qui renforcent et accroissent leurs capacités logico-mathématiques. La pensée opératoire formelle n'est plus uniquement un moyen d'apprendre des procédures mathématiques, elle devient une manière d'organiser des connaissances et devient aussi un outil de création épistémique. Par une opération

de l'esprit, un individu peut manipuler un concept jusqu'à une pleine compréhension de sa signification et de ses usages.

En ce sens, selon Piaget, la pensée opératoire formelle est une structure groupale généralisable à l'ensemble des activités (Saint-Cyr, mars 1989), car il est attendu de la part de tout individu ayant atteint et acquis ce stade, qu'il maîtrise la capacité d'effectuer des opérations réversibles sur des objets abstraits et de les transposer dans toutes les sphères de leur quotidien. Les opérations réversibles dont il est question sont les raisonnements hypothético-déductifs, c'est-à-dire l'ensemble des raisonnements qui aborde l'angle conditionnel générant, de la part de celui qui l'effectue, une réponse qui doit valider une hypothèse émise. Ici, nous parlons notamment des raisonnements déductifs, inductifs et abductifs⁷.

Le raisonnement déductif est un raisonnement qui consiste à appliquer une règle générale à un jugement ou à un ensemble de jugements pour en dégager une conclusion (Pierce, 1994, CP 2.620). Autrement dit, dans le raisonnement déductif, la règle et le cas sont déjà donnés, il ne reste plus qu'à dégager le résultat, la conséquence (si A, alors B : A ; donc B). En ce sens, ce type de raisonnement ne nécessite pas l'ajout de nouvelles informations ; il suffit de réorganiser l'information présente pour dégager une conclusion qui sera nécessairement valide si les propositions sont vraies et que les inférences sont érigées de manière rigoureuse et cohérente (Pierce, 1994, CP 5.145). En voici un exemple : « tous les chats ont des griffes rétractiles, Garfield est un chat, donc Garfield à des griffes rétractiles ». Ainsi, tel que le montre l'exemple précédent, les raisonnements déductifs comportent déjà en eux-mêmes leur propre vérité, le raisonneur doit uniquement reformuler l'information déjà présente implicitement dans le syllogisme ; ce qui est d'ailleurs cognitivement pertinent pour découvrir la façon dont les raisonneurs organisent leur structure épistémique.

Pour sa part, le raisonnement inductif est un raisonnement qui consiste à inférer, à partir de l'observation ou de la connaissance de plusieurs cas particuliers, une caractéristique commune qui fera office de règle générale s'appliquant à l'ensemble des jugements du même type (Pierce, 1994, CP 2.624). Autrement dit, dans le raisonnement inductif le cas et le résultat (la conséquence) sont

⁷ Bien que nous parlions de ces trois modes de pensées dans un contexte piagétien, nous tenons à préciser que la distinction entre ces trois modes de pensées provient de Charles Sanders Pierce.

déjà donnés, le raisonneur doit donc dégager la règle, ce qui nécessite une généralisation des cas particuliers pour dégager une conclusion probable, mais non certaine (Pierce, 1994, CP 2.624). Prenons en exemple le raisonnement suivant : « mon chat a des griffes rétractiles, le chat de mon voisin a des griffes rétractiles, Garfield a des griffes rétractiles, Sylvestre a des griffes rétractiles, donc tous les chats ont des griffes rétractiles ». Par l'analyse des caractéristiques physiques de plusieurs chats, un observateur peut induire que l'ensemble des membres de cette espèce possède des griffes rétractiles. Ce faisant, bien que ce raisonnement soit cognitivement pertinent pour trouver et établir des règles, il n'est pas logiquement valide, car la conclusion n'est que probable : l'observateur n'a pas pu analyser la totalité des chats pour confirmer sa conclusion, il pourrait donc y exister des chats ne possédant pas la caractéristique d'avoir des griffes rétractiles.

Finalement, le raisonnement abductif est un raisonnement qui consiste à trouver la cause ou l'explication d'un phénomène à partir des faits déjà présents dans ce dernier (Pierce, 1994, CP 5.145). Autrement dit, la règle et le résultat (la conséquence) sont déjà donnés dans le raisonnement et le raisonneur doit uniquement dégager le cas. Cela implique d'observer un événement pour lequel une ou plusieurs causes sont plausibles et connues, puis de dégager une conclusion selon le plus haut taux de probabilités de certitude (Pierce, 1994, CP 2.776). En ce sens, l'abduction et l'induction sont similaires en ce que leur conclusion n'est que logiquement probable. Par exemple, à la suite d'un meurtre, un enquêteur emploie l'abduction lorsqu'il ordonne ses réflexions selon les indices trouvés sur la scène d'un crime et ce qu'il sait de la victime pour identifier le meurtrier. Pour imaginer le tout, nous pouvons prendre en considération la situation suivante : le propriétaire d'un zoo retrouve le corps inanimé de son gardien à l'intérieur de son parc. Sur le corps du gardien, nous pouvons observer une paire de cinq lacérations dans lesquelles sont logés des poils orange (le résultat, la conséquence). La règle veut que la blessure soit causée par des griffes provenant d'un animal orange. Le cas le plus probant, à première vue, est donc que le gardien du zoo s'est fait assassiner par un tigre, car les indices tendent à blâmer ce dernier : les tigres possèdent des griffes et ils ont du poil orange.

Autrement, de façon moins drastique, nous employons tous le raisonnement abductif au quotidien, car lorsque nous observons une situation qui nous intrigue ou interpelle, nous recherchons toujours, grâce à nos jugements et notre mémoire, les causes possibles et établissons ensuite l'hypothèse d'une cause. En ce sens, ce type de raisonnement est cognitivement pertinent pour effectuer une

inférence à la meilleure explication, tel l'établissement d'un coupable ou d'un diagnostic, par exemple.

Ainsi, selon Piaget, ces types de raisonnements marquent l'apogée du développement de la pensée, c'est-à-dire la forme la plus optimale de l'adaptation biologique, car tous ceux ayant atteint ce stade maîtrisent automatiquement les compétences logiques nécessaires au déploiement d'un raisonnement valide. En effet, ces individus penseraient selon la logique des logiciens, car leurs pensées étant devenues plus mobiles, systématiques et performantes, ils possèdent l'habileté d'envisager et d'énumérer l'ensemble des potentialités auxquelles ils sont confrontés au quotidien, de les mettre en ordre, de comparer leurs implications et conséquences, de les confronter à ce qui est observé dans la réalité et de relever leur caractère contradictoire ou complémentaire, selon la situation qui se présente (Allaire-Dagenais, 1982).

1.4 Les constats irrationalistes de la psychologie expérimentale du raisonnement

La section précédente s'est conclue sur l'idée que tout individu suivant un développement cognitif normal, lorsqu'il atteint sa maturité cognitive, devrait avoir une bonne compréhension de la logique et raisonner sans faire d'erreurs. Or, la psychologie expérimentale du raisonnement démontre grâce à plusieurs études empiriques que la conception piagétienne de la maturité logique est plus problématique qu'il ne le semble. En effet, plusieurs études axées sur le raisonnement ont démontré que les étudiants du secondaire présentent des difficultés au niveau des opérations concrètes (Doudin, 1991 ; Larivée et Normandeau, 1985) et qu'une bonne partie des étudiants au collégial présentent des difficultés au niveau des opérations formelles, donc au niveau du développement, de la maîtrise et de la mise en application du raisonnement logique (Baron & Sternberg, 1987 ; Beyer, 1987 ; Costa, 1984 ; Nickerson, 1988). Ainsi, non seulement certains d'entre eux seront admis au collégial et à l'université sans posséder les habiletés logiques essentielles à leurs études (Sainz et Biggins, 1993), mais ils seront peu et mal outillés pour relever les défis de demain. Ceci est problématique dans la mesure où, comme citoyens vivant en société, nous devons user de notre autonomie logique et critique pour assurer notre développement personnel et sociétal de manière éclairée, réfléchie et juste.

Il existe plusieurs hypothèses pour lesquelles les étudiants du secondaire auraient de la difficulté avec leurs opérations concrètes et pour lesquelles les étudiants du collégial auraient de la difficulté

avec les raisonnements formels. Une première serait l'hypothèse que les apprenants n'auraient pas atteint ou maîtrisé le stade correspondant à leur âge. Autrement dit, ils rencontreraient des difficultés d'apprentissage ou des retards dans leur développement cognitif, de sorte qu'ils maîtriseraient bien certains savoirs déclaratifs concrets, mais qu'ils auraient de la difficulté à les transposer en savoirs formels, procéduraux et conditionnels (Lauzon, 2000). Ce qui serait plausible, puisque les théories formelles requièrent, pour les comprendre, un niveau d'abstraction élevé pour des individus qui utiliseraient seulement des savoirs concrets (Métayer, 1991). Par exemple, on peut constater que certains jeunes cégépiens rencontrent des difficultés d'abstraction lorsque vient le temps d'appréhender un texte littéraire ou philosophique ou d'en écrire un (Ouellet et coll., 2014). En ce sens, si les apprenants devaient être en mesure d'établir des relations abstraites par des raisonnements hypothético-déductifs, donc sans recours à de fortes représentations mentales concrètes, plusieurs, comme Bélec (2020), démontrent l'inverse : les apprenants ont de la difficulté à établir des relations abstraites entre divers textes ou concepts ainsi qu'à établir des relations entre la théorie et la société.

Or, bien que le retard ou l'asynchronisme de certains étudiants sur le développement et la maîtrise des stades puissent s'avérer être une explication intéressante, les études susmentionnées tendent à prouver qu'il ne s'agit pas uniquement de quelques cas particuliers, mais bien de plusieurs. Alors, il paraît invraisemblablement qu'une majorité d'apprenants présente des difficultés d'apprentissage ou un retard cognitif. Il convient donc d'envisager d'autres hypothèses plutôt que de conclure trop hâtivement à un retard.

Une deuxième hypothèse serait que Piaget se soit trompé sur l'âge de la maîtrise des opérations concrètes et formelles. Autrement dit, Piaget aurait surestimé les capacités cognitives des adolescents et des jeunes adultes, de sorte qu'ils ne seraient pas réellement en situation de retard ou d'asynchronisme. Il leur faudrait, en réalité, tout simplement plus de temps que ne l'avait estimé Piaget pour maîtriser les deux derniers stades. En effet, depuis la publication des résultats de Piaget, de nombreux psychologues ont contesté la chronologie des stades en démontrant que les compétences étudiées étaient soit plus précoces, soit plus tardives que ne l'affirmait Piaget. Par exemple, certaines études ont démontré que les habiletés logiques peuvent s'acquérir bien avant l'âge estimé par Piaget (Braine, 1990 ; Braine and Romain, 1983 ; Hawkins et al., 1984 ; Markovits et al., 1989 ; Thayer & Collyer, 1978 dans Moshman, 1990). C'est notamment le cas de Wynn qui soutient que le concept de nombre existe chez les nourrissons (Wynn, 1992), ou bien Bullock et

Gelman qui considèrent que les enfants âgés de 3 à 5 ans pouvaient raisonner sur les relations causales (Bullock & Gelman, 1892).

Bien que cette hypothèse puisse être plausible, Piaget avait lui-même anticipé cette objection à propos des opérations logiques des deux derniers stades et écrit, dans *La psychologie de l'enfance*, qu'il s'agissait de « potentialités que peut utiliser un sujet normal même si chacun ne réalise pas tout et même si leur actualisation est sujette à des accélérations ou à des retards » (Piaget, J., & Inhelder, B., 1966). Par ailleurs, il est également possible d'arguer que cela n'invalide pas la conception incrémentale du développement cognitif. Les enfants qui ont de la difficulté avec les opérations concrètes ne peuvent pas maîtriser les opérations formelles : pour maîtriser le dernier palier, il faut nécessairement maîtriser le palier précédent. Il est aussi pensable que, pour ceux qui maîtrisent les opérations concrètes, il ne s'agit que d'une question de temps avant de pouvoir maîtriser les opérations formelles, pourvu qu'ils soient placés dans un environnement propice au développement des compétences visées par le dernier palier. Ainsi, pour expliquer le fait qu'une majorité d'apprenants ne maîtrisent pas les compétences qu'ils sont censés maîtriser, il faut se tourner vers une autre approche.

Une alternative propose de considérer un aspect qui a été ignoré, ou du moins non considéré, par Piaget : celle que la raison comporte ses propres limites. En effet, Piaget ne semble pas avoir considéré l'idée selon laquelle les erreurs de raisonnement pourraient être une situation habituelle, et ce, malgré l'acquisition du dernier stade. Autrement dit, il n'a jamais exploré l'idée selon laquelle les erreurs de raisonnement dans les tâches logiques élémentaires pourraient être systématiques et donc une caractéristique stable chez tous les adolescents, jeunes adultes et adultes (Houdé, 2014). Lorsque Piaget écrivit que les opérations logiques sont une potentialité que peut utiliser chaque sujet épistémique même s'il ne « réalise pas tout » et que l'« actualisation est sujette à des accélérations ou à des retards » (Piaget, J., & Inhelder, B., 1966), il croyait s'être prémuni de toute critique en incluant l'ensemble des variations du développement des opérations logiques auxquelles il pensait, sauf celle où les erreurs logiques seraient courantes.

En effet, de récentes études prouvent que les jeunes adultes et adultes, qui devraient normalement avoir atteint et acquis le stade final de maturation cognitive, ne parviennent pas à effectuer certaines tâches logiques élémentaires. Le cas le plus probant est la tâche de sélection de Wason. Sommairement, cette tâche consiste à disposer quatre cartes, à plat, sur une table. Sur chacune de

ces cartes figure un nombre d'un côté et une lettre de l'autre. Comme les cartes sont disposées à plat sur la table, un côté des cartes demeure toujours caché⁸. Sur la face visible de la première carte, un observateur peut constater qu'il y a un « E » d'inscrit. Sur la carte suivante, un « K »; sur la troisième, un « 4 » ; et sur la dernière carte, un « 7 ». Puis, on demande au participant quelle carte il doit retourner pour vérifier si la règle suivante est respectée : « si une carte a une voyelle sur une face, alors elle a un nombre pair sur son autre face » (Wason, 1968).

Bien que la tâche de sélection de Wason ne représente pas un niveau de complexité élevé, il semble que sa résolution présente une plus grande difficulté chez les participants, car le taux de réussite, dans certaines de ces expériences, est extrêmement bas : seuls 4 % des adultes accomplissent la tâche avec succès (Wason, 1968). Une majorité d'entre eux ont tendance à retourner les cartes « E » et « 4 ». En soi, retourner la carte « E » n'est pas problématique, puisqu'elle permet effectivement de vérifier si la règle est respectée. Toutefois, retourner la carte « 4 » est plus problématique, car cela revient à commettre le sophisme de l'affirmation du conséquent, ce qui ne permet pas de confirmer ou d'infirmer la règle énoncée.

En effet, la règle énonce que la présence d'une voyelle sur la face visible d'une carte implique nécessairement la présence d'un chiffre pair de l'autre côté. Or, aucune règle n'indique que la présence d'un nombre pair sur la surface visible d'une carte requiert nécessairement la présence d'une voyelle de l'autre. Autrement dit, la lettre « E » est soumise à une restriction (une implication) : étant une voyelle, elle doit nécessairement être accompagnée d'un nombre pair pour confirmer la règle énoncée. Toutefois, selon la règle énoncée dans le problème, le chiffre « 4 » n'est soumis à aucune restriction, car il n'y a aucune règle qui indique que les chiffres pairs doivent nécessairement être accompagnés d'une voyelle. En ce sens, les chiffres pairs peuvent être accompagnés de n'importe quelle lettre de l'alphabet. Il est donc non pertinent de retourner cette carte, puisqu'elle ne peut ni confirmer ni infirmer la règle énoncée. Pour inférer, il faut plutôt tenter de falsifier la règle en retournant la carte ayant un autre chiffre impair (dans ce cas, la carte « 7 ») pour vérifier qu'il n'y a pas de voyelle de l'autre côté. Le cas échéant, la règle est respectée ; dans le cas contraire, la règle n'a pas été respectée.

⁸ Pour un visuel de la tâche de sélection de Wason, allez à l'annexe C « la tâche de sélection de Wason ».

Ainsi, nous pouvons constater que cette expérience met à mal la théorie piagétienne du développement cognitif. Rappelons-le, selon Piaget, lorsque la pensée formelle est acquise, tout individu est censé être en mesure de généraliser les raisonnements hypothético-déductifs, grâce aux opérations réversibles, à l'ensemble des activités humaines (Saint-Cyr, mars 1989) : ce qui n'est manifestement pas le cas dans les tâches de sélections précédemment exposées. Les résultats obtenus par Wason démontrent donc que la logique naturelle de l'humain ne se déploie pas nécessairement de manière conforme aux règles de la logique classique. Ce résultat est, par ailleurs, corroboré par de nombreuses variantes de cette tâche où plusieurs individus ne sont pas parvenus à effectuer une inférence logiquement valide devant une tâche de raisonnement abstraite qui présentait quelques éléments d'informations et une seule règle (Stenning & van Lambalgen, 2012).

En fin de compte, ces études tendent à démontrer que les erreurs de raisonnement peuvent être plus systématiques que ne l'avait prévu Piaget, prouvant qu'une majorité d'individus n'arrivent pas à sélectionner et déployer le bon mode de raisonnement pour résoudre une problématique logique assez élémentaire. Ainsi, sur la base de ces expériences, le comportement effectif ne suivant pas le comportement attendu, nous pouvons remettre en doute certains aspects de la théorie rationaliste piagétienne du développement cognitif : les adolescents et les adultes ne seraient peut-être pas d'aussi bons logiciens que l'espérait Piaget.

1.5 La découverte d'un certain rationalisme en contexte normatif

La section précédente s'est conclue sur un constat irrationaliste de la pensée logique : plusieurs études en psychologie cognitive démontrent que les humains font systématiquement certaines erreurs de raisonnement, et donc que le comportement effectif ne correspond pas au comportement attendu. Or, certains penseurs ne seraient pas aussi affirmatifs que Wason ou Stenning et van Lambalgen. C'est notamment le cas de Griggs et Cox (1982). Pour ces derniers, il existe une distinction entre le raisonnement en contexte descriptif donc abstrait et le raisonnement en contexte normatif, donc pratique, directement liée à un domaine concret et spécifique de la vie. En d'autres termes, pour ces derniers, le contenu d'une problématique influence le type de raisonnement qui sera déployé. En ce sens, les humains ne seraient pas de piètres raisonneurs, ils seraient tout simplement influencés par la façon dont le problème est présenté.

Afin d'étudier l'influence du contexte et du contenu sur la structure des raisonnements effectifs, Griggs et Cox (1982) ont élaboré une problématique dont la structure logique est identique à celle de la tâche de sélection de Wason, mais dont le contenu est normatif, c'est-à-dire axé sur un domaine pragmatique de la vie en société, au lieu d'être cognitif. En effet, dans le présent cas, à l'instar de la tâche de Wason, la règle demeure une implication. Toutefois, le contenu porte sur une règle sociale plutôt que sur une situation descriptive de fait. L'hypothèse est que, dans cette problématique, les raisonneurs vont correctement déployer leur pensée rationnelle en raison du contexte normatif.

La tâche de Griggs et Cox se présente comme suit : vous êtes un barman dans un bar et votre patron vous dit que vous devez vous assurer que *toute personne qui boit de l'alcool doit avoir au minimum l'âge légal (au minimum 18 ans)*. Devant vous, on dispose, à plat, quatre cartes où il y a l'âge du client d'un côté et le breuvage qu'il boit de l'autre. Étant disposée à plat, l'une des surfaces de chacune des cartes demeure cachée, de sorte que vous ne pouvez qu'observer les informations suivantes : « 40 ans », « 16 ans », « bière » et « eau ». Quelles cartes allez-vous retourner afin de vérifier que vous respectez la consigne énoncée par votre patron (Griggs et Cox, 1982)⁹ ?

Les résultats de cette expérience ont démontré que les sujets réussissent cette tâche à 73 % en s'assurant, par déduction, que le mineur ne boit pas de bière et que la personne qui boit de l'alcool a plus de 18 ans (Griggs et Cox, 1982). Autrement dit, les sujets retournent les cartes « 16 ans » et « bière », prouvant bien que tous ceux qui ont atteint le stade des opérations formelles peuvent transposer des raisonnements logiques et abstraits à toutes situations réelles éventuelles pour en tirer des conclusions valides. Ainsi, grâce au raisonnement hypothético-déductif, tout individu du stade formel sait que le client de 40 ans n'est sujet à aucune restriction et qu'il est dès lors non pertinent de retourner cette carte, tandis que le client mineur est le sujet de restrictions et qu'il faut impérativement retourner la carte « 16 ans » afin de voir ce qu'il consomme. Analogiquement, la consommation d'eau n'est pas réglementée, il est donc non pertinent de retourner la carte « eau » pour voir l'âge de celui qui la consomme. En revanche, la consommation alcoolisée est sujette à

⁹ Pour un visuel de la tâche de sélection de Griggs et Cox, allez à l'annexe D « la tâche de sélection de Griggs et Cox ».

une réglementation, un individu doit avoir au moins 18 ans pour la consommer. En ce sens, il est pertinent de vérifier l'âge de celui qui la consomme en retournant la carte « bière ».

Ce faisant, si Wason, Stenning et van Lambalgen décrivent des êtres peu logiques, Griggs et Cox, quant à eux, font le constat inverse : nous sommes des êtres plutôt logiques. Ce constat corrobore donc davantage les thèses de Piaget ; l'enfant, maintenant devenu logicien, n'est plus censé faire d'erreurs de raisonnement, parce qu'il raisonne conformément aux lois de la logique classique. Dès lors, une nouvelle réflexion s'impose : pourquoi les humains font-ils systématiquement des erreurs de raisonnement en certains contextes, mais pas dans d'autres, pour des problèmes qui sont structurellement identiques en ce qui concerne la logique ?

1.6 Entre le rationalisme et l'irrationalisme

La section précédente s'est conclue sur un questionnement qui soulève, en soi, une seconde réflexion. D'une part, nous avons précédemment soulevé une interrogation sur la ou les raisons qui font que la tâche de sélection de Griggs et Cox a un plus haut taux de réussite que celle de Wason, alors qu'elles ont la même structure logique. Puis, d'autre part, cela nous amène à nous interroger sur la systématisme des erreurs de raisonnement dans la tâche de Wason. En effet, le taux d'échecs systématique et élevé obtenu par la tâche de sélection de Wason tend à démontrer que les erreurs de raisonnement chez ceux ayant atteint le stade des opérations formelles ne sont pas l'exception à la règle, mais qu'elles sont la règle. Conséquemment, le faible taux de réussite soulève une réflexion sur l'existence des biais cognitifs, c'est-à-dire sur l'existence d'erreurs de raisonnement systématique qui s'appuie sur des heuristiques (Van Loon, 2018), ce qui ébranle vraisemblablement bien l'idée selon laquelle il y a une correspondance entre le raisonnement humain et la logique formelle.

Reprenons la première réflexion ; certains tendent à croire, comme Josephson (2000), que l'impressionnant taux d'échec lors de la tâche de sélection de Wason provient du contexte dans lequel les règles logiques sont appliquées. Selon Josephson (2000), les participants aux expérimentations traitent la tâche de sélection de Wason différemment de la tâche de Griggs et Cox, parce qu'ils cherchent à identifier une cause. En ce sens, le sophisme de l'affirmation du conséquent serait un mode de raisonnement en fin de compte cognitivement pertinent, parce que

les participants cherchent à découvrir le bon résultat en conduisant une abduction, soit l'inférence vers la meilleure explication.

À l'inverse, dans la tâche de Griggs et Cox, les observateurs ont un haut taux de réussite et ne font plus l'erreur du sophisme de l'affirmation du conséquent, car ils sont dans un contexte totalement différent, soit celui de l'application de règles sociales (Josephson, 2000). En ce sens, on serait ici en mode de raisonnement déductif où il suffit d'inférer de manière logiquement valide la conclusion. En d'autres mots, nous pourrions avancer l'idée que nous avons tendance à raisonner en mode déductif quand nous sommes en contexte de justification et en mode abductif quand nous sommes en contexte de découverte.

Alors, en somme, le taux systématique et élevé d'échecs dans la tâche de sélection de Wason ne provient pas d'une réelle erreur de raisonnement : il provient plutôt du fait que le raisonneur détermine que l'abduction est une manière pertinente de trouver une cause. Selon la théorie piagétienne du développement cognitif, en raison de leurs compétences logiques, les participants auraient dû sélectionner un mode de raisonnement logiquement valide, ce qui, selon lui, aurait été une manière de conduire leur raisonnement avec prudence épistémique afin d'établir une conclusion logiquement valide. Or, ce n'est pas le cas : les raisonneurs humains tendent à sélectionner deux modes de raisonnement différents dans des contextes différents, malgré le fait que les problèmes partagent une même structure logique. Cela prouve que les raisonneurs humains ne sont pas portés à transposer leur pensée hypothético-déductive à l'ensemble de leurs activités.

Piaget pourrait se défendre de cette critique en mentionnant qu'il avait déjà inclus, dans sa théorie, l'idée selon laquelle les adultes peuvent se tromper. Bien qu'ils aient acquis la logique du logicien, il n'est pas impossible que certains conduisent leur raison avec imprudence, précipitation ou distraction. Ce faisant, les erreurs de raisonnement sont probables, mais elles ne devraient pas être aussi fréquentes que durant les stades précédents. Dans les stades précédents, les enfants sont en formation et les erreurs logiques font partie du processus d'apprentissage et de perfectionnement. Les erreurs sont donc, à ces stades, un passage obligatoire vers l'obtention des compétences logiques. Cependant, une fois l'ensemble de ces stades acquis et maîtrisé, les erreurs tendraient à devenir de moins en moins fréquentes, car nous serions alors capables d'exercer une bonne prudence épistémique.

À première vue, cette défense peut sembler plausible : au quotidien, plus nous pratiquons quelque chose, plus nous devenons compétents et moins nous faisons d'erreurs. Or, ce que vient prouver le haut taux d'échec dans la tâche de sélection de Wason, c'est que les erreurs de logique de raisonnement ne sont pas une exception à la règle, elles sont la règle. L'erreur logique de raisonnement, dans ce cas, est presque systématique. Ce qui nous amène donc à considérer notre seconde réflexion : l'existence de biais cognitif.

Les biais cognitifs font référence à l'ensemble des erreurs logiques de raisonnement commises systématiquement par un individu qui recourt à des heuristiques de pensée (des raccourcis mentaux) plutôt qu'à des lois logiques lors du processus réflexif, ce qui peut mener à la formation de croyances injustifiées ou erronées (Van Loon, 2018). Autrement dit, lors d'un raisonnement qui devrait être analytique et laborieux, le cerveau utiliserait automatiquement des raccourcis mentaux pour simplifier le processus de raisonnement en réduisant considérablement le nombre d'informations à traiter, ce qui rendrait la prise de décision plus rapide et efficace (Tversky et Kahneman, 1974). Les biais cognitifs se manifestent donc lorsque nous devons analyser les informations contenues dans le monde qui nous entoure et ses problématiques de manière rapide et efficace (Van Loon, 2018). Ce faisant, dans la tâche de sélection de Wason, il serait raisonnable d'affirmer que le contexte dans lequel se situe le participant le pousse à employer des heuristiques plutôt qu'un raisonnement hypothético-déductif valide. Du moins, c'est ce que croient, entre autres, Wason et Johnson-Laird ainsi que Evans et Lynch (1973).

Pour leur part, Wason et Johnson-Laird (1972) supposent que le haut taux d'échec dans la tâche de sélection de Wason découle du fait que les participants commettent le biais de confirmation. Ce biais cognitif représente la tendance à vouloir confirmer une hypothèse plutôt qu'à la réfuter pour prouver sa véracité (Wason et Johnson-Laird, 1972). Dans la tâche, les participants ont tendance à retourner la carte qui permet de vérifier si la règle énoncée est respectée, tout en oubliant de retourner la carte qui pourrait contredire le respect de la règle énoncée ; ce qui s'avère tout aussi déterminant pour vérifier si la règle est respectée. Cette opération semble démontrer que les observateurs cherchent inconsciemment à privilégier les informations qui vont dans la même direction que la règle énoncée plutôt qu'à la réfuter, parce qu'il s'agit d'une manière rapide et efficace d'effectuer la tâche demandée.

En parallèle, Evans et Lynch (1973) expliquent le taux élevé d'échec des participants par l'utilisation du « biais d'appariement ». Le biais d'appariement se manifeste par

La tendance à considérer des cas comme pertinents dans les tâches de raisonnement logique lorsque le contenu lexical d'un cas s'apparie bien à celui d'une règle propositionnelle, normalement conditionnelle, que l'on applique à ce cas. (Evans, 1998)

Autrement dit, le biais d'appariement consiste à résoudre un problème en reprenant les concepts énoncés dans la règle, parce qu'ils semblent pertinents à sa résolution. En ce sens, ce biais survient lorsque les participants sont distraits par la perception des termes énoncés dans la règle, les empêchant de s'apercevoir que cette dernière contient un antécédent négatif et que, conséquemment, l'objectif de la tâche est de vérifier si la règle est erronée plutôt qu'exacte.

Ainsi, selon ces auteurs, il serait raisonnable de croire que les participants auraient inconsciemment recours à des heuristiques afin de résoudre la tâche demandée, parce qu'elles sont normalement optimales dans un contexte normatif. Or, bien qu'elles soient optimales dans ce contexte, ces heuristiques ne le sont pas dans un contexte descriptif et conduisent à des biais cognitifs. Autrement dit, sans même en être conscients, nos heuristiques nous font juger certains facteurs comme pertinents pour résoudre une tâche demandée, alors qu'ils ne le sont pas. Cela empêche un sentiment de doute ou d'erreur de survenir et, de ce fait, nous fait émettre un raisonnement logiquement invalide. C'est notamment ce qui se produit lors du biais de confirmation et du biais d'appariement. Soit l'idée de la falsification n'est pas évoquée à l'esprit des participants, soit elle est écartée étant considérée comme non pertinente, parce que l'attention est focalisée sur des éléments d'une moindre importance : la confirmation de la règle pour le cas du biais de confirmation et le souci de retrouver les éléments de la règle dans la réponse pour le biais d'appariement. Ce faisant, l'attention étant indument dirigée vers ces éléments, les participants n'ont pas le sentiment d'effectuer un raisonnement non respectueux des lois de la logique.

Ces observations entrent donc en contradiction avec l'idée piagétienne selon laquelle les adultes raisonnent, la majorité du temps, de manière logique. En réalité, bien que les adultes possèdent effectivement cette capacité, ils commettent systématiquement, en certaines circonstances et à leur insu, des erreurs logiques de raisonnement. En effet, les adultes normalement considérés comme logiques par Piaget seraient, en réalité, peu logiques en raison d'erreurs de déduction qui se

produisent entre 80 % et 100 % du temps pour des problèmes qui sont parfois très simples (Fisher et Farrar, 1988). Ceci démontre des erreurs tardives, des décalages ou des régressions par rapport à la logique formelle non prévues par Piaget. Comme le dirait le psychologue néopiagétien Kurt Fischer : « le décalage [par rapport à la logique] est la règle du développement cognitif et non l'exception » (Fisher et Farrar, 1988).

Ainsi, ces observations révèlent une problématique concernant la modélisation psychologique du processus de raisonnement. Sachant que nous avons une propension naturelle à commettre ces erreurs, nous devons analyser et comprendre leur origine pour expliquer l'écart qu'il y a entre nos raisonnements effectifs (tel qu'observé empiriquement) et le comportement logique idéal (le modèle traditionnel de la rationalité selon la théorie piagétienne). La visée d'une telle entreprise permettra également de nous interroger sur la perméabilité de ces erreurs : sont-elles une fatalité ou peuvent-elles être inhibées au profit d'une meilleure réponse ?

Ce sont d'ailleurs ces mêmes réflexions qui ont suscité un vif intérêt chez les chercheurs en développement du raisonnement et qui ont mené à de multiples théories en sciences cognitives. Si plusieurs théories ont été évoquées pour expliquer l'origine de nos erreurs logiques de raisonnement ainsi que l'écart entre notre conduite effective et la norme idéale, nous jugeons que la plus intéressante pour établir une critique du modèle piagétien du développement cognitif est celle des processus duaux dont, parmi les figures marquantes, se retrouvent Jonathan Evans et Daniel Kahneman¹⁰. Ces derniers démontrent que les jeunes adultes et les adultes sont plus irrationnels que ne le croyait Piaget, car l'une des caractéristiques stables du cerveau humain est de s'écarter de la logique formelle, plutôt que de l'appliquer, en considérant des facteurs non pertinents pour résoudre une tâche demandée et en ignorant les facteurs pertinents à la résolution de la tâche (Evans, 1989).

Ce faisant, si une majorité d'apprenants ont de la difficulté avec les opérations logiques, ce n'est pas parce qu'ils sont en situation de retard ou d'asynchronisme, ce serait plutôt parce que les biais de raisonnement sont une caractéristique stable de l'esprit humain et que les apprenants ne sont pas outillés cognitivement pour repérer ces erreurs et les éviter en les inhibant. Alors, si les institutions

¹⁰ Nous savons que Keith Stanovich a également contribué de manière significative au développement des théories sur les processus duaux. Toutefois, nous ne mettons pas l'accent sur ses contributions privilégiant, ses recherches sur les processus tripartites au chapitre 4.

scolaires veulent sincèrement former des citoyens autonomes, critiques et plus rationnels, elles doivent permettre aux apprenants de développer des outils cognitifs qui les aideront à prévenir ce type d'erreurs.

En ce sens, une investigation sur l'occurrence des erreurs de raisonnement dans l'esprit humain et la façon dont nous pouvons les repérer et les prévenir serait une démarche complémentaire à Piaget en décrivant les mécanismes sous-jacents aux compétences rationnelles (Evans, 1989). Cette investigation permettrait d'ailleurs l'élaboration de conseils pédagogiques à intégrer dans les programmes d'enseignement et d'apprentissage québécois pour favoriser le développement et la maîtrise des compétences logiques visées par le ministère de l'Éducation. C'est dans cette optique que se termine le présent chapitre et que s'ouvre le suivant. Nous verrons, en guise de critique et de réponse à la théorie piagétienne, quelles sont les origines des erreurs systématiques, leurs occurrences et la raison pour laquelle la performance typique en contexte de raisonnement logique est suboptimale.

CHAPITRE 2

LA THÉORIE DES PROCESSUS DUAUX DU RAISONNEMENT : SYSTÈME 1 ET SYSTÈME 2

Le chapitre précédent s'est conclu sur l'idée que le rationalisme fort, théorie selon laquelle l'esprit humain est un système rationnel unifié qui se conforme aux principes logiques de base lorsqu'il traite de l'information, n'est pas adéquat pour expliquer le raisonnement humain spontané. Selon Piaget, tout individu ayant atteint sa pleine maturité cognitive serait en mesure de déployer et transposer, à toutes les sphères de sa vie, des raisonnements logiques pour en tirer des conclusions logiquement valides et des décisions rationnelles. Toutefois, nous avons également exposé qu'il y a un écart systématique entre le modèle normatif idéal de rationalité et les comportements effectifs des individus pour des situations qui n'outrepassent pas la portée de leurs capacités cognitives ; ce qui remet ainsi en question les modèles classiques de la rationalité. En effet, comme précédemment exposé, les études qui ont été entre autres menées par Wason et Evans tendent à prouver que le cerveau humain n'est pas conçu pour raisonner selon les préceptes de la logique telle que traditionnellement postulée.

Selon Jonathan Evans, en certains contextes, les raisonneurs spontanés empruntent de manière systématique et inconsciente des raccourcis mentaux pour résoudre des tâches de raisonnement — parfois même très simples — créant ainsi des biais cognitifs. Ce dernier rejette donc l'idée selon laquelle un individu ayant atteint sa maturité cognitive acquiert et applique constamment la logique des logiciens (Evans, 2007). Il avance plutôt que le raisonnement est habituellement, voire par défaut, pragmatique et que seule une mobilisation consciente de nos raisonnements induits par des instructions ou une révision, par exemple, peut mener à un processus de déduction logiquement valide (Evans, 2007). Ainsi, Evans réussit à démontrer que le cerveau ne serait tout simplement pas conçu pour raisonner de manière purement analytique, car ce qui gouverne principalement nos processus inférentiels ce sont des automatismes cognitifs inconscients, dont plusieurs mènent aux biais cognitifs.

Dans cette optique, le présent chapitre se propose donc d'expliquer pourquoi nous ne sommes pas d'aussi bons logiciens que le prétendait Piaget en explorant les raisons pour lesquelles le raisonnement humain, dans certains contextes, s'éloigne fréquemment de la norme rationnelle

établie. L'objectif est de comprendre comment l'esprit raisonne réellement afin d'analyser, dans les prochains chapitres, comment nous pouvons parvenir à inhiber les erreurs de raisonnement.

Pour ce faire, nous verrons premièrement qu'une bonne partie de nos erreurs de raisonnement sont la résultante d'heuristiques et de biais cognitifs dont le point d'appui semble être biologique : si nous commettons tous systématiquement des erreurs de raisonnement en certaines circonstances, c'est parce que l'organisation du cerveau humain serait composée de « structures » ou de « modules » qui conduisent l'humain à s'écarter des normes de la logique. Ces « structures » ou « modules » seraient regroupés sous un même système du traitement de l'information que Jonathan Evans et Daniel Kahneman nomment le « système 1 » (Evans, 2003 ; Kahneman, 2011). Il s'agirait, en fait, d'une rationalité « instrumentale » (Evans, 2003). Ce système serait opposé à ce que ces derniers nomment le « système 2 » (Evans, 2003 ; Kahneman, 2011), système de la pensée réflexive. Il s'agit, ici, de la rationalité « critique » (Evans, 2003). L'interaction entre ces deux systèmes forme ce que la psychologie cognitive nomme le processus dual du traitement de l'information.

Dans un second temps, nous verrons que la théorie des processus duaux du traitement de l'information s'inscrit dans une perspective évolutionniste du développement cognitif (Cosmides, 1989). Nous verrons notamment que certains des modules psychologiques qui composent le cerveau sont le fruit d'une adaptation aux problèmes que nos ancêtres hominidés ont rencontrés de manière récurrente dans leur environnement (Cosmides, 1989). Autrement dit, afin de garantir notre survie, au cours de l'évolution, nous avons codifié des mécanismes psychologiques qui nous permettent de traiter l'information et de résoudre certains problèmes de manière quasi automatique.

Cela nous permettra ensuite d'explorer les raisons pour lesquelles le cerveau n'est pas naturellement conçu pour raisonner comme une machine ou un ordinateur, c'est-à-dire de manière purement froide et analytique. Conséquemment, contrairement à ce que Piaget croyait, il est erroné de considérer que le cerveau fonctionne mal si nous ne raisonnons pas de manière conforme aux normes logiques : les biais ne sont pas normatifs, ils sont pragmatiques (système 1). En ce sens, nous verrons que leur inhibition doit passer par un effort conscient du système 2 : l'attention du raisonneur doit être redirigée à l'aide d'un signal externe (directives ou commentaires d'une personne ou d'une ressource extérieure) ou interne (entrevoir d'autres alternatives, prise de conscience d'une erreur, etc.).

Cela nous conduira, dans la dernière section de ce présent chapitre (voir section 2.4), à une critique du précédent constat ; critique qui servira d'amorce au troisième chapitre. Nous verrons qu'Evans et Kahneman croient effectivement que nous pouvons inhiber nos erreurs de raisonnement, mais que la réalisation de cette action est excessivement difficile à réaliser et qu'il est, par ailleurs, très difficile de supprimer les biais cognitifs que nous entretenons. En effet, ces derniers ont une vision bien pessimiste de la cognition humaine ; ils soutiennent que le système 1 s'éduque difficilement (Evans, 1989 ; Kahneman, 2011). Il serait assez ardu de faire disparaître les biais de raisonnement, car ils sont trop profondément ancrés dans l'esprit pour être inhibés (Evans, 1989).

Or, nous verrons qu'Olivier Houdé ne partage pas cet avis. À la suite de plusieurs expériences, Houdé et son équipe ont démontré qu'il est possible d'inhiber les erreurs produites par le système 1. Pour ce faire, ils ont postulé l'existence d'un système exécutif, le système 3, qui permet d'arbitrer les conflits entre les systèmes 1 et 2 (Houdé, 2014). Autrement dit, le système 3 jouerait un rôle modérateur en désactivant, dans certaines situations, le système 1 pour permettre l'inhibition des biais de raisonnement. Ce rôle modérateur permettrait donc au système 3 de débiaiser nos raisonnements et de rendre la prise de décisions plus rationnelle en faisant mobiliser le système adéquat pour la tâche demandée (Houdé, 2014). Vraisemblablement, Evans et Kahneman auraient peut-être bien tort de croire que nous sommes pratiquement condamnés à subir, malgré tous nos efforts pour développer nos capacités logiques (S2), notre système 1 et les biais qu'il engendre.

2.1. Système 1 et système 2

Selon Jonathan Evans (2007), les constats irrationalistes de la psychologie cognitive tendent à prouver deux phénomènes. Le premier est qu'en dépit de leur maturation cognitive et bien qu'ils puissent effectivement être influencés par la logique, les individus éprouvent de la difficulté à inhiber les procédures spontanées du système 1. Autrement dit, bien qu'ils puissent accorder une certaine attention à la structure logique des raisonnements, les raisonneurs focalisent principalement leur concentration sur le contenu sémantique et tendent à raisonner en fonction de leurs croyances et de leurs connaissances antérieures, ce qui peut créer des situations de conflits cognitifs (Evans, 2007).

Ensuite, le deuxième phénomène mis en évidence par Evans (2007) est le fait que les inférences sont inconsciemment biaisées par des facteurs contextuels ou par la vision personnelle du

raisonneur tels que ses connaissances antérieures, ses intérêts et ses motivations. Ce phénomène est ce qu'Evans désigne sous le terme de rationalité « instrumentale » (Evans & Elqyam, 2011) ou « personnelle » (Evans, 1996). Cette rationalité consiste à « penser, parler, raisonner, prendre une décision, ou agir d'une façon qui est généralement sûre et efficace pour atteindre ses propres buts » (Evans et Over, 1996). En ce sens, le raisonnement est, la plupart du temps, teinté par nos croyances, préférences et intérêts, nous faisant ignorer certains éléments contextuels importants ou nous faisant éviter tout sentiment d'erreur pouvant rectifier notre raisonnement. Ce faisant, les raisonneurs croient déployer un raisonnement rationnel valide, alors qu'en réalité, ils ne savent pas si leurs raisonnements possèdent effectivement des assises valides. Cette rationalité s'oppose à celle qu'il qualifie d'« épistémique » (Evans & Elqyam, 2011) ou d'« impersonnelle » et qui nous permet d'effectuer les mêmes actions en nous conformant, cette fois-ci, aux règles normatives de la logique (Evans et Over, 1996).

Selon Evans (2003), cette dichotomie entre nos capacités de raisonnement, c'est-à-dire entre la rationalité instrumentale et la rationalité épistémique, est explicable par une séparation entre deux types de systèmes du traitement de l'information qualitativement différents : le « système 1 » et le « système 2 ». Avant de détailler ces systèmes, il importe de souligner un point méthodologique important : si la théorie des processus duaux (tout comme le modèle tripartite abordé au chapitre suivant) s'appuie sur certaines données issues des neurosciences, elle ne présuppose toutefois pas l'existence anatomique clairement délimitée de ces systèmes dans le cerveau humain. Il s'agit principalement d'un modèle fonctionnel destiné à décrire et à expliquer différents modes de traitement cognitif, plutôt que de localiser avec précision des structures cérébrales spécifiques. Conséquemment, il ne faut pas présumer une adéquation entre un modèle psychologique et l'organisation neuroanatomique.

Le premier système (système 1) est celui des intuitions, des croyances spontanées et des connaissances antérieures. Ce système serait constitué de multiples processus différents souvent appelés « modules » ou « mécanismes ». Ces mécanismes seraient des adaptations cognitives, fruit de comportements répétés, qui se déclenchent automatiquement par des stimuli et dont nous n'avons pas — ou que très peu — le contrôle. Étant fondés sur la répétition de comportements qui ont été antérieurement perçus comme ayant une issue favorable ainsi que sur des traitements heuristiques, les processus qui composent le système 1 sont déployés en une fraction de seconde sans un réel effort cognitif de notre part. Dans cette perspective, sans nous en apercevoir, ces

modules œuvrent indépendamment à notre pensée consciente (système 2) en effectuant de nombreuses opérations de manière rapide, associative et représentationnelle (Evans, 2003).

En ce qui concerne nos habiletés de raisonnement, lors de la lecture d'un argument, d'une problématique ou autres, le système 1 est naturellement activé et nous fait inconsciemment prendre en considération nos comportements et croyances préalables pour générer des impressions et des sentiments qui seront les sources principales de nos convictions explicites et de nos choix délibérés (Kahneman, 2011). Autrement dit, les opérations de ce système sont automatiquement déclenchées lorsque ce dernier entre en contact avec un stimulus, ce qui engendre des enchaînements de sentiments, d'impressions et de croyances qui aboutissent à des convictions explicites et à des propositions d'actions. Étant soumis à des régulations intuitives, émotionnelles et contextuelles, le système 1 peut aussi bien mener à des résolutions valides (rationnelle selon Piaget) qu'à des résolutions biaisées (irrationnelle selon Piaget), car il réagit à des motivations pragmatiques.

En résumé, le système 1 de Kahneman (2011) est automatique (systématiquement déclenché devant un stimulus), rapide, écoénergétique (nécessite peu d'effort), inconscient (ne nécessite aucune sensation de contrôle) et intuitif (génère des enchaînements de croyances qui aboutissent à des convictions explicites qui contribuent à la prise de décision).

Pour sa part, le deuxième système (système 2) est celui qui nous permet de comprendre les réponses normatives par la pensée abstraite et hypothético-déductive, car il est le système de la logique et des raisonnements analytiques. En ce sens, les processus qui composent le système 2 reposent sur des raisonnements plus élaborés que ceux qui composent le système 1, car la construction de raisonnements hypothétiques et de simulations axées sur l'anticipation requiert, par exemple, une mobilisation consciente de règles logiques, de notre pensée abstraite ou de nos connaissances explicites, etc.

De ce fait, à l'inverse du système 1 qui est habituellement activé et déployé de manière automatique, le système 2 est potentiellement présent dans notre arrière-plan cognitif et doit consciemment être déployé pour être actif (Kahneman, 2011). Ce système nécessite donc un effort cognitif volontaire qui peut être très coûteux énergétiquement, ce qui rend ses processus lents et laborieux. En effet, œuvrant avec les jugements délibératifs, ce système doit être déclenché de manière contrôlée et sérielle, c'est-à-dire de manière linéaire et ordonnée, afin de permettre l'élaboration d'une analyse

minutieuse qui peut permettre la sélection des informations pertinentes au fondement d'un jugement valide (Cassoti, 2012). Il va donc sans dire que ce système n'est pas en mesure de traiter une grande quantité d'information, puisqu'il nécessite une grande mobilisation de notre mémoire de travail.

En ce qui concerne nos habiletés de raisonnement, ce système est déclenché lorsque nous devons consciemment prendre certains éléments en considération ou lorsque notre attention est délibérément portée sur des éléments donnés. Normalement, étant soumis à des régulations logiques ou probabilistes, le système 2 mène habituellement, mais pas toujours, à des résolutions valides.

En résumé, le système 2 de Kahneman (2011) est délibéré (déclenchement volontaire), lent (nécessite la mobilisation d'outils cognitifs à des fins d'évaluation), énergivore (nécessite beaucoup d'effort), conscient (nécessite une sensation de contrôle, une expérience subjective de l'action, du choix et de la concentration) et analytique.

Bien que ces deux systèmes soient distincts et déployés pour différents motifs, ils peuvent néanmoins œuvrer de concert. En effet, face à un problème (qu'il s'agisse de raisonnement, de prise de décision, de test d'hypothèses), le système 1 (S1) est automatiquement sollicité par le stimulus, traitant les informations reçues et proposant des suggestions, des modèles plausibles et pertinents, en réponse à la problématique rencontrée (Evans, 2003 ; Kahneman, 2011). Pour ce faire, le S1 prend en considération les caractéristiques de la problématique à résoudre, les objectifs de la personne qui résout la problématique ainsi que ses connaissances générales (Evans, 2003). Ces suggestions peuvent être de l'ordre des « impressions, des intuitions, des intentions et des sentiments » (Kahneman, 2011).

Puis, une fois que le S1 a généré l'ensemble des suggestions, le système 2 (S2) intervient pour les approuver (Evans, 2003 ; Kahneman, 2011). Si tout se passe bien, le S2 approuve les suggestions envoyées par le S1 avec peu ou pas de modifications, consolidant ainsi les impressions et les intuitions reçues en convictions qui motivent une action délibérée (Kahneman, 2011). En revanche, lorsque le S1 rencontre des difficultés, lorsqu'il est confronté à des problèmes qu'il ne peut résoudre, ou lorsque le S2 rejette les suggestions émises, le S2 est activé par le raisonneur pour

procéder à une analyse plus exhaustive et appropriée de la situation, dans le but de générer une résolution efficace (Evans, 2003 ; Kahneman, 2011).

Par exemple, dans l'équation mathématique « $2 + 2$ », c'est le S1 qui traite l'information et qui génère la réponse, parce qu'il s'agit d'un problème dont la solution a été internalisée. L'humain, par ses comportements passés, a si souvent traité ces nombres et cette addition que la réponse relève de l'automatisme. Or, dans le cas de l'équation « $26 \times 98 - 26/30$ ¹¹ », bien que le S1 traite l'information en premier, il ne parvient pas à élaborer une réponse optimale, parce que sa résolution, n'étant pas un schème codifié et automatisé, requiert la mobilisation consciente de nos pensées pour une analyse en profondeur de la situation, et donc, requiert la mobilisation de notre S2 (Evans, 2003 ; Kahneman, 2011). Autrement dit, dans la première équation « $2 + 2$ », le système analytique (le S2) n'est pas activé parce que la réponse est fondée sur un modèle construit par le système heuristique ; alors que dans la seconde équation « $26 \times 98 - 26/30$ », le système analytique (le S2) est activé parce que le premier système ne peut résoudre la tâche dans l'immédiat : l'évènement rompt avec la compréhension ou le modèle de monde qu'il a l'habitude d'opérer. Ce faisant, le système analytique doit remplacer le système heuristique en déployant un raisonnement formel, car ce dernier ne parvient pas à produire de réponse (Evans, 2003 ; Kahneman, 2011).

Ainsi, cet exemple démontre bien que le S2 n'entre en scène que lorsque certaines conditions sont réunies. Dans le cas précédent, l'évènement qui est survenu rompt avec la compréhension ou le modèle du monde que le S1 a l'habitude de traiter (Evans, 2003 ; Kahneman, 2011). Parmi les autres conditions d'activation possibles, Evans (2003) et Kahneman (2011) répertorient diverses conditions intrinsèques et extrinsèques qui obligerait le S2 à rediriger notre attention et à analyser le contenu de notre mémoire afin de trouver les procédures les mieux adaptées à la résolution du problème (Evans, 2003 ; Kahneman, 2011).

Pour ce qui est des facteurs intrinsèques, nous retrouvons notamment la motivation individuelle, l'effet de surprise et le sentiment de se tromper. Ces facteurs incitent le raisonneur à reconsidérer les éléments de la problématique et les examiner plus exhaustivement à l'aide de raisonnements analytiques. Ou bien, appuyé sur les études de Stanovich et West (1997 ; 2000), Evans (2003) croit que les raisonneurs ayant une haute intelligence générale (telle que quantifié par les facteurs

¹¹ Afin de ne pas vous laisser sur une insatisfaction, la réponse est : 2 547.13333333.

psychométriques classiques comme les tests de Q.I.) ont tendance à émettre davantage de réponses normatives et moins de biais de raisonnement, parce que leur habileté cognitive les amène à déjouer les pièges du S1. Ils sont donc moins facilement victimes de biais.

Puis, en ce qui a trait aux ressources externes, il y a, par exemple, les instructions particulières données par une tierce personne (consignes ou conseils) qui forcent le raisonneur à rediriger son attention sur les éléments pertinents à la résolution du problème. Ou bien, il y a également les contraintes temporelles. Selon Evans (2003), moins un raisonneur a de temps pour fournir une réponse, plus il s'appuiera sur ses intuitions (S1) pour résoudre le problème. Corollairement, plus un raisonneur peut prendre de temps avant d'émettre une réponse, plus il aura tendance à s'appuyer sur ses raisonnements analytiques pour une étude approfondie de la problématique (S2).

Il apparaît donc que l'essentiel de notre vie mentale (ce que nous sommes, ce que nous pensons) provient de notre S1 et que le S2 ne survient que lorsque les situations nous apparaissent compliquées ou lorsque les analyses finales du S1 sont désapprouvées par le S2, ce qui lui confère, dans une telle situation, le dernier mot (Kahneman, 2011). De ce fait, l'interaction entre le S1 et le S2, c'est-à-dire l'interaction entre les processus intuitifs/heuristiques et les processus analytiques/exécutifs, crée une dynamique efficace du traitement de l'information en ce qu'elle minimise les efforts conscients et optimise la performance (Kahneman, 2011). La majorité des informations que nous traitons tous les jours fait l'objet d'une procédure inconsciente (S1), ce qui laisse amplement d'énergie au cerveau pour résoudre des problèmes auxquels il n'a pas l'habitude d'être confronté en déployant une pensée soutenue et laborieuse (S2). Autrement dit, le S1 est très doué pour émettre des scénarios plausibles et justes des situations qu'il analyse ; ce faisant, le S2 n'a habituellement qu'à accepter ce qui lui est soumis comme scénarios. À l'inverse, si le S1 éprouve des difficultés ou ne parvient pas à fournir des scénarios appropriés, le S2 prend le relais en déclenchant une analyse laborieuse.

2.2. Une perspective évolutionniste des mécanismes du traitement de l'information

Même si Evans et Kahneman ne le revendiquent pas explicitement, nous pouvons inscrire la théorie des processus duaux du traitement de l'information dans une perspective psychologique évolutionniste, car les heuristiques seraient le produit biologique d'une série de transformations évolutives (Cosmides & Tooby, 1997). En effet, la psychologie évolutionniste est un courant de la

psychologie cognitive et de la psychologie culturelle, dont l'objectif est d'expliquer les mécanismes de la pensée humaine à partir de la théorie de l'évolution biologique (Cosmides & Tooby, 1997). Elle repose sur l'hypothèse selon laquelle le cerveau, tout comme les autres organes, est le résultat de l'évolution et constitue ainsi une adaptation à des contraintes environnementales précises auxquelles ont dû faire face nos ancêtres hominidés (Cosmides & Tooby, 1997). Autrement dit, plusieurs des mécanismes psychologiques qui nous permettent d'interagir avec notre environnement sont des adaptations façonnées par la sélection naturelle (Darwin, 1859) et sexuelle (Darwin, 1871). Ainsi, si nous voulons comprendre pourquoi le S1 raisonne comme il le fait et pourquoi il produit souvent des raisonnements erronés, nous devons comprendre ses fondations. Pour ce faire, nous devons nous appuyer sur la théorie de l'évolution de Darwin.

La théorie de l'évolution postule que ce sont les animaux les mieux adaptés à leur environnement qui survivent. En ce sens, l'évolution correspond aux variations générationnelles de « fréquences alléliques au sein d'une population » (Elimari & Lafargue, 2023), dont une partie d'entre elles aboutit à des transformations dans les caractères phénotypiques, donc à des changements morphologiques, physiologiques et comportementaux, qui influencent la façon dont un organisme vivant ou un groupe d'organismes vivants s'adapte à son milieu de vie (Elimari & Lafargue, 2023).

Ce qui régit ce processus d'adaptation est la sélection naturelle et sexuelle. Concrètement, pour une raison ou une autre (mutations génétiques, dérive génétique, flux génétique, etc.), il arrive qu'un organisme naisse avec une variation phénotypique qui favorise sa survie en permettant une gestion plus efficace des pressions et problèmes imposés par son milieu de vie (Elimari & Lafargue, 2023). Étant favorable à la survie de l'organisme, et donc à celle du groupe dont il fait partie, cette variation est considérée comme adaptative et sera transmise par hérédité biologique, comportementale ou environnementale (Elimari & Lafargue, 2023). Autrement dit, étant jugée plus adaptative au milieu de vie dans lequel le groupe se développe, la variation phénotypique sera transmise aux générations ultérieures par la voie de la génétique (sélection sexuelle), de l'éducation à la préférence pour cette variation et par la transformation ou la construction de niches écologiques (Elimari & Lafargue, 2023). Puis, la propagation de cette variation conduira à la spécialisation graduelle de cette dernière qui deviendra la norme phénotypique. En bref, pour optimiser les chances de survie d'un groupe d'organismes donné, la sélection naturelle et sexuelle opère un tri non aléatoire des variations aléatoires. Ce processus favorise la gestion des problèmes adaptatifs

liés au milieu de vie dans lequel le groupe se développe, permettant ainsi à ces adaptations de devenir progressivement la nouvelle norme phénotypique.

De manière analogique à ce qui précède, la psychologie évolutionniste soutient que le cerveau et les processus qui le composent sont eux aussi le produit de l'évolution (Cosmides & Tooby, 1997). Cette dernière a influencé nos fonctions cognitives et la structure de notre raisonnement en prédisposant l'humain à penser, à ressentir ou à agir d'une certaine manière en certaines circonstances. Plus précisément, à force d'adaptation aux problèmes que nos ancêtres ont rencontrés de manière récurrente dans leur environnement, la sélection naturelle aurait permis au cerveau humain de se façonner plusieurs sous-systèmes de traitement de l'information spécialisés qui se manifestent dans notre réaction aux différents contextes. En ce sens, la fonction de chacun des sous-systèmes est inhérente à leur raison d'être, donc au caractère adaptatif qu'ils ont endossé dans leur environnement (Cosmides & Tooby, 2006 ; Dawkins, 1995 ; Harnad, 1995 ; Tooby & Cosmides, 1992).

Cette conception de l'esprit humain est souvent exemplifiée à l'aide de la métaphore du couteau suisse (Tooby & Cosmides, 1992) : les adaptations de notre cerveau sont à l'image de chacun des outils que nous pouvons retrouver sur un couteau suisse, ils remplissent tous une fonction particulière. Par exemple, le « tire-bouchon » sert à tirer des bouchons de liège, l'« ouvre-boîte » sert à agripper et ouvrir plus facilement les couvercles, etc. En bref, tels que le formulent si bien Maner et Kenrick (2010) : « les adaptations sont des mécanismes psychologiques et comportementaux mis en œuvre par l'évolution qui remplissent des fonctions spécifiques ultimement reliées au succès reproducteur » (p.111).

Suivant ces principes (et ceux mentionnés dans la section précédente), le système 1 serait donc une sorte de cognition universelle, automatique et inconsciente, présente autant chez l'humain que chez les animaux puisqu'il regroupe tous les mécanismes psychologiques produits par la sélection naturelle en vue d'assurer la survie et la reproduction des espèces (Stanovich, 2004). Alors que le système 2, pour sa part, serait une architecture plutôt évoluée et composée d'un nombre restreint de mécanismes à usage général, c'est-à-dire de mécanismes dont l'usage est indépendant d'un quelconque contenu (Cosmides & Tooby, 1997). Il s'agit par exemple des facultés d'« apprentissage », d'« induction », d'« imitation », de « capacité de culture », d'« intelligence » ou de « rationalité » (Cosmides & Tooby, 1997). Ce groupe de mécanismes illustre ce que sont les

mécanismes généraux, car ils sont censés fonctionner de manière uniforme : quel que soit le contenu qu'ils traitent, ils vont opérer selon des principes constants, de manière standardisée sans égard à un contenu préexistant intégré à leur procédure (Cosmides & Tooby, 1997)¹².

Ainsi, l'esprit humain serait, du moins en partie, un assemblage de multiples mécanismes psychologiques qui fonctionnent comme des heuristiques qui sont assez optimales dans les environnements écologiques, mais qui produisent des sorties sous-optimales en certaines circonstances (Cosmides & Tooby, 1997 ; Gigerenzer, 1999). En effet, si cet assemblage fonctionne de manière satisfaisante la plupart du temps, c'est parce que le S1 est généralement compétent pour ce qu'il fait. Il réussit assez souvent dans ses prédictions à court terme, car il propose rapidement, sur la base de ses acquis évolutifs, des modèles de situations familières appropriés et justes (Cosmides & Tooby, 1997 ; Kahneman, 2011). Cela étant posé, cette compétence ne s'exerce pas sans défauts : lorsque le S1 est déployé au sein de contextes pour lesquels il n'a pas été évolutivement formé, il commet des erreurs systématiques (Cosmides & Tooby, 1997 ; Kahneman, 2011).

De ce fait, la psychologie évolutionniste émet l'hypothèse selon laquelle le raisonnement effectif se conforme naturellement aux lois de la logique classique lorsque nous sommes confrontés à un contexte inhérent aux fonctions du S1, soit des contextes où il est bénéfique pour la survie et la reproduction de l'espèce de raisonner de cette façon (Cosmides & Tooby, 1989, 1992, 1997). Ici, nous parlons notamment des situations inhérentes à l'application et au respect de normes, de règles ou de prescriptions sociales, car ces contextes procèdent d'un « contrat social » bien établi et bénéfique sur le plan évolutif. L'application des lois et des sanctions, préservant l'ordre établi dans la communauté, incite chacun à adopter un comportement particulier ou à réagir de manière particulière en certaines circonstances (Tooby & Cosmides, 1989, 1992, 1997).

Parallèlement, les résultats obtenus dans la tâche du barman de Griggs et Cox peuvent être expliqués en suggérant que les participants ont formulé des raisonnements logiquement valides, car la problématique mobilise les fonctions du S1. En effet, elle fait appel au mécanisme de détection des tricheurs, un mécanisme évolutivement conçu pour garantir la sécurité et la survie du

¹² Certains croient, comme Stanovich (2004), que les mécanismes généraux (domain-general) seraient uniquement présents chez l'humain, puisqu'ils seraient le résultat d'une évolution récente. Tous ne partagent pas cet avis ou plusieurs n'abordent pas spécifiquement la question de front.

groupe (Tooby & Cosmides, 1989, 1992, 1997). En effet, contrairement à la tâche de Wason qui n'implique pas de détecter la violation d'une règle sociale, la tâche de Griggs et Cox, par son contenu sémantique, visait directement une entente sociale permettant d'assurer l'efficacité du partage des ressources et le maintien de l'équilibre social. En ce sens, l'individu qui ne respecte pas la règle est une menace, puisqu'il pourrait bénéficier des avantages du groupe, sans se conformer aux règles établies, ce qui représente un danger potentiel pour la communauté. Ces tricheurs doivent donc être identifiés pour maintenir la sécurité et la pérennité de la communauté. En raison du mécanisme de la détection des tricheurs, le raisonnement effectif suit naturellement les règles de la logique classique, puisque le S1 utilise une stratégie cognitive qui nous permet de réagir de manière pertinente pour le contexte, c'est-à-dire de manière profitable sur le plan de la survie et de la reproduction.

Nous pouvons donc retenir de cette section que la psychologie évolutionniste tente d'expliquer la manière dont notre cerveau traite l'information par deux catégories de processus qui s'apparentent au système 1 et au système 2 d'Evans et de Kahneman : d'une part, il y a les processus spécifiques à chaque domaine en raison des problématiques rencontrées de manière récurrente dans l'environnement lors de l'évolution. Lorsque nous rencontrons des stimuli qui sont familiers avec leurs procédures standards, nous pouvons naturellement raisonner de manière conforme aux lois de la logique classique. Puis, d'autre part, il y a les processus généraux. Ces derniers sont dits « généraux » puisqu'aucun contenu ni aucune procédure ne leur sont préexistants. Lorsqu'ils opèrent sur des stimuli, ils le font toujours de manière décontextualisée, selon des principes immuables.

2.3. Intuition contre logique : les biais cognitifs

Si nous suivons les développements de la psychologie évolutionniste en tentant de l'appliquer aux théories d'Evans et de Kahneman, nous pouvons émettre l'hypothèse que les erreurs de raisonnement intuitives sont une défaillance de l'interaction entre les deux processus (heuristique et analytique). Tout d'abord, le système 1 est défaillant dans la mesure où il a généré une erreur. Ensuite, le système 2 est défaillant en ce qu'il est, en certaines circonstances, soit dans l'incapacité de reconnaître l'erreur produite par le système 1 et de la corriger, soit dans l'incapacité de trouver lui-même la réponse correcte, lorsque le système 1 ne parvient pas à résoudre le problème devant

lequel il est. Alors, bien que la relation entre ces deux processus soit une dynamique performante, elle n'est pas toujours optimale.

Cette sous-optimisation de rendement s'expliquerait par une tentative du cerveau d'appliquer des heuristiques qui ne sont plus adaptées à la réalité d'aujourd'hui (Cosmides & Tooby, 1997). En effet, la psychologie évolutionniste explique qu'une grande partie de l'évolution humaine a eu lieu au sein de circonstances qui n'existent plus réellement de nos jours (Cosmides & Tooby, 1997). Ce faisant, les pensées et les comportements qui nous caractérisent aujourd'hui ont été sélectionnés et maintenus comme adaptations bénéfiques pour un environnement qui n'existe plus, créant une sorte d'inadéquation (une sorte de « mismatch ») avec l'environnement moderne de l'espèce humaine (Cosmides & Tooby, 1997). Autrement dit, les mécanismes du système 1 ne sont pas adaptés pour vivre dans l'environnement technologique et urbain que nous connaissons aujourd'hui : nos crânes abritent, en quelque sorte, un esprit qui date de l'âge de pierre (Cosmides & Tooby, 1997).

Cela n'implique pas nécessairement que nos cerveaux soient primitifs et simples : bien au contraire. Cela implique seulement que nos comportements actuels sont le produit de mécanismes de traitement de l'information qui existent parce qu'ils ont résolu, dans le passé, des problèmes d'adaptation qui auraient pu nuire à notre reproduction et à notre survie (Cosmides & Tooby, 1997). Par exemple, notre cerveau est plus efficace pour craindre les serpents et détecter les tricheurs que pour craindre les prises électriques (même si elles constituent un plus grand danger que les serpents) ou pour résoudre les types de problèmes auxquels nous sommes quotidiennement confrontés dans une salle de classe ou en ville (Cosmides & Tooby, 1997). Ainsi, différentes adaptations traitent de manière privilégiée certaines informations, car les priorités vécues à l'époque où nous étions des chasseurs-cueilleurs ont façonné un cerveau plus performant pour résoudre certains problèmes plutôt que d'autres. Puis, comme ces mécanismes se sont développés sur des millions d'années, il faudra un certain temps pour que la sélection naturelle et sexuelle puisse en promouvoir de nouveaux en lien avec l'environnement dans lequel nous vivons actuellement (Cosmides & Tooby, 1997). Autrement dit, nos compétences cognitives évoluent plus lentement que les environnements dans lesquels nous essayons de survivre. Alors, d'ici à ce que notre cerveau s'adapte aux réalités d'aujourd'hui, ces anciens mécanismes continueront de teinter notre présent perceptif en se manifestant au travers de nos comportements et de nos raisonnements (Cosmides & Tooby, 1997).

En ces circonstances, nous pouvons constater que l'un des problèmes de ces mécanismes réside dans le fait que leur efficacité à résoudre des problèmes par le passé ne garantit pas nécessairement un comportement adaptatif dans le présent en raison des changements de contextes environnementaux. De surcroît, comme ces mécanismes ont été présélectionnés par le cerveau parce qu'ils optimisent le traitement de l'information concernant les aspects liés à notre reproduction et notre survie, ils sont automatiquement déployés en premier dès que nous sommes devant un stimulus. Dès lors, il est souvent très difficile d'éviter les erreurs de la pensée intuitive. Lorsque le système 1 perçoit un stimulus, il déclenche automatiquement une série d'associations reliant des idées « de circonstances, d'évènements, d'actions et de résultats qui se produisent avec une certaine régularité, soit simultanément, soit dans un intervalle relativement court », nous empêchant de le court-circuiter (Kahneman, 2011, p.82). Autrement dit, le système 1 ne peut pas être débranché ou arrêté parce qu'il est le premier à intervenir lorsque nous interagissons avec notre environnement. Puis, s'il ne rencontre aucun problème, sa rapidité d'action est telle que nous avons à peine pris conscience du nouveau stimulus, qu'un ou plusieurs modèles du monde ont déjà été générés et rendus disponibles au système 2 à des fins d'approbation ou de désapprobation (Kahneman, 2011).

Ainsi, même s'il est vrai que les mécanismes généraux du système 2 nous permettent de déjouer les « pièges » cognitifs auxquels le système 1 est soumis en nous permettant de comprendre les réponses normatives par la pensée abstraite et hypothético-déductive ; ce dernier n'est pas toujours en mesure de se rendre compte qu'il y a une erreur (Kahneman, 2011). En effet, le système 2 ne remarque pas toujours les erreurs du système 1, puisque ce dernier est généralement très doué pour ce qu'il fait, soit élaborer des scénarios du monde (Kahneman, 2011). Le système 1 est d'ailleurs si doué pour ce qu'il fait, qu'il enregistre l'aisance cognitive avec laquelle il traite les informations et va rendre présent au système 2 un scénario approximatif avec la même assurance qu'un scénario certain (Kahneman, 2011). De ce fait, le système 2 n'a aucun moyen simple pour distinguer une réponse compétente et valide d'une réponse heuristique invalide (Kahneman, 2011). Alors, étant lent, laborieux et coûteux à déployer, si aucun élément extérieur (consignes, conseils ou remarques d'une tierce personne, etc.) ou intérieur (sentiment de se tromper, doute et vérification, etc.) n'est présent pour nous contraindre à vérifier les scénarios présents à notre esprit, notre système 2 va tout simplement accepter les scénarios sans soupçonner une erreur quelconque (Kahneman, 2011).

Qui plus est, la rapidité et l'aisance avec lesquelles le système 1 envoie ses suggestions au système 2 ne sont pas la seule source de tromperie : il y a aussi la constante fréquence à laquelle le système 1 envoie des suggestions au système 2. Comme précédemment mentionné, nous ne pouvons pas empêcher le système 1 de recevoir et de traiter l'information. Ce faisant, il envoie sans arrêt des suggestions au système 2, ce qui rend ardue l'inhibition des erreurs, puisque ce dernier n'est pas conçu pour constamment être sur le qui-vive (Kahneman, 2011). Autrement dit, si le système 2 accepte généralement les suggestions du système 1, c'est parce qu'il ne peut pas toujours être aux aguets pour les repérer et les corriger (Kahneman, 2011). Cela exigerait une constante vigilance et demanderait que notre cerveau raisonne sur l'ensemble des stimuli qu'il reçoit, c'est-à-dire de raisonner consciemment et simultanément sur une multitude de données, d'hypothèses, de combinaisons probables ainsi que sur leurs potentielles conséquences : ce qui est impossible. Une telle habileté requiert une capacité mémorielle et une capacité énergétique que l'humain ne possède pas (Damasio, 2008). La mémoire de travail du cerveau ne peut travailler qu'avec plus ou moins 7 éléments en même temps (Miller, 1956). Puis, comme le souligne Kahneman,

Une constante remise en question de [nos] réflexions serait incroyablement pénible, et le Système 2 est beaucoup trop lent et inefficace pour pouvoir remplacer le Système 1 dans la prise de décisions de routine. (Kahneman, 2011, p.32)

Donc, en résumé, la psychologie cognitive (Evans, 1989 ; Kahneman, 2011) et la psychologie évolutionniste (Cosmides & Tooby, 1997) nous indiquent que certains de nos processus cognitifs sont dépendants de nos connaissances antérieures et de certains facteurs contextuels, ce qui influence l'attention que nous accordons aux caractéristiques des problèmes à résoudre et l'évaluation que nous en faisons (Evans, 2008). Conséquemment, une partie de nos erreurs de raisonnement survient avant toute tentative de traitement analytique, à un niveau préconscient et pragmatique, car elle procéderait des heuristiques. Autrement dit, par le fruit de l'évolution, nous avons encodé des mécanismes du traitement de l'information qui forment un système heuristique, le « système 1 ». Ce système contrôle automatiquement certains de nos raisonnements et de nos comportements en fournissant des réponses rapides qui peuvent ou non être inhibées et modifiées si un raisonnement analytique intervient de la part du système 2 (Evans, 2008 ; Kahneman, 2011). Or, ne pouvant pas être constamment sollicité et sur le qui-vive, les interventions du S2, donc les

interventions analytiques, ne peuvent pas déceler l'ensemble des erreurs produites par la pensée intuitive, provoquant une partie de nos erreurs de raisonnement (Evans, 2008 ; Kahneman, 2011).

À la lumière de ce qui précède, un constat bien pessimiste semble se dessiner : les erreurs de raisonnement, en certaines circonstances, seraient une fatalité. Fort heureusement, Evans et Kahneman ne vont pas aussi loin, mais leur point de vue demeure tout de même assez pessimiste. La correction des erreurs de raisonnement est possible, mais elle nécessite un effort colossal de notre part (Evans, 2008 ; Kahneman, 2011). Comme le S1 est le produit d'une longue évolution, il est alors difficilement éduicable. Nous ne pouvons pas intégralement modifier, en peu de temps, des mécanismes que l'évolution a mis des milliers d'années à créer (Cosmides & Tooby, 1997 ; Evans, 2008 ; Kahneman, 2011) ! En ce sens, au lieu de viser le S1, il serait préférable de viser le S2 en mettant en place des facilitateurs dans notre environnement ou en l'entraînant à repérer les erreurs de la pensée intuitive (Evans, 2008 ; Kahneman, 2011). Autrement dit, pour éviter d'adopter des comportements épistémiques fautifs, un signal autant extrinsèque qu'intrinsèque doit être émis pour rediriger le raisonnement vers les éléments importants de la résolution du problème (Evans, 2008 ; Kahneman, 2011).

En ce qui concerne les signaux extrinsèques, Evans (2008) et Kahneman (2011) font référence aux éléments externes à la personne et qui redirigent son attention sur les éléments pertinents à la résolution de la problématique. Il peut s'agir d'une consigne particulière ; du conseil, de la remarque ou de la demande d'une tierce personne, etc. En ce qui a trait aux signaux intrinsèques, Evans (2008) et Kahneman (2011) font référence à l'ensemble des stratégies déployées par le raisonneur lui-même pour rediriger son attention sur les éléments pertinents pour la résolution des problèmes. Ici, il s'agit notamment des stratégies que nous pouvons développer afin d'identifier les contextes propices aux erreurs de raisonnement, donc d'apprendre à détecter quand une erreur de raisonnement peut survenir, puis à activer le S2 pour la corriger (Evans, 2008 ; Kahneman, 2011). Autrement dit, nous pouvons également apprendre à identifier les enjeux qui nous sont les plus importants afin d'éviter de commettre de grosses erreurs dans ces sphères en particulier (Evans, 2008 ; Kahneman, 2011). Pour ce faire, il suffit de s'entraîner à prendre l'habitude de faire momentanément abstraction des scénarios générés par le S1 pour consciemment générer, à l'aide du S2, des scénarios alternatifs pour les confronter (Evans, 2008 ; Kahneman, 2011).

Ainsi, pour récapituler, l'un des seuls moyens de prévenir les erreurs de la pensée intuitive est de reconnaître les signes qui indiquent que nous nous retrouvons dans un contexte propice à ces erreurs, de ralentir et de déclencher la pensée analytique en renfort pour corriger l'erreur (Evans, 2008 ; Kahneman, 2011). Toutefois, comme il est extrêmement difficile de remettre en doute les suggestions du S1 ou de les apercevoir, reconnaître les contextes dans lesquels elles apparaissent est également une tâche très ardue. Comme le dit Kahneman (2011, p.473), « on ne peut espérer faire grand-chose sans y consacrer de formidables efforts [...] le Système 1 n'est pas facile à éduquer ». Ainsi, même s'il est possible d'inhiber ces erreurs, Evans (2008) et Kahneman (2011) font le constat que nous ne pourrions pas nous empêcher, en certaines circonstances, de faire des erreurs de raisonnement. Même si nous nous entraînons beaucoup, nous serons toujours confrontés à des situations où le S2 ne percevra pas les erreurs produites par le S1.

2.4. Critique de la théorie duale : guidage émotionnel dans la pensée

La section précédente s'est conclue sur le constat que la compétition entre la pensée intuitive et la pensée analytique (logique) pour donner la réponse est inégale, car le S1 en sort pratiquement toujours vainqueur. Il semble que les raisonneurs échouent à repérer et corriger les suggestions erronées du S1 en raison de l'aisance et de la puissance perceptive et cognitive des heuristiques automatiques, fruit de l'évolution (Cosmides & Tooby, 1997). Ce faisant, Evans (2008) et Kahneman (2011) font le constat que le S1 serait trop difficilement éduicable pour rendre l'inhibition de l'ensemble de nos biais de raisonnements possible. Evans, à ce moment convaincu de ce constat, remet même en question la pertinence des instructions logiques verbales pour supprimer les biais de raisonnement lors d'une résolution de problème : « il y a vraiment très peu de preuves montrant que les biais de raisonnement déductif peuvent être supprimés sous l'effet d'instructions verbales à propos des principes logiques sous-jacents » (Evans, 1989, p.116-117).

Dans une certaine mesure, la théorie d'Evans n'est pas fautive. Selon sa conception des processus duaux, il est difficile de passer du système S1 au système S2, car nous ne réalisons pas souvent que les suggestions qui lui sont soumises sont erronées. Cela suggère que les biais de raisonnement ne proviennent pas d'une incompétence logique, mais plutôt de l'absence d'un élément modérateur interne permettant l'arrêt du S1 au profit de l'activation du S2. Ceci peut être corroboré par la tâche de sélection de Griggs et Cox, car elle permet de démontrer que le raisonnement intuitif peut naturellement suivre les préceptes de la logique classique. En ce sens, le rappel d'instructions

logiques ne serait pas d'une grande utilité lors de la résolution de problèmes, car l'incapacité à inhiber la stratégie perceptive dominante ne provient pas d'un problème de logique mentale en soi. Ainsi, les individus peuvent très bien échouer une tâche de logique sans que leur compétence logique soit remise en cause, ce qui peut confirmer que le problème se situe dans notre incapacité (le S2) à inhiber une série de réponses automatiquement déclenchées par le S1.

Or, bien qu'il soit généralement admis qu'un bon nombre de biais de raisonnement soit le résultat d'une compétition interactive entre les systèmes 1 et 2, il n'est toutefois pas largement admis que ce soit en raison de l'absence d'un élément ou d'un système modérateur. En effet, Olivier Houdé ne partage pas cet avis. Plusieurs expériences au sein de son laboratoire ont tenté de montrer comment il est possible d'inhiber les erreurs produites par le S1 grâce à un système modérateur qu'il nomme le « système » 3 (S3).

À partir des années 2000, Houdé et son équipe mènent des expériences, à l'aide de l'imagerie par résonance magnétique (IRM), sur la variation et la sélection de stratégies de raisonnement sur des problèmes déductifs. Lors de ces expériences, ces derniers remarquent qu'il s'opère, au cours d'une même tâche, un changement brusque au niveau neuronal d'un raisonneur lorsqu'il passe quelques minutes, par variation-sélection, d'un mode perceptif facile du S1, à un mode logique difficile du S2 (Houdé, 2014). En effet, lorsqu'un raisonneur déclenche le S2 en inhibant les suggestions de la pensée intuitive, un basculement très prononcé s'opère dans les réseaux cérébraux, il y a une :

Distribution d'assemblées de neurones située à l'arrière du cerveau à une distribution située à l'avant, dans le cortex préfrontal [incluant] notamment une région paralimbique de l'hémisphère droit dédiée aux émotions et à la peur de l'erreur. (Houdé, 2014, p.83-84)

Ces observations permettent à Houdé d'émettre l'hypothèse que le contrôle modérateur assuré par le cortex préfrontal permet, s'il est bien entraîné, la flexibilité (le « shifting ») nécessaire pour passer d'un mode de raisonnement à un autre en stoppant le S1 et en activant le S2. Il y existerait donc un troisième système exécutif (S3), dont la fonction est de reconfigurer nos opérations mentales pour rendre possible l'inhibition du S1 (Houdé, 2019).

En ce sens, Houdé démontre que la théorie des processus duaux du traitement de l'information ne suffit pas pour comprendre les mécanismes du raisonnement. En cas de conflits cognitifs entre le

S1 et le S2, notre cerveau doit nécessairement détenir un mécanisme d'arbitrage, un contrôle inhibiteur, afin de permettre la flexibilité ou la plasticité essentielle à l'inhibition des biais de raisonnement (Houdé, 2019). Ce dernier ne doit pas être relié aux intuitions (S1), car elles sont, la plupart du temps, irrépressibles et sortent, de ce fait, presque toujours vainqueurs du conflit (Houdé, 2019). Puis, il ne doit pas être lié à la pure logique (S2) non plus, car elle s'enferme de manière récurrente dans des conflits (Houdé, 2019). Houdé postulera donc l'idée selon laquelle le système de résistance cognitif « S3 » est le cerveau cognitivo-émotionnel au sens où Damasio l'entend, c'est-à-dire : « une forme de guidage vers la raison et non une tendance émotionnelle et inconsciente trompeuse (ou biais de S1) qui lui serait par définition contraire » (Houdé, 2019, p. 173-174).

Ainsi, les émotions guideraient l'inhibition par l'intermédiaire du système limbique (Houdé, 2014 ; 2019). Elles nous permettraient, entre autres choses, d'anticiper les erreurs de raisonnement en envoyant des messages contrefactuels à valence négative telles que la peur, la gêne ou le regret. Alors, vraisemblablement, Evans et Kahneman auraient peut-être bien tort de croire que nous sommes pratiquement condamnés à subir, malgré tous nos efforts pour développer nos capacités logiques (S2), les biais qu'engendre le S1. Dans cette perspective, l'étude du système exécutif selon Houdé sera le sujet du prochain chapitre.

CHAPITRE 3

HOUDÉ ET LE SYSTÈME EXÉCUTIF (S3) : INHIBER POUR RAISONNER

Le chapitre précédent s'est conclu sur l'idée selon laquelle les biais de raisonnement seraient difficiles à inhiber en raison de l'interaction parfois conflictuelle entre nos deux systèmes de traitement de l'information, soit le système 1 et le système 2. Depuis la publication de ces résultats par Evans et Kahneman, plusieurs autres études plus récentes ont été menées pour tenter de peaufiner cette approche. C'est notamment le cas d'Oliver Houdé. Ce dernier croit que les précédents résultats sont un brin trop pessimistes en raison d'une vision partielle de nos processus cognitifs. En effet, Evans et Kahneman n'auraient pas pris en considération ou, du moins, n'auraient pas entrevu l'existence d'un troisième système, le système exécutif 3. En effet, les recherches menées par Houdé et son équipe, à l'aide de l'imagerie par résonance magnétique (IRM), ont permis d'observer l'existence d'un troisième système du traitement de l'information dont les principales fonctions sont modératrices et exécutives. Ce système serait susceptible d'arbitrer les rapports de compétition entre le S1 et le S2 en reconfigurant nos opérations mentales par le truchement des émotions (Houdé, 2014).

Plus précisément, Houdé parvient à démontrer que les raisonneurs qui réussissent à corriger une réponse biaisée en l'inhibant activent leur cortex préfrontal ventromédian (CPVM) de l'hémisphère droit ; un processus qui ne survient pas chez les raisonneurs qui échouent à inhiber une réponse biaisée (Houdé, 2021). Cette partie du cerveau est l'un des épïcètres des émotions contrefactuelles comme le doute, la curiosité et le regret. De ce fait, Houdé observe que les émotions peuvent être le déclencheur d'un système de résistance cognitivo-émotionnel en permettant au raisonneur d'emprunter un circuit réflexif du système limbique vers le cortex préfrontal, donc du « lobe des émotions » jusqu'au « lobe de la décision » (Houdé, 2021). Cet emprunt cognitif rend possible l'inhibition en ce qu'il permet l'arbitrage entre les intuitions irrépessibles du S1 et la logique pure du S2 (Houdé, 2014 ; Houdé, 2021).

Les recherches menées par Houdé tendent donc à démontrer, à l'instar des hypothèses postulées par la psychologie évolutionniste du précédent chapitre, que ce n'est pas la logique qui fait défaut chez le raisonneur. Les lois de la logique classique peuvent bel et bien être stockées en mémoire et correctement appliquées dans certains contextes pragmatiques. Il semble plutôt que les raisonneurs,

en certaines circonstances, ne sont tout simplement pas en mesure de court-circuiter le raisonnement fautif. Ce qui fait alors défaut chez les raisonneurs lors de telles situations est leur capacité préfrontale d'inhibition à court-circuiter la réponse automatiquement déclenchée par les parties plus impulsives de la mémoire et du cerveau (Houdé, 2019). En ce sens, la correction des erreurs de raisonnement nécessite l'apprentissage de la « vicariance cognitive », soit d'apprendre aux individus à emprunter des chemins cognitifs alternatifs, afin d'inhiber les processus du S1 (Houdé, 2019, p.186).

C'est dans cette optique que le présent chapitre aura pour objectif d'expliquer le rôle du système exécutif (S3) dans l'inhibition des biais de raisonnement. Nous verrons notamment qu'Houdé considère que les émotions guident l'inhibition par l'intermédiaire du système limbique et du cortex préfrontal (Houdé, 2014). Comme le verbalise si bien Randolph Martin Nesse, les émotions sont à l'image d'un programme particulier de l'esprit qui peut orchestrer des changements de pensées dans une situation donnée :

À plusieurs égards, les émotions procurent pour l'esprit ce que les programmes procurent pour l'ordinateur [...] Charger un programme change l'apparence de l'écran, les fonctions de certaines clefs, l'utilisation de certains processeurs et l'accès à certaines informations. De la même façon, une émotion peut changer l'expression du visage, la réponse à des stimulus particuliers, la tendance à utiliser un mode de pensée et la disponibilité de certains souvenirs. (Nesse, 1990, p.269)

Ainsi, nous verrons que les émotions peuvent générer et coordonner des réponses physiologiques, perceptuelles et cognitives alternatives permettant à chacun de répondre de manière appropriée aux stimuli présents dans son environnement.

3.1. Le rôle des émotions dans le raisonnement

Comme mentionné au premier chapitre, notre civilisation occidentale s'est construite autour de la croyance selon laquelle la cognition devait être rationnelle et indépendante de l'émotion. Toutefois, cette croyance, si fortement ancrée dans notre bagage cognitif collectif, fut l'objet d'une grande remise en question lorsqu'un débat très important se déroula sur le déclenchement et la différenciation de l'émotion (Sander & Scherer, 2019). D'un côté, Robert Zajonc défendait l'idée selon laquelle l'affect avait préséance sur la cognition, c'est-à-dire que les émotions seraient déclenchées avant la pensée devant un stimulus (Zajonc, 1980). Puis, de l'autre côté, Richard

Lazarus défendait la primauté de la cognition rationnelle sur l'affect, donc l'idée selon laquelle la pensée est déclenchée avant les émotions devant un stimulus (Lazarus, 1982). Ce débat sur l'indépendance et la préséance entre l'affectif et le cognitif eut un impact considérable sur les recherches concernant les niveaux de traitement dans l'émotion et plus particulièrement quant aux processus émotionnels automatiques (Sander & Scherer, 2019).

S'il est maintenant largement admis qu'émotions et cognition sont indissociables, un désaccord persiste, en lien direct avec le débat évoqué précédemment, concernant l'ordre de cette influence. Est-ce d'abord les émotions qui traitent l'information, suivies de la cognition, ou bien est-ce la pensée rationnelle qui traite l'information en premier, suivie des émotions ?

Jusqu'à tout récemment, le second postulat était largement endossé. Plusieurs, comme Lazarus par exemple, ont cru que la cognition primait sur les émotions, car les humains initieraient leur relation avec leur environnement par le système cognitif qui mobiliserait des processus perceptifs (Lazarus, 1991). Sommairement, les émotions seraient la résultante d'une évaluation cognitive du stimulus ou de l'évènement auquel l'individu est confronté. Cette évaluation dépendrait d'une combinaison, celle de notre motivation, de notre intérêt et de notre environnement, pour induire l'individualisation de la décision et les émotions qui y sont rattachées (Lazarus, 1991). Dans cette perspective, ce seraient nos pensées qui orienteraient notre état émotionnel, ce dernier n'étant alors que l'expression d'une préférence.

À l'inverse, depuis quelques décennies, plusieurs postulent, à l'instar de Robert Zajonc, le primat de l'affect sur la cognition en se basant sur l'idée de la préexistence ontogénétique et phylogénétique de l'émotion (Zajonc, 1980), c'est notamment le cas de la psychologie évolutionniste. Les tenants de cette croyance soutiennent qu'un constat peut se dégager de l'analyse de l'évolution du cerveau à travers le temps : celui selon lequel ce serait d'abord le cerveau reptilien (celui de l'instinct de survie et de conservation), suivi du système limbique et du néocortex qui se développeraient chez l'humain, impliquant que ce sont les émotions qui entrent d'emblée en contact avec l'environnement pour garantir la survie de l'organisme (Potvin, 2017). Ce faisant, à la rencontre d'un stimulus, le système limbique et le tronc cérébral s'activeraient avant que toute activité corticale (activation cognitive) ne puisse avoir modulé de réactions (Potvin, 2017). En ce sens, les émotions sembleraient activer des réactions qui précèdent la conscience cognitive.

Ce dernier constat concorderait plutôt bien avec la dynamique interactionnelle qui se produit entre le système 1 et le système 2. Le S1, comprenant souvent une composante émotionnelle, déclenche une série d'associations d'idées avant même que nous en ayons conscience et avant même, parfois, de prendre conscience de nos émotions (sentiment d'erreurs, crainte, confiance, etc.). En ce sens, les émotions nous aideraient à traiter l'information de manière inconsciente et rendraient présentes à notre esprit, dans le S2, uniquement les informations qui semblent les plus pertinentes pour répondre à la situation devant laquelle nous sommes. De plus, comme mentionné dans le chapitre précédent, le S1 est généralement si doué pour ce qu'il fait, que le S2 n'est pas activé et ne se rend pas toujours compte des erreurs commises par le S1.

Ce processus concorderait également avec l'idée selon laquelle ce n'est pas la logique qui fait défaut chez les raisonneurs lorsqu'ils se trompent, mais bien l'incapacité à inhiber le raisonnement logiquement invalide. En effet, lorsqu'un individu perçoit un stimulus dans son environnement, le S1 se déclenche automatiquement et entreprend une analyse de sélection qui anticipe l'interaction avec l'environnement. De cette analyse, deux cas de figure deviennent possibles ; soit il y a résonance entre l'état interne du S1 et l'état externe, soit il n'y en a pas. Dans le premier cas, lorsqu'il y a résonance, une mise en mémoire en résultera (Houdé, 2019). Dans le second cas, en l'absence de résonance due à la valeur adaptative des assemblées de neurones générées, il n'y a pas de mise en mémoire (Houdé, 2019). Ce faisant, il semblerait que le raisonneur choisisse, au cas par cas, entre des stratégies de raisonnement heuristique ou logique en mémoire de travail, démontrant que ce n'est pas la logique qui fait défaut, mais plutôt l'inhibition de la stratégie inappropriée (Houdé, 2019).

En d'autres termes, lorsque le processus d'exécution en S1 est déclenché par le raisonneur, un inventaire des possibilités et de leurs conséquences potentielles est inconsciemment effectué. Lorsque cet inventaire est terminé, l'ensemble des scénarios qui font écho avec l'information encodée dans la mémoire et qui ont, jusqu'alors, plutôt bien marché deviennent présents à l'esprit du raisonneur. Ce faisant, lorsqu'un raisonneur n'a aucune raison de suspecter une erreur, il endosse l'information donnée et n'active pas le système 2. A contrario, s'il n'y a pas de résonance avec l'information encodée dans la mémoire, le raisonneur déclenche le S2 qui prend alors le relais dans l'analyse de la situation. En ce sens, le raisonneur qui emprunte des heuristiques biaisées n'est pas nécessairement incompetent en logique ; il ne s'est tout simplement pas rendu compte de

l'association erronée ou de la sélection inappropriée effectuée en S1. De ce fait, il est dans l'incapacité d'inhiber le raisonnement fautif.

Considérant ces derniers points, il semblerait donc que les émotions (le S1 étant très souvent chargé d'émotions) puissent activer, dans la mémoire, des contenus (pensées, croyances, souvenirs, automatismes) qui sont en lien avec le stimulus déclencheur et qui servent de base pour les jugements. Comme l'ont si bien dit Nesse et Ellsworth dans leur ouvrage *Evolution, Emotions, and Emotional Disorders* (Évolution, émotions et troubles émotionnels) :

Les émotions sont des modes de fonctionnement, formés par la sélection naturelle, qui coordonnent les réponses physiologiques, cognitives, motivationnelles, comportementales et subjectives sous forme de patterns/schémas qui accroissent la capacité à répondre aux enjeux adaptatifs des situations qui sont apparues au cours de l'évolution. (Nesse & Ellsworth, 2009, p.129)

Ainsi, si nous nous appuyons sur les postulats de la psychologie évolutionniste évoqués dans le chapitre précédent et dans celui-ci, il est raisonnable de penser en termes darwiniens et d'émettre l'hypothèse que l'évolution (phylogénèse) aurait modulé un cerveau qui doit ressentir certaines émotions pour inhiber les comportements inadaptés. Ceci inclut également les cas où il s'agit de raisonnement logique (Houdé, 2019). Le cerveau humain, n'étant pas un ordinateur pouvant encoder, analyser et calculer d'innombrables données, doit se faire aider par les émotions pour sélectionner les informations appropriées et inhiber les informations inappropriées.

Pour illustrer cette hypothèse, nous pouvons nous appuyer sur l'expérience de la conservation des quantités discrètes de Piaget et de sa reprise, dans les années 1960, par Jacques Mehler. Pour le rappeler sommairement, la tâche de la conservation des quantités sert à mesurer la capacité d'un enfant à comprendre que deux quantités égales demeurent identiques malgré une transformation apparente de la longueur (bien évidemment, rien ne doit être enlevé ni ajouté aux deux quantités) (Piaget, J. & Szeminska, A., 1941). Selon les résultats de Piaget, les enfants de 5 ans, parce qu'ils n'ont pas pleinement acquis le concept du nombre, ne parviennent pas à comprendre que les deux lignes contiennent le même nombre de jetons même si l'une d'entre elles est plus longue. Ils commettent donc ce que nous appelons le biais perceptif de « longueur égal nombre ».

Or, Mehler, dans les années 1960, parvient à démontrer l'inverse : la tâche de la conservation des quantités peut être réussie par des enfants de deux ans. En effet, Mehler et Bever (1967) ont repris l'expérience de Piaget à l'exception près qu'ils ont remplacé les jetons par des bonbons et qu'une rangée contient plus de bonbons que la seconde. Les enfants ont l'objectif de manger le plus de bonbons possible en choisissant la bonne rangée (celle qui en contient le plus). Les expérimentateurs en sont venus à la conclusion que les enfants choisissent, la plupart du temps, la rangée qui contient le plus de bonbons au détriment de celle qui en possède le moins, même si elle est plus longue, prouvant ainsi que des enfants de deux ans peuvent inhiber le biais perceptif « longueur égal nombre » (Mehler & Bever, 1967). Puisque l'expérience consiste à manger le plus de bonbons possible, Mehler et Bever émettent l'hypothèse que les enfants se transforment en bons mathématiciens par émotions et gourmandise, car l'inhibition du biais de raisonnement serait motivée par la crainte d'une conséquence négative, soit de manger moins de bonbons (Mehler & Bever, 1967).

Cette expérience démontre donc que les émotions peuvent contribuer à inhiber des raisonnements erronés. En effet, dans un contexte de laboratoire, devant des jetons, les enfants sont plus ou moins neutres émotionnellement, puisqu'il n'y a aucun gros enjeu relié au fait de fournir une bonne ou une mauvaise réponse. Ce faisant, dans ce contexte dit plus « froid » les enfants ne parviennent pas à inhiber le biais de raisonnement, parce que le risque de se tromper n'éveille aucun enjeu ni aucune émotion. Ils n'ont aucune réelle motivation à arrêter le système 1 au profit du système 2. A contrario, dans le deuxième scénario, il y a un bénéfice à donner une bonne réponse et il y a un coût à donner une mauvaise réponse, soit le fait de manger plus de bonbons (positif) ou moins de bonbons (négatif). Ce faisant, le risque de se tromper constitue un enjeu pour les enfants et génère, chez eux, les émotions nécessaires pour éveiller une vigilance cognitive, les faisant ainsi passer du S1 au S2 pour éviter le biais perceptif « longueur égal nombre ».

En fin de compte, il serait raisonnable de penser que la forme optimale de l'adaptation biologique ne serait pas logique, comme le pensait Piaget, mais émotionnelle. Le cerveau humain ne serait pas conçu, à l'instar d'un ordinateur, pour traiter l'information de manière froide et logique. Il serait plutôt chaud et dynamique dans la mesure où l'apprentissage à inhiber un biais serait émotionnel.

3.2. Émotions et anticipation du regret comme activateur du système 3

La section précédente s'est conclue sur l'idée selon laquelle les émotions ont un rôle à jouer dans le raisonnement et qu'elles peuvent, en certaines circonstances, nous aider à éveiller notre prudence épistémique en désactivant le système 1 au profit du système 2. En ce sens, contrairement aux croyances qui ont longtemps prévalu dans les traditions rationalistes, les émotions seraient souvent cognitivement utiles, car elles constituent des phénomènes psycho-physiologiques qui nous indiquent notre position dans l'environnement et qui nous incitent à l'action en nous orientant vers certains objets, certaines personnes ou certaines idées plutôt que d'autres (Levenson, 1999). Les émotions seraient donc souvent des modes de traitement de l'information qui activent dans la mémoire des matériaux cognitifs reliés à la situation que nous vivons et qui serviraient de base à nos jugements (Levenson, 1999).

Cette idée se retrouve aussi chez Olivier Houdé. Afin de vérifier les nouvelles interprétations faites sur l'expérience de la conservation de la quantité, Houdé met en place une adaptation informatisée de cette expérience. Dans cette adaptation informatisée, la chronométrie mentale, un ordinateur qui enregistre le temps de réaction en millisecondes, est utilisée afin de mettre à l'épreuve le rôle de l'inhibition chez les enfants qui réussissent la tâche (Houdé, 2019). Le but de l'expérience est d'amener les enfants à activer la stratégie heuristique « longueur égal nombre », après l'avoir inhibée lors d'une expérience précédente (Houdé, 2019). Plus précisément, les enfants doivent premièrement effectuer une tâche qui leur demande, par raisonnement hypothético-déductif, d'inhiber la stratégie « longueur égal nombre ». Ensuite, ils doivent résoudre une tâche dans laquelle la longueur et le nombre covarient (la plus longue des deux rangées de jetons contient effectivement plus de jetons).

Les résultats obtenus par Houdé indiquent que les enfants prennent davantage de temps pour résoudre la tâche (environ 150 millisecondes de plus) par rapport à la situation contrôle où la première tâche piagétienne n'est pas effectuée (Houdé, 2019). Selon Houdé, cet écart est significatif dans la mesure où il indique que le temps supplémentaire a été employé par le raisonneur pour arrêter et inhiber la stratégie heuristique « longueur égal nombre » afin de redécrire en termes nouveaux la réponse finale (Houdé, 2019). Cela concorderait également avec l'idée qu'il y aurait une compétition entre plusieurs stratégies cognitives au moment du traitement de l'information et que l'utilisation d'une heuristique témoigne de l'incapacité à inhiber le biais

perceptif plutôt que d'un manquement de la capacité de l'enfant à comprendre la logique sous-jacente au problème (Houdé, 2019).

Pour démontrer cette idée, Houdé et son équipe ont mis à l'épreuve l'efficacité de différentes conditions d'apprentissage lors d'études expérimentales en psychologie portant sur les biais cognitifs (Houdé, 2019). Ils ont d'abord enseigné l'inhibition de la stratégie biaisée (émettre des alertes exécutives verbales concernant le risque d'erreur ou la nature du piège perceptif à éviter). Ils ont ensuite opté pour l'enseignement de l'explication logique (des instructions verbales concernant les règles logiques en utilisant des tables de vérité). Puis, finalement, ils ont instauré l'apprentissage par le conditionnement où ils faisaient répéter la tâche à l'apprenant (ce type d'apprentissage visait à mesurer les effets de la pratique répétée d'un même type d'exercice).

Après maintes expériences, il s'avère que seul l'apprentissage de l'inhibition est efficace, avec un taux de réussite significativement accru par rapport aux deux autres types d'apprentissages dont le taux d'erreurs est demeuré comparable au taux initial (Houdé, 2019). Cela indique que c'est bel et bien la capacité inhibitoire, donc le mécanisme exécutif de blocage du système 3, qui faisait défaut lors de la résolution de ces problèmes et non pas la logique ou la pratique (Houdé, 2019). Plusieurs stratégies se télescopent entre elles, le système 1 échoue à envoyer la bonne réponse au système 2 ; puis ce dernier échoue à déceler l'erreur de raisonnement en raison de l'habituelle efficacité du système 1.

En ce sens, selon Houdé, le problème avec la tâche piagétienne est que Piaget choisissait délibérément des tâches pour tester la résistance de la rationalité des enfants (Houdé, 2019). Or, « résister, c'est inhiber et l'inhibition ce n'est en soi ni de la permanence de l'objet, ni du nombre, ni de la catégorisation logique » (Houdé, 2019, p.295). La capacité d'inhibition relève plutôt d'une fonction exécutive du cerveau. Plus précisément, l'inhibition est une fonction du cortex préfrontal qui permet de contrôler l'exécution des conduites et de la prise de décision stratégique (Houdé, 2019). Ce qu'Houdé corrobore d'ailleurs par le moyen de l'imagerie cérébrale. En effet, lors de ses expériences sur la conservation des quantités discrètes, Houdé parvient à démontrer par l'entremise de l'imagerie cérébrale que les enfants ont dû, pour réussir la tâche, activer la région préfrontale de leur cerveau, région liée à l'inhibition (Houdé, 2019). Les résultats de ces versions de l'expérience de la conservation des quantités démontrent, à l'inverse de l'expérience d'origine, une forte corrélation entre les émotions (dans ce cas, la peur d'avoir moins de bonbons et la gourmandise) et

l'inhibition. L'activation du système exécutif inhibiteur est la résultante d'un apprentissage dit « chaud » (donc émotionnel), plutôt que « froid » (logique ou pratique).

Plus exhaustivement, l'imagerie cérébrale permet, à l'aide d'un ordinateur, d'effectuer une reconstruction tridimensionnelle de l'activité des neurones dans le cerveau (Houdé, 2019). Dans le cas présent, la pertinence de cette technologie est d'observer ce qui se passe dans le cerveau d'un individu avant et après l'apprentissage de l'inhibition de la stratégie perceptive. Conséquemment, les participants sont introduits deux fois dans la caméra d'imagerie cérébrale : une fois avant l'apprentissage et une fois après l'apprentissage. Les résultats obtenus durant ces évaluations ont démontré qu'il s'opère, dans le cerveau de l'individu qui parvient à inhiber un mauvais raisonnement, une vicariance des réseaux cérébraux de la partie postérieure du cerveau à sa partie antérieure, donc préfrontale (Houdé, 2019). Autrement dit, il y a une nette reconfiguration des réseaux cérébraux, un « shifting », du système 1 vers le système 2, reconfiguration qui n'a pas lieu lors d'un apprentissage plus « froid », donc par la logique ou la pratique.

La différenciation de l'impact neuronal entre un apprentissage chaud (mise en garde verbale contre les pièges perceptifs et les erreurs possibles) et un apprentissage froid (apprentissage logique ou apprentissage répétitif) indique que l'activation cérébrale la plus importante pour la mise en fonction du système exécutif inhibiteur (système 3) est le cortex préfrontal ventromédian (CPVM) droit (Houdé, 2019). Cette région du cerveau, très connectée avec le système limbique, est étroitement impliquée dans les relations entre émotion et raisonnement, soit entre le sentiment de soi-même (la conscience de s'être trompé, le doute, la peur, etc.) et le déploiement d'un raisonnement analytique. Les données récoltées indiquent également que cette région du cerveau, le cortex préfrontal ventromédian droit, est activée chez les raisonneurs qui accèdent finalement à la logique (système 2) après l'apprentissage de l'inhibition de la stratégie perceptive biaisée (à la suite de la correction de l'erreur produit par le système 1) ; alors qu'elle n'est pas activée chez ceux et celles qui échouent à y accéder, c'est-à-dire chez ceux et celles qui persistent dans l'erreur après un apprentissage froid (Houdé, 2019).

Il s'avère ainsi, à l'inverse de ce que soutenait Piaget, qu'il n'est pas suffisant d'avoir atteint le stade des opérations formelles pour être logique, donc « préfrontal » (Houdé, 2019). Même si la logique est une forme d'adaptation biologique, force est d'admettre que le cerveau est dynamique et qu'un cerveau en action est un cerveau qui déploie simultanément plusieurs stratégies de

raisonnement qui entrent en compétition et qui nécessite l'aide des émotions réflexives (émotions qui déclenchent la conscience de soi comme la peur et le doute, par exemple) pour déclencher l'inhibition cognitive, donc les fonctions exécutives du cerveau (Houdé, 2019).

3.3. Le rôle des émotions dans le déclenchement des fonctions exécutives (FE)

La section précédente s'est conclue sur l'idée selon laquelle l'inhibition cognitive est la capacité d'arrêter les réponses automatiques du système 1 au profit de réponses plus appropriées du système 2. Nous avons également constaté qu'Houdé soutient que les émotions, et plus particulièrement les émotions négatives en lien avec le sentiment de soi comme la peur de se tromper, le doute, etc., jouent un rôle crucial dans le processus d'inhibition, car elles seraient suffisantes pour mobiliser les mécanismes inhibitoires d'un troisième système cognitif, soit le système 3 (système exécutif inhibitoire). En d'autres termes, les émotions, et plus particulièrement les émotions à valence négative, qu'un raisonneur ressent devant une erreur potentielle sont suffisantes pour déclencher le moteur de l'inhibition cognitive (S3), incitant ainsi ce dernier à arrêter le S1 au profit du S2 pour remettre en question ses préconceptions et ajuster son raisonnement.

Nous pouvons donc constater que la contribution apportée par Olivier Houdé et son équipe, contrairement aux idées véhiculées jusqu'à récemment, reconnaît l'importance des émotions dans la régulation des processus cognitifs dans la mesure où elles permettent la prise de conscience des erreurs, et donc, l'autorégulation cognitive. Autrement dit, l'inhibition des erreurs pourrait être perçue comme une réaction adaptative du cerveau qui favorise l'autorégulation par un apprentissage « chaud » (émotionnel), car les émotions jouent un rôle crucial dans le déclenchement de plusieurs fonctions exécutives du cerveau. Conséquemment, la présente section aura pour tâche d'expliquer ce que sont les fonctions exécutives (FE) du cerveau et la manière dont elles peuvent être activées par les émotions pour inhiber une erreur de raisonnement.

Tout d'abord, les FE du cerveau regroupent l'ensemble des processus mentaux qui permettent à un individu de réguler ses comportements, ses émotions, ses pensées et ses fonctions cognitives (Brun 2022 ; Ladouceur, 2016). En bref, elles regroupent l'ensemble des habiletés cognitives qui permettent le contrôle mental et l'autorégulation nécessaire à un individu pour qu'il puisse s'adapter aux nouvelles situations dans son environnement ainsi qu'à ses variations (Brun 2022 ;

Ladouceur, 2016). Les FE sont considérées comme multidimensionnelles dans la mesure où elles s'articulent autour de trois axes principaux qui génèrent, à leur tour, diverses capacités cognitives. Parmi les FE principales, nous retrouvons notamment la mémoire de travail, le contrôle inhibiteur et la flexibilité cognitive (Baggetta et Alexander, 2016). Puis, parmi les fonctions cognitives qu'elles génèrent, nous retrouvons notamment, la planification, l'organisation, la régulation du comportement, la prise de décision, la flexibilité cognitive. Ensemble, ces fonctions permettent à une personne de diriger et de contrôler ses propres actions pour atteindre des objectifs spécifiques (Baggetta et Alexander, 2016).

Examinons de plus près chacune de ces fonctions exécutives. Premièrement, la mémoire de travail est une FE du cerveau qui possède la capacité de maintenir et de manipuler temporairement une quantité limitée d'informations dans un état accessible, et ce, malgré le déroulement simultané de plusieurs autres opérations mentales (Cowan, 2017). Conséquemment, la mémoire de travail joue un rôle essentiel et nécessaire dans notre capacité de raisonnement et de résolution de problèmes, car ces habiletés requièrent la rétention et la transformation d'une certaine quantité d'informations, le tout, pendant que leurs relations sont, par exemple, analysées, comparées, organisées, réorganisées ou testées (Cowan, 2017). Autrement dit, la mémoire de travail joue un rôle essentiel dans le traitement actif de l'information dans la mesure où les tâches de raisonnement demandent de construire des représentations dans lesquelles les éléments sont manipulés et organisés d'une nouvelle manière. En ce sens, la mémoire de travail permet la régulation du comportement humain, car elle fournit l'espace mental nécessaire pour stocker, analyser, trier, planifier et organiser l'information afin de créer des plans d'action, de résoudre des problèmes et d'atteindre les objectifs fixés.

Deuxièmement, le contrôle inhibiteur est la FE du cerveau qui permet d'arrêter et d'annuler nos propres pulsions et automatismes devant un stimulus afin de privilégier une approche plus réfléchie, analytique et adaptée à la situation devant laquelle nous nous retrouvons (Wyss, 2022). Le contrôle inhibiteur permet donc de réguler le comportement par rapport à un objectif précis en nous empêchant d'être constamment sous le joug de stimuli internes ou externes (Wyss, 2022). Par exemple, la FE de l'inhibition donne à chacun la capacité de changer son comportement pour agir de manière réfléchie ; d'avoir la vivacité d'esprit requise pour suspendre son jugement à des fins d'évaluation avant de fournir une réponse ; de rester concentré malgré les diverses et multiples distractions dans l'environnement ; de résister à la tentation d'effectuer certaines actions

inappropriées, etc. (Diamond, 2013). En bref, cette FE joue un rôle crucial dans le traitement de l'information en ce qu'elle permet d'interrompre les stratégies cognitives heuristiques produites par le système 1 au profit des stratégies cognitives algorithmiques du système 2, donc de réguler le comportement, la prise de décision et la flexibilité cognitive.

Troisièmement, la flexibilité cognitive est la FE du cerveau qui renvoie à l'habileté d'une personne à pouvoir changer de stratégies mentales, donc de perspective, selon les conditions exigées par la situation devant laquelle elle se trouve (Wyss, 2022). Autrement dit, la flexibilité cognitive nous permet de passer, de manière fluide et adaptée, d'un mode de pensée à un autre grâce à notre capacité à imaginer une situation sous un angle différent (Wyss, 2022). Cette capacité englobe donc plusieurs autres, telles que la capacité à tolérer l'ambiguïté (gérer des situations ambiguës ou complexes sans rigidité cognitive), à changer de perspective (voir une situation sous différents angles), à s'adapter aux nouvelles informations (intégrer de nouvelles informations dans la mémoire de travail et les utiliser pour ajuster nos raisonnements) ainsi qu'à changer de stratégies (Wyss, 2022). En bref, la flexibilité cognitive est essentielle à la résolution de problèmes, car elle nous permet d'envisager de nouvelles stratégies après avoir reconnu que l'erreur peut créer de nouvelles opportunités et d'ajuster nos comportements en fonction des changements de demandes ou de priorités exigées par le nouveau contexte (Diamond, 2013).

Bien que la mémoire de travail, le contrôle inhibiteur et la flexibilité cognitive soient des fonctions distinctes, elles peuvent toutefois œuvrer de manière interconnectée. C'est justement cette interconnexion qui nous permet, entre autres choses, de résoudre efficacement des problèmes. Tout d'abord, la mémoire de travail offre l'espace de stockage mémoriel nécessaire afin de maintenir présent à notre esprit les informations nécessaires à la résolution de la tâche demandée, comme les informations pertinentes, les données initiales, les étapes à suivre, par exemple. Ce qui nous permet, de ce fait, de manipuler ces informations, de les analyser, de les réorganiser, etc. Puis, simultanément, le contrôle inhibiteur intervient pour nous permettre de demeurer concentrés sur la tâche à effectuer en réprimant les multiples distractions internes et externes qui peuvent surgir dans l'environnement. Ce dernier va également nous permettre de nous focaliser sur les aspects cruciaux de la tâche demandée en supprimant les informations et les réponses qui ne sont pas pertinentes à sa résolution. Finalement, toujours de concert, la flexibilité cognitive intervient en nous permettant d'imaginer diverses stratégies au regard des variations perçues (changement de contexte, doute, erreurs) et d'ajuster nos raisonnements afin d'élaborer une alternative pertinente et valide.

À la lumière de ce qui est décrit ci-dessus, lorsque nous avons une bonne compréhension des FE du cerveau et de leurs interactions, nous pouvons mieux comprendre pourquoi Evans et Kahneman croient qu'il est difficile de corriger nos biais cognitifs (passer du système 1 au système 2). Même si le raisonneur reçoit des instructions verbales concernant les règles logiques à suivre pour résoudre la tâche demandée, lors de l'analyse des informations en mémoire de travail, le système 1 obtient une résonance avec des informations plus profondément ancrées en nous (informations issues de la mémoire à long terme ou, selon la psychologie évolutionniste, encodées dans la mémoire adaptative, fruit de l'évolution). Conséquemment, le raisonneur ne déclenche pas les autres FE faisant partie du système 3 (le contrôle inhibiteur et la flexibilité cognitive), parce que le système 2 n'a aucune raison de douter de la résonance établie par le système 1, étant généralement très doué pour ce qu'il fait.

Or, il s'agit justement là de la critique développée par Olivier Houdé : les fonctions exécutives peuvent certes être déclenchées dans un contexte froid, donc dans un contexte logique, par des instructions verbales concernant les règles logiques. Toutefois, ces instructions ne sont pas toujours suffisantes pour susciter un changement de perspectives et une rétroaction du raisonneur, car la tâche demeure sensiblement identique à la tâche initiale. Autrement dit, la vicariance, le « shifting », du système 1 au profit du système 2 ne s'effectue pas, car le contexte, malgré les instructions verbales, ne change pas suffisamment pour motiver un changement de perspective chez le raisonneur. D'où l'importance de recourir aux émotions pour rendre compte de la régulation des comportements. Les émotions positives ont, par exemple, la capacité de susciter l'intérêt et la motivation nécessaire au remaniement des informations et à l'inhibition des mauvaises réponses afin de favoriser la récolte des bénéfices que peuvent apporter la résolution d'une tâche. Puis, les émotions négatives ont, par exemple, la capacité de susciter le doute et la peur de l'échec, de sorte qu'un individu va remanier les informations et inhiber les réponses incorrectes dans le but d'éviter les conséquences que peuvent apporter l'échec de la résolution de la tâche demandée.

Il suffit de reprendre comme exemple les résultats obtenus par Houdé dans sa version de la tâche de conservation des quantités discrètes pour démontrer ce point. Pour le rappeler brièvement, les enfants parviennent à mieux inhiber le biais perceptif « longueur égale nombre » dans un contexte chaud que froid, car il y a un coût (manger moins de bonbons) et un bénéfice (manger plus de bonbons) rattaché à la résolution de la tâche. Le contexte chaud donne donc aux enfants de bonnes raisons pour être prudents épistémiquement et, de ce fait, déclencher leur système 3 pour remettre

en question la résonance établie par le système 1 au profit d'une réponse valide (système 2). Ces raisons ne sont pas présentes dans un contexte froid où il n'y a aucune raison pour déclencher le contrôle inhibiteur et la flexibilité cognitive (système 3).

De ces recherches (Carlson et al., 2013 ; Houdé, 2019), il en résulte que nous devrions, pour avoir une pédagogie du raisonnement qui soit efficace, entraîner autre chose qu'uniquement la logique au moyen de la répétition d'exercices et d'instructions verbales sur les règles à suivre. Comme précédemment vu, les enfants qui n'ont pas de bonnes performances dans la réalisation d'évaluations portant sur les fonctions exécutives n'ont pas nécessairement de la difficulté à se remémorer les règles étudiées, mais ont plutôt de la difficulté à réprimer leur propension à répondre d'une certaine manière plutôt que d'une autre. En ce sens, les mauvaises réponses ne sont pas la résultante d'une difficulté à conserver et manipuler les règles et la nouvelle hypothèse en mémoire de travail, mais ce serait plutôt la résultante de l'incapacité à supprimer la tendance à maintenir le tri selon la dimension initiale (Carlson et al., 2013).

En ce sens, deux constats se dégagent de ce qui précède : d'une part, la fonction exécutive inhibitoire doit être davantage entraînée afin de favoriser la flexibilité cognitive, puis, d'autre part, il y aurait un chevauchement entre les fonctions exécutives et la régulation des émotions. Vraisemblablement, une pédagogie du raisonnement efficace devrait donc viser à activer le système 3 dans son rôle exécutif par l'intermédiaire des émotions, car ces dernières parviendraient à déclencher les fonctions exécutives du cerveau pouvant, de ce fait, favoriser le raisonnement analytique et la prise de décision plus rationnelle.

3.4. Le rôle des émotions dans la prise de décision

La section précédente s'est conclue sur l'idée selon laquelle les émotions sont bénéfiques au déclenchement du système 3, car elles facilitent le déclenchement des fonctions exécutives suivantes : la mémoire de travail, le contrôle inhibiteur et la flexibilité cognitive. En ce sens, plusieurs croient (Carlson et al., 2013 ; Damasio, 2008 ; Houdé, 2019) que les émotions ont un rôle essentiel dans la pensée rationnelle, puisque ce qui unirait les systèmes cognitifs S1 (intuition), S2 (logique) et S3 (exécutif) serait le cerveau cognitivo-émotionnel. Ici, il n'est pas question d'une tendance émotionnelle inconsciente et trompeuse inhérente au système 1 comme l'ont soutenu

Evans et Kahneman (biais de S1), mais bien d'une sorte de guidage émotionnel vers la prise de décision rationnelle comme l'entend Antonio Damasio (2008).

Damasio soutient que le raisonnement analytique pur ou mathématique au sens où l'entendaient Piaget et Descartes est très peu fréquent, car l'analyse consciente et minutieuse des multiples informations, combinaisons et conséquences possibles générées par une prise de décision requiert une capacité de stockage mémoriel illimitée et une capacité énergétique tout aussi considérable, capacités que le cerveau ne possède pas (Damasio, 2008 ; Miller, 1956). C'est pourquoi la mémoire serait soutenue par différents repères émotionnels. Durant une prise de décision, lorsqu'un scénario possible est perçu péjorativement par l'émotion, cette dernière associera automatiquement le scénario à une sensation déplaisante au niveau corporel (soma), ce qui aura comme effet la mise à l'écart de cette alternative pour laisser place à un nombre plus restreint de scénarios possibles (Damasio, 2008). À l'inverse, lorsque l'émotion ressentie à l'égard d'un scénario probable est positive, l'alternative est « marquée » et conservée pour une mise en action ultérieure possible.

En ce sens, il s'avère que les émotions auraient un rôle évaluateur et modérateur dans le processus de prise de décision, car elles sont un appui informatif incontournable aux processus cognitifs impliqués dans le traitement de l'information (Damasio, 2008). Sans que nous en ayons conscience, les émotions précatégorisent les stimuli qui guident l'examen cognitif (Damasio, 2008) et mettent « en éveil la conscience pour évaluer la situation et identifier ce qui a déclenché cette activité et réorganiser les plans d'action » (Berthoz, 2003, p. 67). De ce fait, les émotions sont « un système de support sans lequel l'édifice de la raison ne pourrait fonctionner correctement »¹³ (Damasio, 1994, p. 144). En effet, leur absence serait « aussi défavorable[s] à la rationalité que l'excès d'émotions »¹⁴ (Damasio, 1994, p. 144), car lorsqu'elles sont laissées à l'écart du raisonnement analytique, un raisonneur se méprend autant, sinon plus, que lorsque les émotions lui font prendre une mauvaise tangente dans son processus décisionnel. C'est ce que tente de démontrer Antonio Damasio par sa théorie des marqueurs somatiques.

¹³ Ces propos ont été traduits de l'anglais. Voici l'extrait original : « Emotion may well be the support system without which the edifice of reason cannot function properly and may even collapse ». Damasio, A. R. (1994). *Descartes' Error and the Future of Human Life*. Scientific American, 271 (4), 144 – 144. <http://www.jstor.org/stable/24942888>

¹⁴ Ces propos ont été traduits de l'anglais. Voici l'extrait original : « Thus, absence of emotion appears to be at least as pernicious for rationality as excessive emotion ». Damasio, A. R. (1994). *Descartes' Error and the Future of Human Life*. Scientific American, 271(4), 144–144. <http://www.jstor.org/stable/24942888>

L'hypothèse des marqueurs somatiques est que les émotions ont un rôle très important dans la prise de décision rationnelle, car elles sont impliquées dans l'intuition, laquelle est définie comme un processus cognitif rapide par lequel nous arrivons à une conclusion sans même avoir conscience de l'ensemble des étapes logiques qui y mènent (Damasio, 2008). Autrement dit, l'intuition est une forme de « cognition rapide » dont les connaissances nécessaires à son déclenchement sont « en partie cachées sous le tapis, grâce à de l'émotion et beaucoup de pratique » (Damasio, 2008, p. V). Les intuitions, générées par les « marqueurs somatiques », sont donc une réactivité physiologique qui se produit à la suite d'un événement à forte valence émotionnelle et qui s'enregistre dans notre organisme grâce à l'hippocampe (partie du cerveau impliquée dans l'entreposage et la remémoration de souvenirs explicites) et dont les signaux sont associés à l'amygdale (partie du cerveau impliquée dans la détection des événements revêtant une pertinence affective pour le raisonneur) (Damasio, 2008 ; LeDoux, 2009 ; Terburg et al., 2018 ; Wyss, 2022).

Plus précisément, l'hippocampe, siège de la mémoire épisodique, et l'amygdale, siège des émotions primaires, interagissent fortement pour orienter les réactions comportementales (LeDoux, 2009). À la suite d'un événement à forte valence émotionnelle, l'hippocampe consolide en mémoire les informations recueillies et ses signaux sont associés à l'amygdale, créant ainsi ce que Damasio nomme les marqueurs somatiques primaires (Damasio, 2008). Puis, lorsqu'une situation semblable se représentera, l'amygdale évaluera les informations sensorielles reçues sur la base des informations stockées en mémoire par l'hippocampe afin de générer et d'orienter les réactions comportementales appropriées (Wyss, 2022 ; Terburg et al., 2018). En ce sens, nous pouvons comparer l'amygdale à un système d'alarme qui décode les stimuli présents dans l'environnement pour déclencher les réponses physiologiques appropriées à la situation devant laquelle nous sommes (LeDoux, 2009 ; Wyss, 2022 ; Terburg et al., 2018).

Ensuite, sur la base de nos expériences émotionnelles antérieures et des marqueurs somatiques primaires générés et associés à l'amygdale à ce moment-là, notre organisme sera en mesure de générer des marqueurs somatiques secondaires. Ces derniers sont des signaux émotionnels qui sont produits par notre organisme lorsque nous devons, sur la base de nos expériences antérieures, anticiper des événements ultérieurs (Damasio, 2008). Ils ont pour fonction d'améliorer notre processus de prise de décisions en fournissant des informations physiologiques sur le niveau de désirabilité des alternatives proposées et de leurs probables conséquences, ce que Damasio nomme les marqueurs somatiques secondaires (Bechara et al., 1999 ; Damasio, 2008).

En ce sens, sur la base de nos expériences antérieures, les marqueurs somatiques, autant primaires que secondaires, ont pour rôle de nous indiquer la bonne direction en nous plaçant devant les informations pertinentes à une prise de décision, donc en posture de manipuler correctement les principes logiques (Damasio, 2008).

Il s'avère donc que les émotions seraient présentes avant les connaissances conceptuelles et, sans les marqueurs somatiques, il serait bien plus difficile pour un raisonneur de mettre en place une analyse exhaustive des alternatives possibles (Damasio, 2008). En effet, chacune des zones cérébrales mentionnées dans cette section œuvre avec les autres pour créer une association entre la régulation somatique inhérente à nos expériences antérieures et les situations exigeant des prises de décision. Autrement dit, en étant des réactions physiologiques associées à des émotions et des états mentaux, les marqueurs somatiques font le pont entre nos émotions et les FE du cerveau. Les marqueurs somatiques associent des émotions à forte valence aux expériences passées, ce qui a pour effet de codifier ses signaux et les informations qui y sont reliées dans la mémoire. Ce faisant, lorsque nous sommes ultérieurement confrontées à des problèmes similaires, les marqueurs somatiques nous aident à prendre conscience de nos émotions, à prendre conscience des informations que notre système 1 utilise pour évaluer les choix, à avoir un regard rétrospectif sur ces choix et à inhiber les réponses qui pourraient être basées sur un raisonnement erroné.

Conséquemment, pour développer une pédagogie du raisonnement qui soit efficace, nous devons arrêter d'entraîner uniquement nos compétences logiques. Nous devons plutôt commencer, en complément aux entraînements logiques, à intégrer l'entraînement de notre cortex préfrontal ventromédian (partie du cerveau impliquée dans les relations entre émotion et raisonnement) et notre système limbique, soit l'hippocampe (partie du cerveau impliquée dans l'entreposage et la remémoration de souvenirs explicites) et l'amygdale (partie du cerveau impliquée dans la détection des événements revêtant une pertinence affective pour le raisonneur), car ces parties sont impliquées dans le déclenchement des fonctions exécutives (mémoire de travail, contrôle inhibiteur et flexibilité cognitive) et de la prise de décision.

3.5. Critique du système 3 : l'absence de la métacognition

Les sections précédentes se sont conclues sur l'idée selon laquelle les émotions sont une forme de guidage cognitivo-émotionnel vers la rationalité et qu'il est indispensable de reconnaître leur

importance dans le déclenchement des systèmes exécutifs du cerveau (S3) qui nous permet d'inhiber les réponses automatiques du système 1 afin de privilégier les réponses réfléchies du système 2. Or, bien que nous puissions reconnaître que les émotions peuvent contribuer à l'inhibition des erreurs de raisonnement, nous ne croyons toutefois pas qu'elles soient suffisantes pour inhiber une majorité d'entre elles.

Une première limite concerne le fait que les émotions peuvent parfois être trop rigides ou, comme l'avaient remarqué Evans et Kahneman, être influencées par des biais cognitifs. Autrement dit, nos émotions peuvent être telles que leur véhémence nous guidera, malgré nous, vers une mauvaise prise de décision. Ou bien, les éléments relevés dans la situation devant laquelle nous sommes peuvent susciter des émotions, comme un excès de confiance ou de l'anxiété par exemple, qui nous guideront vers de mauvaises décisions.

Puis, une deuxième limite se révèle dans le fait que les émotions qui individualisent la prise de décision s'effectuent sur la base d'une combinaison de trois éléments, soit la motivation, l'intérêt et l'environnement (Lazarus, 1991). De ce fait, les émotions agissent à titre de détecteur d'importance ou de pertinence et doivent, pour déclencher les comportements du système exécutif 3, rencontrer des stimuli qui revêtent une importance ou une pertinence pour la motivation, l'intérêt ou l'environnement du raisonneur. Ce faisant, durant un processus de traitement de l'information, si les émotions ne rencontrent pas un stimulus important ou pertinent pour le raisonneur, elles n'aideront pas le système 3 à stopper le système 1 pour enclencher le système 2.

Ce qui nous amène à une troisième limite, soit les situations où il y a absence d'émotions. En effet, même si nous pouvons reconnaître que les émotions nous aident à inhiber les erreurs de raisonnement, il arrive souvent que les raisonneurs ne se retrouvent pas devant une situation qui les interpelle émotionnellement. Autrement dit, bien que les émotions puissent nous aider à inhiber nos biais de raisonnement, encore faut-il avoir, par exemple, la sensation de se tromper ou de craindre de se tromper pour déclencher notre système exécutif.

Nous pouvons donc en déduire que les émotions sont importantes pour aider les apprenants à inhiber les erreurs de raisonnement, mais qu'elles ne sont pas suffisantes. En ce sens, pour développer une pédagogie du raisonnement qui soit efficace, nous devons fournir aux apprenants et, dans un sens plus large, aux raisonneurs des outils cognitifs de plus. Plus précisément, nous

croyons qu'en ayant mis l'accent sur le rôle des émotions dans le processus inhibitoire, plusieurs ont, comme Olivier Houdé, négligé l'importance d'autres outils qui peuvent offrir un niveau de contrôle cognitif supplémentaire. Nous pensons ici notamment à la métacognition telle que développée par Keith Stanovich.

La métacognition renvoie à la capacité de réfléchir sur nos propres processus cognitifs, c'est-à-dire de surveiller et de réguler nos pensées, nos émotions ainsi que nos actions pour adopter des stratégies correctives appropriées : ce qui est essentiel au processus inhibitoire. Autrement dit, la métacognition est ce qui permet à tous de mieux comprendre leurs stratégies réflexives, de réguler leur attention et d'utiliser des stratégies de résolution de problèmes alternatives au besoin. Il s'avère donc que la métacognition peut, au même titre que les émotions, déclencher les fonctions exécutives du cerveau, mais de manière plus consciente et délibérée. D'autre part, il s'avère également qu'entraîner la métacognition semble important pour augmenter la capacité de chacun à développer une compréhension plus approfondie de ses processus cognitifs afin de se réguler et de se corriger. En ce sens, négliger le rôle de la métacognition dans l'inhibition des erreurs de raisonnement ou en faire abstraction revient à priver le raisonneur d'un outil cognitif important.

Ce faisant, au lieu de considérer ces deux processus (émotions et métacognition) comme étant concurrents, nous croyons qu'il serait plutôt pertinent et bénéfique de reconnaître leur complémentarité. Si les émotions peuvent fournir des signaux rapides et intuitifs pour nous aider à porter attention à certaines situations ambiguës, la métacognition, quant à elle, fournit un contrôle réfléchi sur nos processus cognitifs ainsi qu'une inhibition et une correction délibérée et consciente de nos erreurs de raisonnement. En ce sens, développer une pédagogie du raisonnement efficace et optimale requiert également l'intégration et l'entraînement de la métacognition, car cette dernière offre un niveau supplémentaire de contrôle cognitif, d'adaptabilité et de réflexivité qui s'avère complémentaire aux émotions.

C'est dans cette optique que nous verrons, dans le chapitre suivant, ce qu'est la métacognition et la façon dont un raisonneur peut développer ses habiletés métacognitives. Nous verrons notamment, par le truchement de l'ouvrage « Rationalité et esprit réflexif » (« Rationality and the reflective mind ») de Keith Stanovich, que l'inhibition d'une erreur de raisonnement passe par la capacité du raisonneur à se représenter le problème, ses propriétés et les conséquences de ses choix possibles dans la suite du processus, pour déterminer s'il doit employer une heuristique ou un algorithme

plus pertinent (Claeys & Roobaert, 2022). Autrement dit, l'inhibition d'un biais requiert du raisonneur qu'il emploie son esprit algorithmique afin de raisonner hypothétiquement en créant des représentations secondaires du problème (Stanovich, 2011). De ce fait, nous verrons également que la capacité à soutenir des représentations découplées est essentielle à la pensée rationnelle, car elle nous donne l'opportunité de mettre « hors ligne » notre tendance à répondre de manière prompte afin de nous laisser remplacer la réponse automatique par une alternative plus appropriée (Stanovich, 2011). C'est ce que Stanovich appelle la capacité de « métareprésentation ». Les processus de découplage permettent à un individu de s'éloigner de ses représentations du monde afin qu'elles puissent être réfléchies et potentiellement améliorées (Stanovich, 2011).

CHAPITRE 4

STANOVICH ET LE SYSTÈME EXÉCUTIF : LA MÉTACOGNITION

Le précédent chapitre s'est conclu sur l'idée selon laquelle les émotions sont certes souvent utiles au déclenchement du système exécutif 3, parce qu'elles ont un lien direct avec les fonctions exécutives du cerveau. Toutefois, elles ne sont pas toujours suffisantes. En effet, nous avons vu qu'un raisonneur peut se retrouver devant plusieurs cas de figure où ses émotions ne peuvent pas déclencher le système exécutif 3 pour inhiber les réponses du système 1 et activer le système 2 pour élaborer une réponse réfléchie. Nous pensons notamment à ces contextes où, comme l'avaient bien exposé Evans et Kahneman, les émotions sont sujettes à des biais cognitifs ; lorsque le raisonneur se retrouve devant une situation qui n'est pas subjectivement assez pertinente pour générer les émotions nécessaires au déclenchement du système 3 ; et, finalement, lorsque le raisonneur se retrouve devant une situation qui est émotionnellement neutre, donc qui ne suscite aucune émotion.

En vertu de ces lacunes, nous avons émis l'hypothèse que le développement d'une pédagogie du raisonnement efficace et performante doit non seulement développer les habiletés cognitivo-émotionnelles des raisonneurs, mais que cela doit également inclure d'autres outils de contrôle cognitif, dont la métacognition. En effet, dans la dernière section du chapitre précédent, nous avons émis l'hypothèse que la métacognition serait un outil cognitif additionnel très pertinent à développer pour aider les raisonneurs à activer leur contrôle inhibitoire dans la mesure où elle peut servir d'alternative aux émotions. Si les émotions peuvent nous aider à inhiber nos potentielles erreurs de raisonnement dans un contexte chaud, la métacognition, quant à elle, peut nous aider à inhiber nos potentielles erreurs de raisonnement autant dans les contextes froids que chauds, car elle nous permet un contrôle plus réfléchi et délibéré sur nos processus cognitifs.

Ce faisant, le présent chapitre propose d'explorer cette avenue en nous appuyant sur les travaux de Keith Stanovich sur la métacognition qui ont grandement influencé la façon dont nous pouvons concevoir la pensée rationnelle. Dans son ouvrage *Rationality and the reflective mind* (2011), Stanovich s'intéresse au lien existant entre la métacognition, le raisonnement, l'inhibition et la prise de décision. Plus précisément, il explore les processus qui sous-tendent la réalisation d'une prise de décision rationnelle ainsi que les processus qui peuvent entraver la réalisation d'une prise

de décision rationnelle. Dans ces études, il met en lumière l'importance du rôle de la métacognition (la capacité à réfléchir sur nos propres raisonnements) et de la réflexion critique dans l'inhibition des erreurs de raisonnement.

Au terme de ce chapitre, notre objectif sera donc d'établir la complémentarité entre la théorie de Keith Stanovich, et celle d'Oliver Houdé pour favoriser le développement d'une pédagogie du raisonnement qui soit efficace concernant l'inhibition des erreurs de raisonnement.

4.1. La métacognition

Tout d'abord, si nous voulons comprendre l'importance que revêt la métacognition dans l'inhibition des erreurs de raisonnement, il faut d'ores et déjà comprendre ce qu'est la métacognition. Ainsi, cette présente section a pour fonction de présenter ce qu'est la métacognition et ses fonctions dans l'acception large du terme.

De manière générale, la métacognition est décrite comme étant « la cognition sur la cognition », soit la capacité d'un agent cognitif à penser de manière réfléchie, donc de manière consciente et délibérée, sur ses propres processus cognitifs (Flavell, 1976). Autrement dit, il s'agit de la capacité qu'un individu possède à réfléchir sur son propre fonctionnement cognitif et à ses tentatives pour contrôler ce processus et à en tenir compte lors de l'exécution d'une tâche (Flavell, 1976).

Au niveau psychophysiologique, la métacognition se manifeste par une forte activité dans le cortex préfrontal (dorsolatéral, ventromédian et médian), puisqu'elle nécessite l'utilisation de nos fonctions exécutives (Fleming, 2010 ; Schmitz, 2004). En effet, de manière générale, la métacognition, pour fonctionner, requiert deux composantes : une composante épistémique et une composante exécutive (Le Gall & all., 2009). La première composante (épistémique) renvoie à la connaissance générale. Plus précisément, cela réfère d'abord à l'ensemble de la connaissance qu'un agent cognitif possède indépendamment de l'activité cognitive en cours et qui intervient avant la réalisation de la tâche demandée, pour élaborer un plan d'action (Le Gall & all., 2009). Puis, d'autre part, cela se réfère à l'ensemble de la connaissance qu'un agent cognitif possède concernant l'activité cognitive en cours et qui permet la régulation de la cognition (Le Gall & all., 2009). Pour sa part, la deuxième composante (composante exécutive) renvoie au contrôle et à la régulation cognitive d'un agent durant la réalisation de la tâche demandée pour évaluer l'efficacité de la

stratégie en cours et pour en orchestrer, au besoin, une modification de stratégies (Le Gall & all., 2009). Cette composante s'appuie donc sur la première pour être mise en œuvre.

En ce sens, la métacognition regroupe l'ensemble des processus, des pratiques et des connaissances qu'un agent cognitif peut mobiliser pour lui permettre d'évaluer, de contrôler et de réguler ses processus cognitifs (Proust, 2018). Cela implique non seulement d'être conscient de ce que nous savons, mais également de ce que nous ne savons pas, pour être en mesure de réguler nos processus cognitifs en fonction de la résolution de la tâche demandée (Proust, 2018). Ici, nous faisons donc référence à notre capacité à réguler notre attention, à questionner nos connaissances, à s'informer correctement, à planifier les stratégies à adopter, à organiser et réorganiser l'information, à repérer les erreurs possibles, puis à les corriger pour enfin résoudre la tâche demandée (Proust, 2018).

Plus précisément, afin de pouvoir inhiber une erreur de raisonnement en usant de la métacognition, un raisonneur doit raisonner hypothétiquement en créant des représentations secondaires du problème devant lequel il se trouve (Stanovich, 2011). Autrement dit, il doit être en mesure de se représenter mentalement le problème, ses propriétés et les conséquences de son choix dans la suite du processus, pour déterminer s'il doit employer une heuristique ou un algorithme plus pertinent (Claeys & Roobaert, 2022). C'est ce que Keith Stanovich (2011) appelle la capacité de « métareprésentation », soit la capacité de soutenir des représentations découplées d'une tâche. Il s'agit donc de créer des représentations de nos représentations en vue d'évaluer la façon dont nous pensons (Stanovich, 2011).

Selon Stanovich (2011), les processus de découplage permettent à un individu de s'éloigner suffisamment de ses représentations du monde afin qu'elles puissent être réfléchies et potentiellement améliorées. C'est la raison pour laquelle la métareprésentation revêt un rôle essentiel dans la pensée rationnelle : elle sous-tend la pensée hypothétique qui, elle, permet de mettre « hors ligne » la tendance humaine à répondre promptement à une tâche tout en permettant le remplacement des réponses automatiques par de meilleures réponses (Stanovich, 2011). Ce faisant, si nous voulons développer et maîtriser la pensée rationnelle et les raisonnements hypothético-déductifs, il faut également viser le renforcement des habiletés métacognitives. Ces dernières rendent possible le regard introspectif critique (autocritique), car elles permettent le contrôle sur l'exécution de notre conduite de raisonnement, soit : arrêt/marche, découplage de la représentation initiale, choix de stratégie, etc. (Stanovich, 2011)

4.2. Le rôle de la pensée hypothético-déductive dans le système analytique (S2)

La section précédente s'est conclue sur le constat selon lequel la capacité d'un raisonneur à découpler ses représentations pour s'éloigner de la réalité est ce qui constitue la base de la métacognition. Nous avons également vu que cette capacité métareprésentationnelle requiert le raisonnement hypothético-déductif, car elle requiert qu'un raisonneur avance temporairement une ou plusieurs propositions à partir desquelles plusieurs manipulations mentales seront effectuées pour inférer un ensemble d'autres propositions ou d'autres conséquences indépendamment des représentations primaires et de leur véracité. Cette capacité à découpler ses représentations pour s'éloigner de la réalité et l'analyser s'effectue grâce à ce que Stanovich nomme l'esprit algorithmique, un processus du traitement de l'information qui se retrouve dans le système 2.

Au premier abord, ces propos peuvent sembler incohérents avec ce qui a été précédemment établi au sein du deuxième chapitre. Pour le rappeler brièvement, nous avons vu, par le truchement des théories avancées par Evans et Kahneman, que le système 2, dont la pensée hypothético-déductive fait partie intégrante, échoue souvent à stopper le système 1 pour corriger les erreurs qui y sont produites. Ces fréquents échecs seraient la résultante de l'incapacité des raisonneurs à repérer les suggestions erronées du S1 en raison de l'aisance ainsi que de la puissance perceptive et cognitive des heuristiques qui y sont produites. Il ne faut pas oublier que le S2 est plus coûteux énergétiquement à employer que le S1. Ce faisant, si la réponse déjà soumise semble appropriée, donc s'il n'y a pas une bonne raison (motivation, nouveauté ou difficulté) d'activer le S2, un raisonneur n'engagera pas de ressources supplémentaires, échouant ainsi à déployer un raisonnement hypothético-déductif qui mènera à des réponses plus appropriées.

Toutefois, du point de vue de Stanovich, si Evans et Kahneman sont aussi sceptiques sur la capacité du S2 à inhiber de manière plus fréquente et de manière plus optimale les erreurs de raisonnements produits par le S1, c'est parce qu'ils considèrent que le système analytique est impliqué toutes les fois où la pensée hypothético-déductive est déployée. En d'autres termes, ces derniers font l'implication suivante : s'il y a une pensée hypothético-déductive, alors le système analytique est impliqué. Or, selon Stanovich (2011), tous les processus réflexifs de type 2 (de type analytique) n'impliquent pas nécessairement une pensée hypothético-déductive.

En effet, selon Evans et Kahneman, le S2 serait un système unifié dans la mesure où il regroupe, sur un même niveau, l'ensemble des processus analytiques. Cependant, Stanovich a une compréhension différente de celle de ses deux collègues. Pour ce dernier, le S2¹⁵ serait dynamique dans la mesure où il y aurait 2 niveaux de traitement, soit : l'« esprit réflexif » et l'« esprit algorithmique ». Il soutient notamment que ces deux niveaux ont des rôles distincts et qu'ils n'œuvrent pas systématiquement de concert. Toutefois, lorsqu'ils le font, ils peuvent contribuer à inhiber les erreurs de raisonnement produites par le S1.

Le premier niveau cognitif du S2 correspond à l'« esprit réflexif ». Il s'agit d'un processus cognitif visant à identifier les conflits (Stanovich, 2011). Son rôle est de surveiller, de manière active, nos pensées et nos réactions afin de détecter les potentiels conflits entre les réponses automatiques du S1 et les processus analytiques du S2 (Stanovich, 2011). En d'autres termes, il vise à interrompre le traitement autonome effectué en S1 pour mettre en œuvre les activités cognitives de simulations mentales, donc de découplages, en S2. L'esprit réflexif désigne donc l'ensemble de nos habiletés métacognitives dans la mesure où elles sont impliquées dans l'évaluation de l'information, la prise de décision consciente et la réflexion sur nos propres processus mentaux (Stanovich, 2011).

Puis, le deuxième niveau cognitif du S2 correspond à l'« esprit algorithmique ». Il s'agit d'un processus d'intervention logico-mathématique (Stanovich, 2011). Son rôle est d'appliquer les règles de raisonnement logique et d'utiliser les stratégies appropriées de résolution de problème (Stanovich, 2011). Autrement dit, il est impliqué dans le traitement des représentations secondaires lors du découplage dans la mesure où il rend possible la capacité de soutenir les représentations découplées par l'entremise de la pensée hypothético-déductive. En ce sens, l'esprit algorithmique intervient lors des activités de simulation pour synthétiser une meilleure réponse que celle initialement donnée par le S1 en faisant intervenir nos capacités de résolution de problème de manière méthodique (Stanovich, 2011). Nous faisons ici référence à la mise en application du savoir acquis, telle que les règles logiques, la mise en application d'une meilleure stratégie, etc.

¹⁵ Keith Stanovich n'emploie pas les termes « système 1 » et « système 2 » lorsqu'il parle des processus du traitement de l'information. Ce dernier utilise les termes « processus de type 1 » et « processus de type 2 » pour marquer la distinction entre les systèmes du traitement. Toutefois, par souci de standardisation, nous allons employer les termes « système 1 » et « système 2 », car ils réfèrent sensiblement à la même chose.

Ici, nous pouvons remarquer un aspect novateur dans la théorie duale de Stanovich : son modèle est tripartite¹⁶, il s'opère en trois temps plutôt qu'en deux comme les modèles d'Evans et de Kahneman. En effet, les modèles d'Evans et de Kahneman s'effectuent en deux temps : S1 produit d'abord des réponses et, dans un second temps, S2 arrête S1 au besoin, afin de fournir des réponses plus appropriées que celles initialement données par S1. À l'inverse, chez Stanovich, S1 va d'abord produire une réponse, puis le niveau réflexif en S2 va surveiller les activités de S1, pour finalement déclencher, au besoin, le niveau de l'esprit algorithmique en substituant la réponse initialement donnée par S1 pour une réponse plus appropriée. Ce faisant, les processus qui composent S2 sont de deux types différents. L'esprit réflexif est caractérisé par sa capacité à mettre en œuvre des processus de type algorithmique par le biais de la prudence épistémique. Il va surveiller nos pensées et réactions à la recherche de potentiel conflit pour envoyer un signal d'anomalie à la pensée algorithmique. Ainsi, le S2 va, par sa capacité à prendre une attitude réflexive face à un nouveau problème, examiner les informations en jeu à la recherche de meilleures alternatives pour parvenir à une conclusion plus réfléchie et justifiée.

À la lumière de la compréhension stanovichienne du fonctionnement du système 2 et dans une perspective d'inhibition, nous pouvons donc remarquer qu'Evans et Kahneman posaient le regard au mauvais endroit. Alors que ces derniers avaient le regard rivé sur la pensée hypothético-déductive de l'esprit algorithmique, ils négligeaient la métacognition qui se retrouve au niveau de l'esprit réflexif. En ce sens, Stanovich propose un modèle dans lequel il inclut non seulement la possession des connaissances, des méthodes et des outils cognitifs corrects, mais également l'importance de savoir quand les appliquer, ce qu'il appelle la « détection prioritaire » (Stanovich & West, 2008). Ainsi, il s'avère que, pour amener un raisonneur à inhiber avec efficacité des erreurs de raisonnement, il ne suffit pas de mettre l'accent sur les instructions verbales concernant les règles à employer pour résoudre la tâche demandée. Il faut également mettre l'accent sur la prudence épistémique, soit la métacognition, par le truchement de l'esprit analytique et critique (douter, suspendre son jugement à des fins d'évaluation, questionner son cheminement réflexif, etc.).

¹⁶ Pour un visuel de la tâche du modèle tripartite de Keith Stanovich, allez à l'annexe E « Structure tripartite du système dual chez Keith Stanovich ».

En effet, la pensée hypothético-déductive n'implique pas uniquement la pensée algorithmique, mais également une pensée métareprésentationnelle (métacognitive) qui s'effectue, entre autres choses, par la simulation et la rétroaction : il s'agit d'employer nos mécanismes métareprésentationnels pour tester diverses représentations entre elles (simulation), dont les représentations issues du système 1 ou leurs processus intuitifs en activant leurs représentations sous-jacentes (rétroaction). Ici, Stanovich inclut la possibilité selon laquelle les processus qui se retrouvent en S1 puissent être mobilisés pour servir à des fins plus générales, augmentant ainsi la flexibilité des systèmes (Stanovich, 2011). Il nous apparaît donc qu'inhiber les erreurs de raisonnement produites en S1 serait plus aisé que ne le laissaient présager Evans et Kahneman.

Ainsi, Stanovich illustre non seulement l'importance d'acquérir les bons outils cognitifs pour résoudre les tâches demandées, mais il illustre également l'importance de développer des compétences métacognitives, car elles permettent à un raisonneur de comprendre et de détecter dans quelles circonstances il doit utiliser ses outils cognitifs et lesquels il doit utiliser. Autrement dit, si un raisonneur n'est pas en mesure d'introspecter ses pensées (métacognition), il lui sera difficile d'identifier les situations nécessitant l'utilisation des outils cognitifs qu'il a appris et ne fera conséquemment pas attention aux biais cognitifs auxquels il est enclin. Ce faisant, nous devons enseigner à chaque raisonneur à être prudent épistémiquement en lui apprenant à s'arrêter afin de réfléchir aux problèmes plutôt que de donner la première réponse qui lui vient en tête.

4.3. Le système analytique (S2) et l'inhibition des erreurs de raisonnement

La précédente section s'est conclue sur le constat selon lequel le système 2 serait en fait divisé en deux sous-systèmes. D'une part, il y aurait le « système réflexif », qui correspond à tous les processus métacognitifs de surveillance épistémique ainsi qu'au contrôle et au déclenchement du « système algorithmique ». Puis, d'autre part, il y aurait le « système algorithmique », qui correspond à l'ensemble des processus d'intervention logico-mathématique. Ce nouvel éclairage met en relief que certaines subtilités n'ont pas été prises en considération par Evans et Kahneman. Pour ces derniers, la paresse cognitive du S2 est à l'origine de la plupart des erreurs de raisonnement, sans motivation, sans effet de nouveauté ou sentiment de difficulté, le S2 accepte les propositions du S1 sans remise en question.

Or, si le système 2 se divise véritablement en deux sous-systèmes, il serait plus pertinent de replacer l'origine de ce système dans son contexte. En effet, plutôt que de considérer immédiatement l'avarice cognitive comme la seule cause de ses défaillances, il serait judicieux d'examiner son fonctionnement et ses différentes vulnérabilités afin d'enrichir notre compréhension des capacités inhibitoires. C'est donc dans cette optique que cette présente section vise à replacer l'origine et le fonctionnement du système 2, avant de proposer une analyse de ces données sous une perspective stanovichienne du modèle dual, afin de mieux comprendre comment un raisonneur peut effectivement inhiber avec succès une grande partie de ses erreurs de raisonnement.

Tout d'abord, lorsque nous étudions l'évolution humaine et que nous nous replongeons dans les postulats de la psychologie évolutionniste, il s'avère que le S2 est un système cognitif qui est apparu plus tardivement dans la cognition humaine que les mécanismes qui composent le S1 (Cosmides & Tooby, 1992). Pourquoi ? Tout simplement parce que l'environnement dans lequel vivaient et évoluaient nos ancêtres exigeait des réponses rapides et intuitives pour garantir leur survie (Cosmides & Tooby, 1992). Face aux dangers imminents, aux opportunités de nourritures restreintes, à la lutte pour l'existence, etc., il était primordial pour nos ancêtres, afin de maximiser leurs gains et leur survie, de développer des outils cognitifs qui permettent des réponses rapides (Cosmides & Tooby, 1992). Ainsi, le S1 s'est codifié rapidement pour répondre avec efficacité aux problèmes fréquemment rencontrés par nos ancêtres dans leur environnement. Ce n'est que bien plus tard, lorsque les environnements sociaux et techniques des humains se sont complexifiés, que de nouvelles exigences sont apparues nécessitant, de ce fait, de meilleures habiletés cognitives (Cosmides & Tooby, 1992).

En effet, lorsque la condition humaine s'est complexifiée en termes de problèmes et de résolution de problèmes, une réflexion plus lente et délibérée est devenue nécessaire (Cosmides et Tooby, 1992). Les nouvelles situations auxquelles nos ancêtres étaient confrontés exigeaient dorénavant de sortir du concret pour tendre vers l'abstrait, l'hypothétique et la simulation. Lorsque nos ancêtres ont commencé à se policer, leurs interactions sociales se sont complexifiées, apportant de nouvelles problématiques concernant la coopération et la possibilité de tricherie (Cosmides et Tooby, 1992). Peut-on faire confiance aux autres membres du groupe, par exemple, pour la chasse ou la défense des ressources alimentaires ? Ce type de questionnement nécessitait non seulement une évaluation minutieuse des bénéfices et des coûts à court, à moyen et à long terme, mais aussi une évaluation des intentions des autres, de la gestion et de la conservation des ressources, des stratégies à adopter

ainsi que de leurs alternatives, des résolutions de conflits, etc. Donc, en réponse à ces nouvelles exigences cognitives, le système 2 s'est développé, permettant ainsi l'émergence de la pensée analytique (Cosmides & Tooby, 1992).

Cela étant posé, nous pouvons en inférer que la pensée algorithmique s'est développée à partir de, ou en même temps que, la pensée réflexive. Lorsque nos ancêtres ont dû s'adapter aux nouvelles exigences environnementales, ils ont d'abord dû œuvrer avec les informations provenant du système 1 pour découpler des représentations de la réalité, les analyser délibérément et produire du savoir qui leur sera subséquemment utile à la résolution des tâches demandées. Autrement dit, nos ancêtres ont notamment dû, pour évaluer toutes ces nouvelles exigences, développer et maîtriser leurs habiletés de découplage cognitif et de simulation mentale afin d'expérimenter des hypothèses en mobilisant délibérément d'autres mécanismes cognitifs. Ultiment, c'est ce qui permet, à chaque raisonneur, de prendre de meilleures décisions dans les cas où ses intuitions sont trompeuses, car les nouvelles exigences peaufineraient l'esprit réflexif (la métacognition ainsi que sa capacité métareprésentationnelle) et l'élaboration de nouveau savoir à intégrer au niveau algorithmique.

Ainsi, lorsque nous contextualisons l'origine du système 2, nous pouvons comprendre que l'esprit réflexif est un hybride entre le S1 et le S2, tel que les concevaient Evans et Kahneman. En effet, l'esprit algorithmique correspond à ce qu'Evans et Kahneman appellent le S2, soit un mode de pensée délibéré et analytique. Toutefois, l'esprit réflexif, bien qu'il soit partie intégrante du S2, se rapproche davantage du S1. Même s'il est employé de manière délibérée et contrôlée, il opère à un niveau qui peut inclure des éléments plus intuitifs et rapides par rapport aux raisonnements algorithmiques rigoureux. L'esprit réflexif est donc un sous-système qui peut combiner des aspects de la réflexion consciente avec des aspects de la réflexion intuitive et rapide (heuristique), par opposition au sous-système algorithmique qui n'œuvre qu'avec des raisonnements logico-mathématiques. De ce fait, nous pouvons inférer que l'aspect le plus négligé du S2 n'est pas l'esprit algorithmique, mais bien l'esprit réflexif, car les raisonneurs ne savent pas nécessairement quand initier, ou non, la mise en arrêt du S1 au profit d'une réponse plus appropriée.

Selon Stanovich (2011), cette propension à employer correctement ou non le S1 et le S2 à des fins inhibitoires est la résultante d'une « différence individuelle ». Autrement dit, pour Stanovich, il existe des différences individuelles qui font que chacun emploie différemment le S1 et le S2. Cette

différenciation serait la résultante de l'évolution humaine, car elle aurait entraîné une diversité environnementale (sociale, culturelle, génétique, etc.) qui a créé diverses formes d'intelligence générale reliées à nos capacités mémorielles (correspondant au système algorithmique) et à nos dispositions de pensée (Stanovich, 2011). Nous n'avons donc pas tous développé les mêmes aptitudes cognitives, au même niveau de compétence (Stanovich, 2011). Par exemple, nos expériences individuelles font en sorte que nous n'avons pas tous fait les mêmes apprentissages, que nous n'avons pas tous les mêmes croyances et objectifs. Cette individuation cognitive fait donc en sorte que certains ont plus ou moins tendance que d'autres à récolter de l'information avant de prendre une décision. Ainsi, cette différenciation apporte une seconde compréhension du haut taux d'échec inhibitoire en certaines circonstances : il ne serait plus uniquement question d'avarice cognitive.

Plus précisément, ces différenciations individuelles impactent grandement nos capacités inhibitoires dans la mesure où elles influencent la façon dont les deux sous-systèmes fonctionnent. En effet, le S1 mettra toujours en œuvre ses procédures, à moins que les réponses produites doivent être remplacées. Le remplacement en lui-même est initié par un niveau supérieur, soit le niveau algorithmique du S2. Or, pour que ce sous-système puisse fournir une réponse appropriée à la tâche demandée, il doit d'abord avoir des indications qui orientent son analyse. En d'autres termes, même si l'esprit algorithmique possède les bonnes connaissances et les bonnes aptitudes logico-mathématiques, quelque chose doit orienter le traitement de l'information afin que le S2, dans son ensemble, puisse effectuer les remplacements appropriés à l'atteinte de l'objectif plus global. Nous pouvons donc en comprendre que le niveau algorithmique est subordonné aux dispositions de la pensée épistémique ainsi qu'aux objectifs de niveau supérieur (Stanovich, 2011). Selon Stanovich, ces dispositions épistémiques et ces objectifs existent au niveau réflexif, car il est un niveau contenant des états de contrôle qui régulent le comportement à un niveau de généralité élevé, soit la métacognition (Stanovich, 2011).

Toutefois, ici, nous tenons à nuancer nos propos. Quoique le niveau réflexif soit un élément négligé dans l'analyse des processus duaux concernant nos capacités inhibitoires, il faut tout de même mentionner que le niveau algorithmique est tout aussi important. En effet, même si le S1 est mis en arrêt à des fins de substitution, encore faut-il avoir de meilleures réponses à substituer. Le raisonneur doit donc posséder la machinerie algorithmique qui lui permet de traiter l'environnement de manière à entreprendre les bonnes actions (Stanovich, 2011, p.38). Ainsi, pour

résoudre une tâche, un raisonneur doit être en mesure de comparer les données initiales avec celles qui sont encodées dans sa mémoire à long terme pour évaluer s'il peut y avoir une correspondance et s'il peut y avoir une mise en action à la suite d'une prise de décision.

En résumé, pour inhiber de potentielles erreurs de raisonnement, il est tout aussi essentiel d'avoir la bonne machinerie algorithmique, donc d'avoir la connaissance et les habiletés logico-mathématiques appropriées pour élaborer de meilleures réponses que celles initialement données en S1 et ainsi de les remplacer. Cependant, ce traitement de l'information algorithmique ne peut avoir lieu s'il n'y a pas d'abord, de la part du raisonneur, une analyse des objectifs globaux ainsi que de ses croyances et désirs afin de comprendre la situation devant laquelle il se retrouve (Stanovich, 2011). Ici, cette reconnaissance de la nécessité de stopper le S1 s'effectue au niveau réflexif du S2 et représente l'ensemble de nos dispositions de pensée (Stanovich, 2011). Sans cette faculté métacognitive, un raisonneur peut difficilement corréliser ses dispositions de pensée épistémique à ses outils cognitifs, ce qui créera une dissonance qui peut générer, de ce fait, des biais cognitifs et des erreurs de raisonnement (Stanovich, 2011).

Ce faisant, pour Stanovich (2011), le concept de rationalité et de prise de décision rationnelle regroupe 2 mécanismes essentiels : notre disposition de pensée (niveau réflexif) et notre capacité algorithmique (niveau algorithmique). Nos dispositions de pensée représentent l'ensemble de nos objectifs et de leur hiérarchisation selon nos motivations, nos désirs, nos croyances et nos besoins (nos besoins de cognition, d'évaluation, etc.). C'est ce qui nous permet, à partir des intuitions et des heuristiques issues du S1, de mettre en marche une simulation cognitive qui stoppera le S1 et qui déclenchera une analyse plus exhaustive au sein de l'esprit algorithmique.

4.4. La complémentarité de la métacognition et de l'émotion dans l'inhibition

La dernière section s'est conclue sur l'idée selon laquelle le niveau réflexif du système 2 doit être davantage entraîné pour diminuer le taux d'erreurs de raisonnement. Non seulement le S2 est effectivement paresseux, mais il existe des différences individuelles dans les dispositions de pensée qui font que certains sont plus compétents que d'autres lorsqu'il s'agit d'être prudent épistémiquement. Ce faisant, nous avons vu que tout raisonneur doit entraîner ses capacités métacognitives pour anticiper les chances d'erreurs et juger le degré de fiabilité d'une information ou d'une décision par rapport à d'autres en se posant les bonnes questions : « les informations dont

je dispose sont-elles crédibles ? », « est-ce raisonnable de fonder une prise de décision sur ces informations ? », « la prise de décision est-elle justifiée par les informations disponibles ? », « y a-t-il une possibilité d'erreur dans le chemin parcouru ? », etc.

De même, nous avons vu que tout raisonneur doit entraîner ses capacités métacognitives pour améliorer ses aptitudes introspectives et autocritiques dans le but de découvrir ses différences individuelles. En effet, être conscient de nos compétences cognitives nous permet d'établir quels outils cognitifs sont absents de nos aptitudes mentales et lesquels sont défaillants. En d'autres termes, lorsqu'un raisonneur est conscient de l'absence ou de la défaillance de certains de ses outils cognitifs, il devient plus apte à travailler ces lacunes en développant et intégrant ceux qui sont manquants à leurs compétences et en peaufinant ceux qui sont défaillants. En ce sens, une telle capacité métacognitive permet la régulation de nos propres comportements ainsi que de nos propres réflexions pour atteindre des objectifs globaux de rationalité par l'entremise de meilleurs savoir-être et savoir-faire. Après tout, inhiber avec succès de mauvaises réponses passe également par la reconnaissance de nos habiletés afin de déterminer d'où proviennent nos difficultés à inhiber certaines erreurs de raisonnement et y remédier à l'aide des stratégies d'interventions les plus appropriées.

En ce sens, nous pouvons inférer, en lien avec la conclusion du précédent chapitre, que les émotions peuvent certes nous aider à inhiber nos potentielles erreurs de raisonnement, mais qu'elles ne sont pas le seul outil cognitif à pouvoir contribuer à le faire. La métacognition peut, elle aussi, contribuer à une meilleure gestion de notre contrôle inhibiteur. Ce faisant, nous proposons que le développement d'une pédagogie du raisonnement qui soit efficace doive non seulement développer les habiletés cognitivo-émotionnelles des raisonneurs, mais également leurs habiletés métacognitives : ici, le mariage entre ces deux habiletés cognitives constitue notre contribution dans le présent mémoire. Dans cette optique, cette présente section tentera d'établir la complémentarité entre la théorie de Keith Stanovich et celle d'Olivier Houdé en ce qui a trait à l'inhibition des erreurs de raisonnement.

Tout d'abord, nous avons précédemment vu qu'un raisonneur peut échouer à inhiber une erreur de raisonnement autant dans un contexte froid que dans un contexte chaud. Premièrement, en ce qui concerne les contextes froids, nous avons vu au deuxième chapitre qu'Evans et Kahneman croient que le système 2 échoue souvent à inhiber nos erreurs de raisonnement en raison de son avarice

cognitive. Ils ont démontré que même si des instructions verbales étaient données à un raisonneur concernant les règles logiques à suivre pour résoudre la tâche demandée, ce dernier ne sera pas porté à remettre en question les réponses produites par le système 1 par manque de motivation, de nouveauté ou de niveau de difficulté élevé. En ce sens, lors de l'analyse des informations en mémoire de travail, si le S1 obtient une résonance avec des informations plus profondément ancrées en nous (informations issues de la mémoire à long terme), les fonctions exécutives (FE) ne seront pas déclenchées, parce que le S2 n'a aucune raison de douter de la résonance établie par le S1, étant généralement très doué pour ce qu'il fait.

Deuxièmement, en ce qui concerne les contextes chauds, nous avons vu au troisième chapitre que les émotions, bien qu'elles puissent faciliter la régulation des fonctions exécutives, peuvent aussi l'entraver. Tout d'abord, elles peuvent mener à des biais cognitifs dans la mesure où l'excès de confiance ou de doute peut faire en sorte qu'une mauvaise réponse ne sera pas inhibée ou, à l'inverse, qu'une bonne réponse sera inhibée de manière injustifiée. Ensuite, le raisonneur peut se retrouver devant une situation qui n'est pas subjectivement assez pertinente pour générer les émotions nécessaires au déclenchement des FE. Puis, finalement, lorsque le raisonneur se retrouve devant une situation qui est émotionnellement neutre, les FE ne seront, encore là, pas déclenchés.

Au regard de ces échecs, nous comprenons que l'esprit algorithmique ainsi que les émotions ne peuvent pas inhiber avec succès l'ensemble de nos potentielles erreurs de raisonnement et qu'il nous faut, pour atteindre un plus haut taux de succès, un outil supplémentaire. Il s'agit ici de la métacognition, composante de l'esprit réflexif. En effet, un raisonneur ne doit pas seulement éprouver de la motivation, une sensation de nouveauté ou de difficulté élevée pour être en mesure d'inhiber en contexte froid. De surcroît, il ne doit pas seulement éprouver des émotions chargées en valence pour inhiber en contexte chaud (Evans, 2003 ; Kahneman, 2011) : il doit être en mesure d'évaluer quand la prudence épistémique est de mise. Comme mentionné dans les chapitres précédents, les raisonneurs qui échouent à inhiber une erreur de raisonnement n'ont pas nécessairement de la difficulté à se remémorer les règles étudiées, mais ont plutôt de la difficulté à réprimer leur propension à répondre d'une certaine manière plutôt que d'une autre. En ce sens, les mauvaises réponses ne sont pas la résultante d'une difficulté à conserver et manipuler les règles et la nouvelle hypothèse en mémoire de travail, mais ce serait davantage la résultante de l'incapacité à supprimer la tendance à maintenir le tri selon la dimension initiale (Carlson et al., 2013).

Ce constat, comme nous l'avons précédemment vu, suggère donc que le développement d'une pédagogie du raisonnement qui soit efficace devrait alors se concentrer sur les fonctions exécutives, soit le contrôle exécutif, la flexibilité cognitive et la mémoire de travail. Or, les fonctions exécutives sont principalement situées dans le cortex préfrontal (dorsolatéral, ventromédian et médian), le cortex cingulaire antérieur, le cortex pariétal ainsi que les lobes temporaux : zones cérébrales qui sont, à l'exception des lobes temporaux, activées lorsque nous mobilisons nos habiletés métacognitives, soit lorsque nous déclenchons notre esprit réflexif.

À la lumière de ce constat, nous allons donc maintenant décrire le rôle de chacune de ces zones cérébrales tout en illustrant leur lien avec les fonctions exécutives du cerveau. Ensuite, à l'aide d'une mise en situation, nous expliquerons comment chacune de ces zones peut œuvrer ensemble pour inhiber une erreur de raisonnement. Puis, finalement, nous tisserons des liens entre ces constats et l'esprit réflexif pour mettre en relief la nécessité de développer nos habiletés métacognitives si nous voulons raisonner de manière plus rationnelle.

Premièrement, nous savons, de manière générale, que le cortex préfrontal (CPF) est une zone cérébrale qui est activée lors de réflexions complexes, de prises de décision rationnelle, de modification de comportement et lors d'interaction sociale (Houdé, 2019). Plus précisément, la quantité et la richesse d'informations devant lesquelles un raisonneur se retrouve dans l'environnement génèrent de multiples comportements possibles et requiert des fonctions attentionnelles, décisionnelles et de coordinations appropriées afin d'outrepasser l'incertitude ou d'éviter de commettre des erreurs (Miller & Cohen, J., 2001). Ce faisant, pour surmonter ces potentialités, nous avons développé des mécanismes de contrôle cognitif (FE) qui se retrouvent dans le CPF pour coordonner nos processus réflexifs autour d'objectifs internes (Miller & Cohen, J., 2001). Autrement dit, le traitement de l'information dans le cerveau est compétitif : nous recevons, par diverses voies, de multiples et différentes informations qui se disputent toutes l'expression du comportement (Miller & Cohen, J., 2001). Les gagnantes seront celles qui disposent des sources de soutien cognitif les plus solides (Miller & Cohen, J., 2001).

Durant cette compétition, le CPF joue un rôle essentiel de contrôle cognitif, car il est ce qui permet de maintenir, de manière active, des modèles d'activité qui représentent les objectifs fixés par le raisonneur et les moyens de les atteindre (Miller & Cohen, J., 2001). Il fournit des signaux descendants à d'autres parties du cerveau qui guident le flux d'activité neuronale le long des voies

nécessaires pour effectuer une tâche, c'est-à-dire le long des voies qui établissent les cartographies appropriées entre les entrées, les états internes et les sorties nécessaires pour effectuer une tâche donnée (Miller & Cohen, J., 2001). Ceci est particulièrement important lorsque les stimuli sont ambigus (qu'ils activent plus d'une représentation d'entrée), ou lorsque plusieurs réponses sont possibles et que la réponse appropriée à la tâche doit rivaliser avec des alternatives plus fortes. De ce point de vue, le CPF peut être considéré comme la mise en œuvre neuronale de modèles (exécution des réponses), de règles ou d'objectifs attentionnels (récupération en mémoire, évaluation émotionnelle, etc.) en fonction des objectifs rationnels fixés (Miller & Cohen, J., 2001).

Dans la situation qui nous occupe dans le présent mémoire, ce sont le cortex préfrontal dorsolatéral (CPFD) et le cortex préfrontal ventromédian (CPFVM) qui nous intéressent. Le CPFD assure deux fonctions, soit le réseau de la stabilité de la mémoire de travail et le réseau de la flexibilité mentale dans le déroulement d'un programme, son arrêt ou sa bascule vers un autre (Dubois & all., 2021). En d'autres termes, le CPFD permet le traitement et le maintien actifs des informations dans la mémoire de travail entre leur présentation et la réponse à venir (Dubois & all., 2021). Cette flexibilité cognitive permet l'adaptation comportementale (modification de choix), car elle nécessite une sélection des informations pertinentes (attention sélective), le maintien de ces informations en mémoire de travail, l'élaboration et l'exécution de la réponse et le contrôle de sa réalisation (Dubois & all., 2021).

Pour sa part, le CPFVM possède la particularité de codifier la valeur de la récompense (Dubois & all., 2021). Ce traitement de l'information prend en compte la quantité et la qualité annoncées par la récompense ainsi que la probabilité de l'obtenir (Dubois & all., 2021). Lorsqu'il y a une compétition entre les différentes entrées pour l'expression du comportement, le CPFVM modifie leur activité de façon différentielle en faveur de l'intérêt du raisonneur, donc de ce qu'il estime le plus avantageux pour lui (Dubois & all., 2021). En ce sens, le CPFVM est l'un des lieux où résident les émotions et où les expériences seraient émotionnellement marquées afin de faciliter le traitement de l'information (Damasio, 2008 ; Houdé, 2019).

En effet, le CPFVM apprend des expériences vécues et les marque émotionnellement, soit positivement ou négativement (Allain, 2013 ; Damasio, 2008, Houdé, 2019). Cet apprentissage a pour rôle de signaler automatiquement le caractère néfaste ou bénéfique d'un résultat probable d'une situation donnée (Allain, 2013 ; Damasio, 2008, Houdé, 2019). En d'autres termes, lorsqu'un

raisonneur est confronté à une situation similairement vécue, le CPFVM, ayant appris de ses expériences passées, met en évidence les liens existants entre ces situations et ses états internes (autant passés qu'actuels) et va activer les qualifications pertinentes à la résolution de la tâche, ce que Damasio nomme les marqueurs somatiques, comme expliqué au chapitre 3 (Allain, 2013 ; Damasio, 2008). Donc, en fin de compte, prendre une décision n'implique pas seulement la possession du savoir approprié à la résolution de la tâche, mais cela implique également la réactivation d'un état émotionnel antérieur pour favoriser l'évaluation de la pertinence des informations (Damasio, 2008).

Deuxièmement, le cortex cingulaire antérieur (CCA) contribue à l'évaluation d'une tâche planifiée, au contrôle des performances en détectant les concurrences de réponses, la gestion des conflits, la détection des erreurs ainsi que le contrôle cognitif (Carter & all, 1998 ; Dubois & all, 2021). Des études menées à l'aide de l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle ont démontré que cette région cérébrale présente une activation lorsqu'un raisonneur élabore une réponse (autant correcte qu'incorrecte) dans des conditions de concurrence entre les réponses (Carter & all., 1998). Cela suggère que le CCA détecte non seulement les conditions dans lesquelles les erreurs sont susceptibles de se produire, mais qu'il est aussi impliqué dans le processus de surveillance de compétition de réponses (Carter & all., 1998). En ce sens, le CCA a pour fonction de contrôler et de compenser les erreurs en déclenchant un processus de comparaison dans lequel une représentation de la réponse voulue et correcte est comparée à une représentation de la réponse réelle (Carter & all., 1998). Il agit ainsi à titre de surveillant de concurrence entre les processus qui entrent en conflit pendant l'exécution de la tâche. Par exemple, le CCA intervient lorsqu'une tâche suscite une heuristique inappropriée qui doit être surmontée, expliquant qu'il soit autant activé lorsqu'une mauvaise réponse est donnée qu'une bonne (Carter & all., 1998).

Finalement, le cortex pariétal (CP) est impliqué dans la perception et l'attention visuelles (dans la représentation de l'espace et la sélection des objets pertinents dans l'environnement) ainsi que dans l'élaboration des intentions d'actions. (Lafrague & Sirigu, 2004 ; Wardak & Duhamel, 2004). Plus précisément, le cortex pariétal intervient au milieu d'un enchaînement de mécanismes neurophysiologiques, soit entre le traitement visuel perceptif et l'élaboration du signal moteur (Wardak & Duhamel, 2004). En somme, le CP est une zone du cerveau qui permet à un raisonneur de diriger ses ressources cognitives vers des zones particulières de l'espace (Lafrague & Sirigu, 2004 ; Wardak & Duhamel, 2004). Cela lui permet de focaliser son attention sur les stimuli

environnementaux les plus pertinents à la résolution d'une tâche et d'ignorer les stimuli non pertinents ou les distractions (Lafrague & Sirigu, 2004 ; Wardak & Duhamel, 2004). Puis, lorsque ce tri est effectué, le CP émet un signal d'intention de mise en action en envoyant des instructions au cortex moteur, via le cortex prémoteur, pour lui demander de préparer une séquence de gestes (Lafrague & Sirigu, 2004).

En effet, des études (Lafrague & Sirigu, 2004 ; Wardak & Duhamel, 2004) démontrent que le CP joue un rôle essentiel dans la prise de conscience de l'intention en action. Les individus étant lésés sur cette partie du cerveau ne prennent conscience de leur action qu'au moment où ils les entreprennent. Ce faisant, des lésions sur cette partie du cerveau peuvent empêcher un raisonneur de développer des stratégies inhibitoires qui stopperont les comportements inappropriés qui allaient être automatiquement déployés (Lafrague & Sirigu, 2004). En d'autres termes, Lafrague et Sirigu (2004) démontrent que la mise en action d'un comportement inapproprié ne résulte pas nécessairement d'une incapacité à sélectionner des comportements appropriés, mais serait plutôt la résultante d'une incapacité à inhiber les comportements inappropriés. Il semble donc que le CP est non seulement un système qui produit nos intentions préalables, mais qu'il fait également partie des mécanismes qui permettent à un raisonneur d'inhiber les réponses motrices inappropriées (Lafrague & Sirigu, 2004).

Afin de rendre pleinement compréhensible la fonction de chacune de ces zones cérébrales, nous pouvons imaginer la situation suivante : en tant que Canadiens, nous avons coutume de regarder du côté gauche de la rue en premier avant de traverser. Or, nous sommes en voyage en Angleterre et, dans ce pays, il faut plutôt regarder du côté droit de la rue pour traverser, puisque le sens de la circulation est à l'inverse du nôtre. Si nous avons cette information présente à la mémoire de travail, nous pouvons réaliser la tâche sans problème, mais lorsque nous l'oublions, les habitudes reviennent au galop. C'est pourquoi il faut mobiliser diverses stratégies pour trouver celle qui est la plus adaptée à nous et la mettre en pratique jusqu'à ce que ce soit un automatisme. Une fois internalisé, ce problème ne se posera plus.

En d'autres termes, nous voulons traverser la rue. Comble de malheur, nous regardons du mauvais côté de la rue et, du coin de l'œil, nous apercevons une voiture arriver à toute allure. Le CP repère l'objet dans l'espace et nous parvenons à inhiber le comportement moteur inapproprié (traverser la rue) en émettant un signal au cortex moteur pour lancer l'intention de mise en arrêt. Ce signal de

mise en arrêt moteur est devenu possible grâce au CPFV qui, simultanément, une fois les informations relatives au stimulus présentées à nous, a maintenu actif l'ensemble des informations actuelles et antérieures pertinentes à l'élaboration d'une stratégie alternative dans notre mémoire de travail. Cette diversité d'informations a toutefois généré de multiples options qui se disputent toutes l'expression du comportement (la mise en action) : devrions-nous crier pour que le conducteur nous évite ? ; devrions-nous poursuivre notre traversée à la course pour éviter la voiture ? ; devrions-nous faire marche arrière pour nous immobiliser sur le bord de la route ? ; etc.

C'est alors que le CCA, étant impliqué dans la gestion de conflits (concurrence des réponses) et dans la détection des erreurs, a déclenché un processus de comparaison dans lequel une représentation de la réponse voulue et correcte est comparée à une représentation de la réponse réelle. Ce qui nous a permis, grâce à la surveillance cognitive du CCA et à la flexibilité cognitive du CPFV, de choisir l'option la plus appropriée à la situation, soit : d'opérer un demi-tour et de s'immobiliser sur le bord de la route avant de traverser à nouveau lorsque la voiture sera partie. Finalement, la peur de nous faire happer par une voiture en Angleterre (une expérience très éprouvante) pourrait nous marquer somatiquement avec de fortes émotions à valence négative, ce qui facilitera le traitement de l'information lors de situations ultérieures similaires : le CPFVM, lors de situations similaires, activera d'emblée les meilleures procédures.

À la suite de cette expérience, et pour le reste de notre séjour en Angleterre, deux scénarios se dessinent : soit nous allons réitérer l'expérience plusieurs fois, déclenchant le même processus cognitif, jusqu'à l'intériorisation de la bonne procédure. Il s'agit, ici, d'une inhibition en contexte froid, ce qui implique le CPFV, le CCA et le CP (Goel, 2023). Soit, nous allons, par peur de nous faire happer, inhiber notre envie de traverser la rue en regardant du côté gauche pour regarder le côté droit, jusqu'à l'intériorisation de la procédure. Cette alternative est une inhibition en contexte chaud, ce qui implique le CPFVM et le CCA (Goel, 2023).

En définitive, cette mise en situation illustre quelles zones cérébrales contribuent au déclenchement des fonctions exécutives (la mémoire de travail, la flexibilité cognitive et le contrôle inhibiteur) et comment ces dernières nous aident à inhiber nos erreurs de raisonnement. Par ailleurs, nous pouvons constater que chacune des zones susmentionnées est également activée lorsque l'esprit réflexif est mobilisé, ce qui suggère une corrélation entre la métacognition, l'esprit algorithmique et les émotions. En ce sens, il est raisonnable de supposer que l'entraînement de nos compétences

métacognitives peut effectivement nous aider à inhiber plus facilement nos erreurs de raisonnement, et ce, autant en contexte froid qu'en contexte chaud.

En effet, nous savons que l'esprit réflexif représente la capacité d'un raisonneur à réfléchir de manière critique sur ses propres pensées, ses propres émotions et ses propres processus décisionnels. Développer cette habileté métacognitive permettra donc à un raisonneur d'apprendre à être prudent épistémiquement (ne pas se compromettre) en acquérant ou peaufinant ses capacités de réflexion approfondie (recherche, compréhension, évaluation), d'auto-évaluation, de flexibilité cognitive (ajustement, adaptabilité), d'innovation (créativité, imagination), etc. En d'autres termes, en développant ses aptitudes métacognitives, un raisonneur devient plus habile à repérer les situations problématiques avant qu'il ne se compromette. Dans le cas contraire, cela lui donne la possibilité de repérer les erreurs commises pendant ou après l'analyse. Ce sont ici deux habiletés essentielles à une gestion du traitement de l'information qui est efficace, autant en contexte froid qu'en contexte chaud.

Si nous regardons en contexte froid, l'esprit réflexif peut venir soutenir l'esprit algorithmique en lui fournissant un plus grand bagage épistémologique pour résoudre la tâche demandée. En effet, l'esprit algorithmique réfère uniquement à l'utilisation des processus cognitifs automatisés ou à l'utilisation de règles fixes pour répondre à des problèmes. C'est, entre autres choses, la raison pour laquelle ce système de traitement de l'information peut également mener à des erreurs de raisonnement si les conditions changent ou si des biais sont présents. Ce faisant, un esprit réflexif bien entraîné pourrait aider un raisonneur à surveiller, évaluer et sélectionner les savoirs, les procédures et les stratégies algorithmiques les plus pertinentes et efficaces pour la résolution de la tâche demandée. En effet, lorsque nous repérons une erreur, il faut être en mesure de lui substituer une réponse plus appropriée. Ce faisant, reconnaître nos limites épistémologiques par une introspection cognitive favorise la prudence épistémique. D'une part, cela permet au raisonneur d'évaluer s'il possède les connaissances appropriées pour résoudre la tâche demandée et, le cas échéant, de sélectionner les plus appropriées. D'autre part, si le raisonneur ne possède pas les connaissances appropriées à la résolution de la tâche demandée, cela lui permet de suspendre son jugement à des fins de recherche ou d'admettre son incapacité à résoudre, pour le moment, la tâche demandée.

Puis, en ce qui concerne les contextes chauds, il est vrai que les émotions peuvent influencer nos processus métacognitifs en modulant notre attention, notre concentration et notre capacité à évaluer nos propres pensées et actions. Toutefois, l'amygdale interfère parfois avec la pensée rationnelle, créant, de ce fait, des biais émotionnels. Ce faisant, l'esprit réflexif peut venir soutenir le CPFVM à l'avantage du raisonneur en lui permettant d'observer, de réguler et de maintenir un état cognitivo-émotionnel approprié à la résolution de la tâche demandée. En effet, la métacognition permet non seulement de nous observer et de nous évaluer de manière critique, mais elle permet aussi une prise de conscience sur nos émotions, leur intensité et leurs origines. Plus précisément, elle permet à un raisonneur de réguler ses émotions afin de favoriser le maintien de la concentration et de l'ajustement des stratégies de raisonnement pour minimiser l'impact des émotions à forte valence (ce qui est particulièrement important en contexte chaud où les émotions peuvent parfois prendre le dessus, créant, de ce fait, des biais émotionnels). Ensuite, la métacognition permet également au raisonneur de réfléchir sur ses processus décisionnels et d'évaluer pourquoi et comment ses émotions peuvent influencer positivement ou négativement sa prise de décision et de rectifier cette dernière au besoin.

Ainsi, nous pouvons constater que peu importe le contexte (froid ou chaud) dans lequel nous nous retrouvons, l'esprit réflexif peut être mobilisé pour compléter notre processus de raisonnement. Il nous permet, entre autres choses, d'avoir un regard rétrospectif sur l'ensemble de nos états mentaux (cognitifs et émotionnels) et de dresser un tableau complet des éléments qui y figurent afin d'analyser la rectitude de ces derniers et de les corriger au besoin en imaginant ou en récoltant les meilleures informations pour élaborer un scénario alternatif. Plus précisément, en contexte froid, l'esprit réflexif facilite la réflexion critique et l'évaluation des biais. Puis, en contexte chaud, il facilite non seulement la régulation des processus cognitifs, mais également la régulation des processus émotionnels. Cette flexibilité cognitive permet donc à tout raisonneur d'améliorer la qualité et la précision du raisonnement dans divers contextes.

En fin de compte, la précédente analyse nous permet de conclure que la théorie duale du traitement de l'information de Keith Stanovich est complémentaire à la théorie d'Olivier Houdé. En réunissant ces deux théories, nous obtenons un cadre plus complet qui offre une meilleure compréhension du fonctionnement de notre capacité inhibitoire et de la façon dont elle peut être améliorée. Si les émotions peuvent fournir des signaux rapides (inconscient ou préconscient) et intuitifs pour nous aider à porter attention à certaines situations ambiguës, la métacognition, quant à elle, fournit un

contrôle plus conscient, délibéré et réfléchi sur nos processus cognitifs et émotionnels. Autrement dit, l'esprit réflexif apporte non seulement des habiletés supplémentaires de régulation émotionnelle, mais également des habiletés cognitives très importantes au bon fonctionnement de l'esprit algorithmique par le biais d'une meilleure conscience de soi (une meilleure surveillance, régulation, flexibilité, décision cognitive).

En ce sens, développer une pédagogie du raisonnement efficace et optimale requiert non seulement l'intégration et l'entraînement des habiletés cognitivo-émotionnelles, mais également de la métacognition, car elle offre un niveau supplémentaire de contrôle cognitif, d'adaptabilité et de réflexivité qui s'avère complémentaire aux émotions. Une analyse longitudinale démontre même que l'autodiscipline que requiert l'esprit réflexif lors de sa mise en fonction est un « meilleur prédicteur des changements dans la moyenne pondérée au cours de l'année scolaire que l'intelligence » (Goff et Ackerman, 1992 ; Higgins, Peterson, Pihl et Lee, 2007 ; Stanovich, 2011). Ce faisant, au lieu de considérer ces processus mentaux comme concurrents (émotions et métacognition), nous soutenons plutôt qu'il serait pertinent et bénéfique de reconnaître leur complémentarité.

CONCLUSION

Nous arrivons, ici, au terme de cette étude. Toutefois, avant de donner nos derniers commentaires, nous croyons qu'il convient de revenir sur les questions et réflexions qui ont orienté notre démarche.

Depuis plusieurs décennies, nous avons tenu pour acquis que tous les êtres humains, lorsqu'ils arrivés à maturation cognitive, sont des êtres rationnels ; c'est-à-dire qu'ils prennent des décisions basées sur des raisonnements logiquement valides. Or, il a maintes fois été prouvé que cela n'était pas le cas : en plusieurs contextes, nous commettons systématiquement des erreurs de raisonnement. Ce faisant, il semble qu'atteindre notre maturation cognitive ne soit pas suffisant pour être pleinement rationnel. Nous nous sommes donc, d'une part, demandé pourquoi les raisonneurs commettent systématiquement des erreurs de raisonnement en certains contextes. Puis, d'autre part, nous nous sommes demandé comment nous pouvions davantage développer nos compétences réflexives et rationnelles afin de remédier à ce problème. Ces questionnements et réflexions nous ont conduits à des constats qui ont éveillé notre curiosité du point de vue pédagogique. Plus précisément, ils ont généré des réflexions concernant une pleine intégration des émotions et de la métacognition dans l'apprentissage scolaire afin de favoriser le développement d'une pédagogie du raisonnement efficace.

En ce sens, le parcours de nos réflexions occasionne une double conclusion. Nous concluons premièrement cette étude par une synthèse des acquis. Nous résumerons de manière concise le chemin parcouru pour répondre aux questionnements et réflexions qui ont conduit à la concrétisation du présent travail. Deuxièmement, nous concluons cette étude par une discussion ouverte concernant la pertinence de mener davantage de recherche andragogique sur le développement et l'intégration d'activités pédagogiques qui favorisent les habiletés cognitivo-émotionnelles et métacognitives dans le cursus scolaire pour l'amélioration des compétences rationnelles, mais surtout, inhibitoires.

Première partie de la conclusion : synthèse des acquis

Dans le premier chapitre, nous nous sommes principalement intéressés à la croyance selon laquelle un individu qui atteint le terme de son parcours scolaire, ainsi que le terme de sa maturation cognitive, devrait être un agent pleinement rationnel, c'est-à-dire un agent cognitif qui serait en

mesure de conduire ses raisonnements avec logique et où l'erreur de raisonnement serait l'exception à la règle. Nous avons vu que le fondement de cette croyance provient des travaux de Jean Piaget. Ce dernier endossait une conception rationaliste forte. Il croyait que l'esprit humain acquiert progressivement un système rationnel unifié qui se conforme aux principes logiques de base lorsqu'il traite de l'information.

Or, nous avons également vu au terme de ce chapitre qu'il existe un écart systématique entre le modèle normatif idéal piagétien de la rationalité et les comportements effectifs des individus pour des situations qui n'outrepassent pas la portée de leurs capacités cognitives. C'est du moins ce que Wason prouve avec sa tâche de sélection. En effet, étant une tâche logique élémentaire, la résolution du problème ne devrait pas représenter un niveau de complexité élevé. Pourtant, il semble que sa résolution présente une grande difficulté, car le taux de réussite est extrêmement bas : peu d'adultes accomplissent la tâche avec succès (Wason, 1968). Ces résultats viennent donc remettre en perspective les modèles classiques de la rationalité au profit d'une position davantage irrationaliste de la cognition humaine. Il s'avère plutôt que le cerveau humain n'est pas conçu pour raisonner selon les préceptes de la rationalité telle que traditionnellement postulée.

Ce constat nous conduit alors au second chapitre, où nous avons vu que Jonathan Evans et Daniel Kahneman, par leur rationalisme faible, seraient un bon compromis entre le rationalisme fort de Piaget et l'irrationalisme de Wason. Ces derniers démontrent plutôt qu'en certains contextes les raisonneurs sont parfois rationnels et souvent irrationnels. Plus précisément, Evans et Kahneman soutiennent qu'en certains contextes, les raisonneurs dits « rationnels » empruntent de manière systématique et inconsciente des raccourcis mentaux pour résoudre des tâches de raisonnement — parfois même très simples — créant ainsi des biais cognitifs. Ces biais, selon Evans et Kahneman, seraient difficiles à inhiber en raison de l'interaction parfois conflictuelle entre nos deux systèmes du traitement de l'information, soit le système 1 et le système 2. Puis, en raison des interactions parfois conflictuelles entre le S1 et le S2, nous avons vu qu'Evans et Kahneman rejettent l'idée selon laquelle un individu ayant atteint sa maturité cognitive acquiert et applique de manière soutenue et constante la logique des logiciens (Evans, 2007). Ce qui gouverne principalement nos processus inférentiels, ce sont des automatismes cognitifs inconscients, dont plusieurs mènent aux biais cognitifs.

Bien que nous soyons généralement en accord avec le constat d'Evans et Kahneman en ce qui concerne la rationalité, nous ne partageons pas le constat pessimiste qui se dégage de leur conclusion. Autrement dit, nous sommes en accord avec Evans et Kahneman pour dire que les raisonneurs sont parfois rationnels et souvent irrationnels, mais nous ne partageons pas leur conclusion concernant la correction des biais de raisonnement. Pour ces derniers, le système 1 est très difficile à contrecarrer et il serait donc assez difficile de faire disparaître les biais de raisonnement, car ils seraient trop profondément ancrés dans l'esprit pour être inhibés (Evans, 1989).

Or, sans prétendre qu'il est facile d'inhiber nos erreurs de raisonnement, nous sommes convaincus qu'un raisonneur peut les inhiber plus aisément que ce que présumaient Evans et Kahneman. En fait, nous sommes persuadés que la combinaison des émotions et de la métacognition peut amener un raisonneur à développer des stratégies inhibitoires optimales, efficaces et efficaces. Cette conviction est ce qui anime les troisièmes et les quatrièmes chapitres où les théories d'Olivier Houdé et de Keith Stanovich ont été présentées, nous permettant, de ce fait, de soutenir leur complémentarité dans la cognition humaine. Cette complémentarité constitue d'ailleurs notre contribution dans le présent mémoire, car nous soutenons qu'elle renforce le rationalisme faible d'Evans et de Kahneman vers l'atteinte d'un rationalisme un peu plus fort, que nous pourrions qualifier de rationalisme modéré. En effet, nous soutenons que tout raisonneur peut atteindre un rationalisme plus modéré s'il parvient, par l'intermédiaire de ses habiletés cognitivo-émotionnelles et métacognitives, à développer des stratégies inhibitoires efficaces. Pour ce faire, il doit, en complément aux entraînements logiques, intégrer l'entraînement de son système 3 (soit le cortex préfrontal ventromédian et le système limbique, donc l'hippocampe et l'amygdale), ainsi que son esprit réflexif (soit la métacognition).

D'un côté, nous avons vu au troisième chapitre qu'Houdé et Damasio ont démontré que les émotions ont un rôle essentiel dans la pensée rationnelle, puisque ce qui unirait les systèmes cognitifs S1 (intuition), S2 (logique/raisonnements analytiques) et S3 (exécutif) serait le cerveau cognitivo-émotionnel. Plus précisément, les émotions seraient une sorte de guidage émotionnel vers la prise de décision rationnelle. D'une part, les émotions à forte valence (la joie, la motivation, l'intérêt, le doute, la peur de se tromper, etc.) peuvent motiver un raisonneur à revêtir une prudente épistémique. D'autre part, il s'avère que les émotions ont un rôle évaluateur et modérateur dans le processus de prise de décision, car elles sont un appui informatif incontournable aux processus

cognitifs impliqués dans le traitement de l'information (Damasio, 2008). Sans que nous en ayons conscience, les émotions précatégorisent les stimuli qui guident l'examen cognitif (Damasio, 2008) et mettent « en éveil la conscience pour évaluer la situation et identifier ce qui a déclenché cette activité et réorganiser les plans d'action » (Berthoz, 2003, p. 67).

D'un autre côté, au quatrième chapitre, nous avons vu que Keith Stanovich soutient que la métacognition est également un facteur essentiel dans la pensée rationnelle, puisque l'esprit réflexif unirait le système 1 au deuxième niveau cognitif du système 2, soit l'esprit algorithmique. Pour ce dernier, inhiber une erreur de raisonnement requiert non seulement qu'un raisonneur ait une bonne machinerie algorithmique, mais qu'il ait également de bonnes dispositions de pensée. Autrement dit, un raisonneur doit avoir la connaissance et les habiletés logico-mathématiques appropriées (S2 algorithmique) pour élaborer de meilleures réponses que celles initialement données en S1 et les remplacer. Mais il doit aussi être dans la capacité d'effectuer une analyse des objectifs globaux ainsi que de ses croyances et désirs afin de comprendre la situation devant laquelle il se retrouve (S2 réflexif). En d'autres termes, la reconnaissance de la nécessité de stopper le S1 s'effectue au niveau réflexif du S2 et représente l'ensemble de nos dispositions de pensée. Puis, la décision de s'abstenir de répondre (manque de connaissance, par exemple) ou la décision de remplacer la réponse non appropriée par une réponse qui est plus appropriée s'effectue au niveau algorithmique du S2.

Puis, s'il est pertinent d'entraîner ces deux aptitudes cognitives (émotions et métacognition), c'est parce qu'elles sont toutes deux impliquées dans le déclenchement des fonctions exécutives (mémoire de travail, contrôle inhibiteur et flexibilité cognitive) ainsi que de la prise de décision, et ce, autant en contexte froid qu'en contexte chaud.

Si nous regardons d'abord en contexte froid (contexte non émotionnellement chargé), l'esprit réflexif peut venir soutenir l'esprit algorithmique en lui fournissant un plus grand bagage épistémologique pour résoudre la tâche demandée. En effet, un esprit réflexif bien entraîné pourrait aider un raisonneur à surveiller, évaluer et sélectionner les savoirs, les procédures et les stratégies algorithmiques les plus pertinentes et efficaces pour la résolution de la tâche demandée. Ce faisant, reconnaître nos limites épistémologiques par une introspection cognitive favorise la prudence épistémique. D'une part, cela permet au raisonneur d'évaluer s'il possède les connaissances appropriées pour résoudre la tâche demandée et, le cas échéant, de sélectionner les plus appropriées.

D'autre part, si le raisonneur ne possède pas les connaissances appropriées à la résolution de la tâche demandée, cela lui permet de suspendre son jugement à des fins de recherche ou d'admettre son incapacité à résoudre, pour le moment, la tâche demandée.

Développer cette habileté métacognitive permettra donc à un raisonneur d'apprendre à être prudent épistémiquement (ne pas se compromettre) en acquérant ou peaufinant ses capacités de réflexion approfondie (recherche, compréhension, évaluation), d'auto-évaluation, de flexibilité cognitive (ajustement, adaptabilité), d'innovation (créativité, imagination), etc. En d'autres termes, en développant ses aptitudes métacognitives, un raisonneur devient plus habile à repérer les situations problématiques avant qu'il ne se compromette. Dans le cas contraire, cela lui donne la possibilité de repérer les erreurs commises pendant ou après l'analyse.

Dans les contextes chauds (contextes émotionnellement chargés), les émotions nous aident à inhiber nos erreurs de raisonnement en activant des mécanismes cognitifs qui favorisent la prise de décision par le truchement de l'autorégulation. En effet, les émotions modulent notre attention, notre concentration et notre capacité à évaluer nos propres pensées et actions. Toutefois, même si elles sont très utiles pour nous aider à inhiber nos erreurs de raisonnement, elles peuvent aussi être les initiatrices de biais de raisonnement. Le cas échéant, l'esprit réflexif est d'un grand support. Il vient soutenir le cortex préfrontal ventromédian en permettant au raisonneur d'observer, de réguler et de maintenir un état cognitivo-émotionnel approprié à la résolution de la tâche demandée. En ce sens, la métacognition permet non seulement de nous observer et de nous évaluer de manière critique, mais elle permet aussi une prise de conscience sur nos émotions, leur intensité et leurs origines. Donc, d'une part, l'esprit réflexif permet la régulation des émotions afin de favoriser le maintien de la concentration et de l'ajustement des stratégies de raisonnement pour minimiser l'impact des émotions à forte valence. Et, d'autre part, l'esprit réflexif peut aider un raisonneur à réfléchir sur ses processus décisionnels et à évaluer pourquoi et comment ses émotions peuvent influencer positivement ou négativement sa prise de décision, en rectifiant cette dernière au besoin.

Ainsi, nous pouvons constater que peu importe le contexte (froid ou chaud) dans lequel nous nous retrouvons, nos aptitudes cognitivo-émotionnelles et l'esprit réflexif peuvent être mobilisés pour compléter notre processus de raisonnement. Ils nous permettent, entre autres choses, d'être guidés vers de meilleures alternatives, d'avoir un regard rétrospectif sur l'ensemble de nos états

mentaux (cognitifs et émotionnels) et de dresser un tableau complet des éléments qui y figurent afin d'analyser la rectitude de ces derniers et de les corriger au besoin.

Deuxième partie de la conclusion : discussion ouverte

À ce point du présent mémoire, nous devons également mentionner que ce qui a motivé sa concrétisation sont les observations que nous avons faites sur le terrain, en tant qu'enseignante de philosophie, au sein de plusieurs classes de philosophie au collégial. En ce sens, cette recherche n'est pas uniquement théorique, elle est ancrée dans une pratique, son but étant de nous aider à aider nos apprenants. En effet, avant d'entreprendre les recherches qui ont permis la concrétisation du présent mémoire, nous avons fait l'observation que les apprenants avaient de la difficulté à maîtriser et à mettre en application des raisonnements logiques et nous nous interrogeons sur le fait de savoir pourquoi les apprenants avaient autant de difficulté dans ce domaine et comment nous pouvions pallier ce problème.

Puis, lorsque nous avons entamé nos recherches, nous avons trouvé maintes études qui démontraient que les étudiants au niveau collégial présentaient des difficultés au niveau du développement, de la maîtrise et de la mise en application du raisonnement logique sans toutefois donner des pistes de solutions concrètes pour résorber le problème (Baron & Sternberg, 1987 ; Beyer, 1987 ; Costa, 1984 ; Nickerson, 1988). Ce manque de discussion ouverte nous apparaît problématique, car certains de ces apprenants seront admis à l'université sans posséder les habiletés cognitives essentielles à leurs études (Sainz et Biggins, 1993) ; mais certains seront également peu outillés pour relever les nouveaux défis de demain. Ceci est d'autant plus problématique dans la mesure où, comme citoyens vivant dans une démocratie, nous devons user de la pensée logique et critique pour participer au développement de la société, mais aussi pour favoriser notre développement personnel. La pensée rationnelle est fondamentale pour de telles visées en ce qu'elle nous permet l'autonomie nécessaire à l'élaboration d'une opinion éclairée, réfléchie et qui s'approche d'une juste représentation du réel.

Ce faisant, à ce stade de nos réflexions et pour pallier ce problème, nous nous sommes retournées vers les devis ministériels du préscolaire, du primaire et du secondaire afin d'examiner le programme didactique et pédagogique que les apprenants doivent suivre. Nous nous sommes alors aperçus que le système éducatif québécois, comme plusieurs autres systèmes éducatifs, s'était

inspiré du modèle piagétien du développement cognitif pour découper son cursus scolaire. Non seulement Piaget est-il cité par le ministère de l'Éducation dans ses devis ministériels, mais nous pouvons également constater que chacune des grandes étapes éducatives – le préscolaire, le primaire, le secondaire et les études postsecondaires – ainsi que leurs contenus pédagogiques, correspond approximativement aux stades du développement cognitif tels que postulés par Piaget et aux habiletés cognitives décrites par ce dernier.

Il semble donc que le ministère de l'Éducation québécois infère que les apprenants, au moment de leur admission au collégial, ont acquis sous le modèle piagétien du développement cognitif, le raisonnement logique et qu'ils sont, sauf exception à la règle, habituellement rationnels. Or, ce n'est pas nécessairement le cas. Bien que les apprenants aient effectivement appris et maîtrisé des règles logiques, ces derniers, comme l'a démontré ce présent travail, ne savent pas nécessairement repérer et inhiber les réponses inappropriées, les empêchant, de ce fait, d'appliquer correctement les règles logiques apprises.

Ainsi, au regard des connaissances acquises durant nos recherches et sans vouloir discréditer la contribution majeure de Piaget dans la psychologie du développement et de la pédagogie contemporaine, notre mémoire nous amène à conclure qu'il serait pertinent que le ministère de l'Éducation revoie ses devis ministériels. Plus précisément, il conviendrait d'envisager l'importance d'une approche intégrée qui tient compte des récentes avancées et des récentes littératures scientifiques en sciences cognitives (littératures dont le présent mémoire fait état), ainsi qu'en sciences de l'éducation. Bien que les travaux de Piaget demeurent un fondement de la psychologie du développement et de la pédagogie contemporaine, ils ont aujourd'hui été enrichis et nuancés par des recherches en neuroscience, en psychologie cognitive, en andragogie et en pédagogie, qui intègrent des éléments importants qu'il n'avait pas pris en compte dans ses travaux.

En effet, les études menées dans ces secteurs, ces dernières décennies, ont largement démontré que la métacognition et les émotions sont des éléments importants qui favorisent l'apprentissage. Par exemple, il est maintenant reconnu que la métacognition, lorsqu'intégrée aux méthodes pédagogiques, contribue au développement de la compétence « apprendre à apprendre », ce qui est indispensable pour devenir compétent. De surcroît, il est maintenant reconnu que l'apprentissage n'est pas seulement un processus cognitif, mais qu'il est également un processus émotionnel. Les émotions peuvent modifier et renforcer l'apprentissage dans la mesure où elles influencent

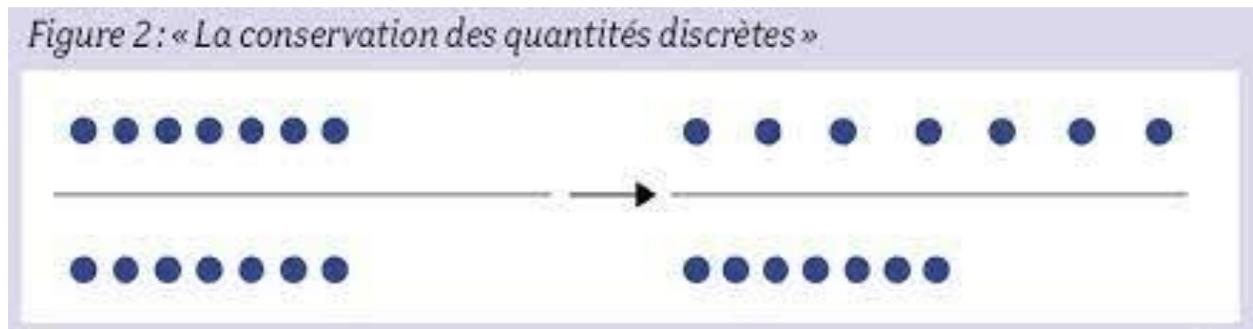
l'attitude (intérêts et motivations) et les fonctions exécutives de l'apprenant (mémorisation, flexibilité cognitive et contrôle inhibiteur). En ce sens, la métacognition et l'activation émotionnelle (qu'elle soit à valeur positive ou négative) agissent directement sur la plasticité cérébrale, sur les mécanismes de raisonnement, ainsi que sur les mécanismes de prise de décision.

Ainsi, s'il s'avère que ce n'est pas la logique qui fait défaut, mais bien la capacité inhibitoire, peut-être devrions-nous mener davantage d'études sur la pertinence de combiner les cours de philosophie, de logique, de mathématique, etc., avec des cours portant sur la maîtrise de nos compétences cognitivo-émotionnelles et métacognitives. Nous croyons qu'une telle approche intégrée privilégierait un apprentissage en profondeur, parce qu'elle permettrait à tous les apprenants d'obtenir des alternatives pédagogiques en fonction de leurs différences individuelles. Plus précisément, une approche intégrée favoriserait un apprentissage en profondeur, parce que les apprenants seraient directement placés au cœur de leur processus d'apprentissage. Ces derniers seraient alors amenés à découvrir leurs différences individuelles et à apprendre ainsi que déployer des stratégies cognitives, métacognitives, affectives et de gestion pour pallier leurs différences individuelles et parfaire leur processus de raisonnement (Stanovich, 2011 ; Tardif, 1997).

ANNEXE A

La conservation des quantités discrètes selon Piaget

La tâche de la conservation des quantités discrètes se présente comme suit : dans un premier temps, on dispose sur une table deux rangées de jetons. Chaque rangée possède la même longueur (espace occupé sur la table) et possède le même nombre de jetons (quantité discrète). Puis, on demande à des enfants de déterminer si chacune des rangées possède le même nombre de jetons. Dans un second temps, sans changer la quantité de jetons, l'expérimentateur écarte les jetons d'une rangée afin que cette dernière paraisse plus longue que la seconde. Ensuite, les mêmes enfants qu'au premier tour doivent déterminer si les deux rangées possèdent le même nombre de jetons (Piaget, J. & Szeminska, A., 1941).



ANNEXE B

Schématisation des mécanismes de l'intelligence hypothético-déductive – l'escargot chez Piaget

L'expérimentation de l'escargot se présente comme suit : un expérimentateur dispose un escargot (une coquille vide) sur une planche qui est elle-même mobile par rapport à la table où elle se trouve, et les enfants/adolescents doivent anticiper son parcours. L'escargot peut se déplacer dans un sens, le sens « I », ou dans le sens qui l'annule, le sens « N ». Cependant, l'expérimentateur, par rapport à un point de référence externe, peut également avancer la planche dans le sens contraire de « I ». Cela a pour effet d'empêcher « I » d'être annulé par « N ». Pour l'annuler, un mouvement réciproque doit être effectué, soit le mouvement « R » ; cette dernière étant également la corrélative « C » de la première opération, puisque les parcours « I » et « C » se cumulent.

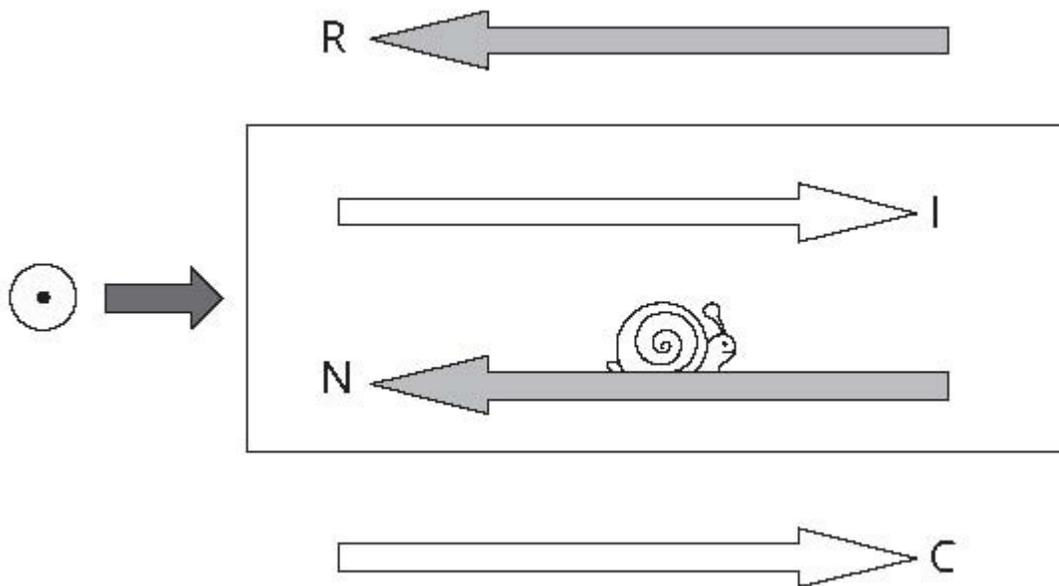
⊙ = Point de vue de l'observateur

LI = Opération directe ou Identique spéciale

N = Négation

R = Réciproque

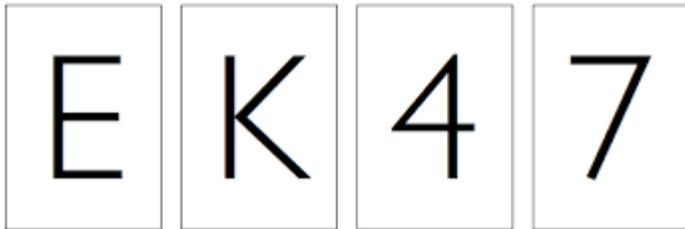
C = Corrélatif.



ANNEXE C

La tâche de sélection de Wason

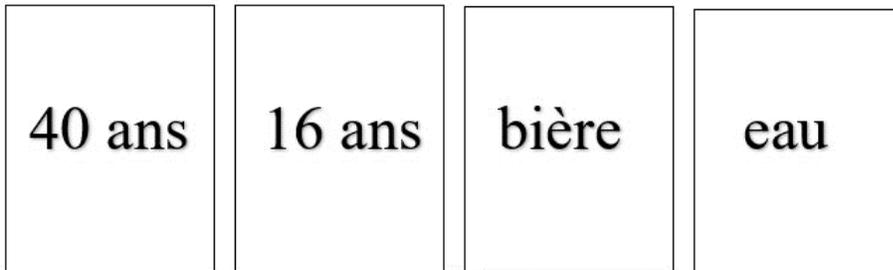
Sommairement, cette tâche consiste à disposer quatre cartes, à plat, sur une table. Sur chacune de ces cartes figure un nombre d'un côté et une lettre de l'autre. Comme les cartes sont disposées à plat sur la table, un côté des cartes demeure toujours caché. Sur la face visible de la première carte, un observateur peut constater qu'il y a un « E » d'inscrit. Sur la carte suivante, un « K », sur la troisième, un « 4 » et sur la dernière carte, un « 7 ». Puis, on demande au participant quelle carte il doit retourner pour vérifier si la règle suivante est respectée : « si une carte a une voyelle sur une face, alors elle a un nombre pair sur son autre face » (Wason, 1968).



ANNEXE D

La tâche de sélection de Griggs et Cox

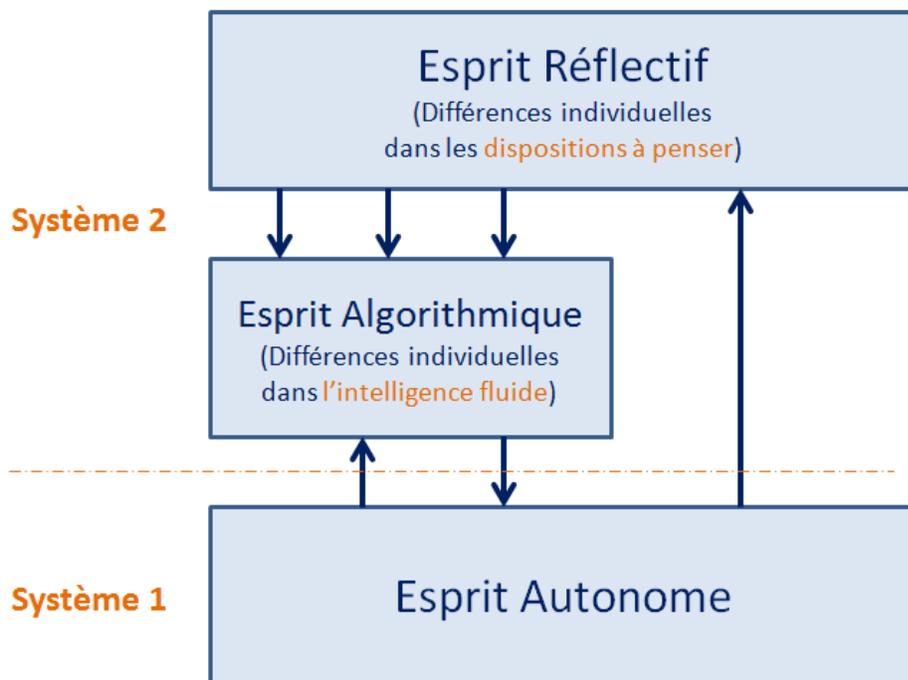
La tâche de Griggs et Cox se présente comme suit : vous êtes un barman dans un bar et votre patron vous dit que vous devez vous assurer que *toute personne qui boit de l'alcool doit avoir au minimum l'âge légal (au minimum 18 ans)*. Devant vous, on dispose, à plat, quatre cartes où il y a l'âge du client d'un côté et le breuvage qu'il boit de l'autre. Étant disposée à plat, l'une des surfaces de chacune des cartes demeure cachée, de sorte que vous ne pouvez qu'observer les informations suivantes : « 40 ans », « 16 ans », « bière » et « eau ». Quelles cartes allez-vous retourner afin de vérifier que vous respectez la consigne énoncée par votre patron (Griggs et Cox, 1982) ?



ANNEXE E

Structure tripartite du système dual selon Keith Stanovich

Ici, nous pouvons remarquer que la théorie des systèmes duaux de Keith Stanovich est tripartite dans la mesure où le système 2 est composé de deux mécanismes distincts, soit l'esprit algorithmique et l'esprit réflexif. En ce sens, son modèle s'opère en trois temps. Il y a d'abord le système 1 qui est enclenché dès qu'un stimulus dans l'environnement est perçu. Puis, l'esprit réflexif surveille les activités cognitives du système 1 pour déclencher, au besoin, l'esprit algorithmique afin d'inhiber une réponse au profit d'une meilleure.



BIBLIOGRAPHIE

- Allain, P. (2013). La prise de décision : Aspects théoriques, neuro-anatomie et évaluation. *Revue de neuropsychologie*, 5, 69–81. <https://doi.org/10.1684/nrp.2013.0257>
- Allaire-Dagenais, L. (1982). Jean Piaget et l'intelligence. *Québec français*, (48), 66–67.
- Aylwin, U. (1992b). Les principes d'une bonne stratégie pédagogique. *Pédagogie collégiale*, 5(4), 11–15.
- Aylwin, U. (1992c). Les principes d'une bonne stratégie pédagogique (suite). *Pédagogie collégiale*, 6(1), 23–29.
- Baggetta, P., & Alexander, P. A. (2016). Conceptualization and operationalization of executive function. *Mind, Brain, and Education*, 10(1), 10–33. <https://doi.org/10.1111/mbe.12100>
- Baron, J. B., & Sternberg, R. J. (Eds.). (1987). *Teaching thinking skills: Theory and practice*. Freeman.
- Beaulac, G., & Robert, S. (2011). Théories à processus duaux et théories de l'éducation : Le cas de l'enseignement de la pensée critique et de la logique. *Les ateliers de l'éthique/The Ethics Forum*, 6(1), 63–77. <https://doi.org/10.7202/1044302ar>
- Bélec, C. (2020). Et si on faisait fausse route quant aux difficultés de lecture des étudiants ? *Pédagogie collégiale*, 33(3), 4–10.
- Berthoz, A. (2003). *La décision*. Odile Jacob.
- Berthoz, A. (2013). *La vicariance : Le cerveau créateur de mondes*. Odile Jacob.
- Beth, E. W., & Piaget, J. (1961). *Épistémologie mathématique et psychologie : Essai sur les relations entre la logique formelle et la pensée réelle* (Bibliothèque scientifique internationale). Presses Universitaires de France.
- Beyer, B. K. (1987). *Practical strategies for the teaching of thinking*. Allyn and Bacon.
- Bideaud, J., & Houdé, O. (1987). Représentation analogique et résolution du problème dit d'inclusion. *Archives de psychologie*, 55, 281–303.
- Bloom, B. S., Engelhart, M. D., Furst, E. J., Hill, W. H., & Krathwohl, D. R. (1956). *Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals. Handbook I: Cognitive domain*. David McKay Company.
- Bonin, P., & Méot, A. (2019). Pourquoi avons-nous encore peur des serpents ? Apport de la psychologie évolutionniste à la compréhension de certains biais comportementaux. *L'Année psychologique*, 119, 363–396. <https://doi.org/10.3917/anpsy1.193.0363>

- Brun, S. (2022). Améliorer les fonctions exécutives et les habilités pro-sociales d'adolescentes placées sous contrainte dans le cadre d'ateliers d'appui scolaire spécialisé. *Cortica*, 1(1), 80–111. <https://doi.org/10.26034/cortica.2022.1941>
- Bullock, M., Gelman, R., & Baillargeon, R. (1982). The development of causal reasoning. In W.Friedman (Ed.), *The developmental psychology of time* (pp. 209–254). Academic Press.
- Camus, O., & Pétard, J.-P. (2007). *Psychologie sociale* (2e éd., coll. Grand amphi psychologie). Bréal.
- Carey, S. (1998). Knowledge of number: Its evolution and ontogeny. *Science*, 282, 641–642.
- Carlson, S. M., Zelazo, P. D., & Faja, S. (2013). Executive function. In P. D. Zelazo (Ed.), *The Oxford handbook of developmental psychology: Vol. 1. Body and mind* (pp. 706–743). Oxford University Press.
- Carter, C. S., Braver, T. S., Barch, D. M., Botvinick, M. M., Noll, D., & Cohen, J. D. (1998). Anterior cingulate cortex, error detection, and the online monitoring of performance. *Science*, 280(5364), 747–749. <https://doi.org/10.1126/science.280.5364.747>
- Claeys, D., & Roobaert, L. (2022). Trois systèmes de raisonnement en conception architecturale : Heuristique, algorithmique, métacognition. *Lieuxdits*, 22, 10–21. <https://doi.org/10.14428/ld.vi22.67143>
- Cosmides, L. (1989). The logic of social exchange: Has natural selection shaped how humans reason? Studies with the Wason Selection Task. *Cognition*, 31, 187–286.
- Cosmides, L., & Tooby, J. (1992). Cognitive adaptations for social exchange. In J. H. Barkow, L. Cosmides, & J. Tooby (Eds.), *The adapted mind: Evolutionary psychology and the generation of culture* (pp. 163–229). Oxford University Press.
- Cosmides, L., & Tooby, J. (1996). Are humans good intuitive statisticians after all? Rethinking some conclusions from the literature on judgment under uncertainty. *Cognition*, 58(1), 1–73.
- Cosmides, L., & Tooby, J. (1997). *Evolutionary psychology: A primer*. <https://www.cep.ucsb.edu/primer.html>
- Cosmides, L., & Tooby, J. (2006). Evolutionary psychology: Theoretical foundations. In L. Nadel (Ed.), *Encyclopedia of cognitive science*. Wiley. <https://doi-org.proxy.bibliotheques.uqam.ca/10.1002/0470018860.s00529>
- Costa, A. L. (1984). Mediating the metacognitive. *Educational Leadership*, 1, 57–62.
- Cowan, N. (2017). The many faces of working memory and short-term storage. *Psychonomic Bulletin & Review*, 24(4), 1158–1170. <https://doi.org/10.3758/s13423-016-1191-6>
- Damasio, A. R. (1994). Descartes' error and the future of human life. *Scientific American*, 271(4), 144. <http://www.jstor.org/stable/24942888>

- Damasio, A. (1996). The somatic markers hypothesis and the possible functions of the prefrontal cortex. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 351, 1413–1420.
- Damasio, A. (2008). *L'erreur de Descartes*. Odile Jacob.
- Darwin, C. (2008). *L'origine des espèces : Au moyen de la sélection naturelle ou la préservation des races favorisées dans la lutte pour la vie* (Original work published 1859). Flammarion.
- Darwin, C. (2015). *La descendance de l'homme et la sélection naturelle* (Original work published 1871). CreateSpace Independent Publishing Platform.
- Dawkins, R. (1995). God's utility function. *Scientific American*, 273(5), 80–85.
- Descartes, R. (1996). *Règles pour la direction de l'esprit*. Vrin.
- Désilets, M., & Brassard, C. (1994). La notion de compétence revue et corrigée à travers la lunette cognitiviste. *Pédagogie collégiale*, 7(4), 7–10.
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual Review of Psychology*, 64, 135–168. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750>
- Doudin, P.-A. (1991). Une comparaison de sujets de 11–13 ans avec et sans difficultés scolaires : Variabilité intra et interindividuelle du niveau d'acquisitions opératoires. *Bulletin de psychologie*, 45(404), 47–55. https://www.persee.fr/doc/bupsy_0007-4403_1991_num_45_404_13543
- Dubois, B., Lechevalier, B., & Bioulac, B. (2021, mai 28). Rapport 21-04. Méconnaissance du cortex préfrontal. *Bulletin de l'Académie Nationale de Médecine*, 205(7), 673–682. <https://doi.org/10.1016/j.banm.2021.05.003>
- Elimari, N., & Lafargue, G. (2023). Qu'est-ce que la psychologie évolutive? Cognition et comportements à la lumière de l'évolution. *L'Année Psychologique*, 123(1), 173. <https://doi.org/10.3917/anpsy1.231.0173>
- Entwistle, N. (1988). Motivational factors in student approaches to learning. In R. R. Schmeck (Ed.), *Learning styles and learning strategies* (pp. 21–51). Plenum.
- Evans, J. St. B. T. (1972). Interpretation and matching bias in a reasoning task. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 24(2), 193–199.
- Evans, J. St. B. T., & Lynch, J. S. (1973). Matching bias in the selection task. *British Journal of Psychology*, 64, 391–397.
- Evans, J. St. B. T. (1989). *Bias in human reasoning: Causes and consequences*. Lawrence Erlbaum Associates.
- Evans, J. St. B. T., Newstead, S., & Byrne, R. (1993). *Human reasoning: The psychology of deduction*. Lawrence Erlbaum Associates.

- Evans, J. St. B. T., & Over, D. E. (1996). *Rationality and reasoning*. Psychology Press.
- Evans, J. St. B. T. (1998). Matching bias in conditional reasoning. *Thinking and Reasoning*, 4, 45–82.
- Evans, J. St. B. T. (2003). In two minds: Dual-process account of reasoning. *Trends in Cognitive Sciences*, 7(10), 454–459.
- Evans, J. St. B. T. (2007). *Hypothetical thinking: Dual processes in reasoning and judgement*. Routledge.
- Evans, J. S. B. T. (2008). Dual-processing accounts of reasoning, judgment, and social cognition. *Annual Review of Psychology*, 59, 255–278. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.59.103006.093629>
- Evans, J. St. B. T., & Elqayam, S. (2011). Towards a descriptivist psychology of reasoning and decision making. *Behavioral and Brain Sciences*, 34, 257–284.
- Fédération des cégeps. (2014). *L'enseignement est un atout supérieur*. CÉGEP. Réalisation de absolu.ca. <https://www.lecegep.com/fr/cegep>
- Fischer, K., & Farrar, M. (1988). Generalizations about generalization: How a theory of skill development explains both generality and specificity. In A. Demetriou (Ed.), *The neo-Piagetian theories of cognitive development*.
- Flavell, J. H. (1976). Metacognitive aspects of problem solving. In L. B. Resnick (Ed.), *The nature of intelligence* (pp. 231–235). Lawrence Erlbaum.
- Flavell, J. H., & Markman, E. M. (1983). Preface. In P. Mussen (Ed.), *Handbook of child psychology* (4th ed., Vol. 3, pp. VIII). Wiley.
- Flavell, J. H. (2000). Chapitre X. Piaget et la psychologie contemporaine du développement cognitif. In O. Houdé (Ed.), *L'esprit piagétien : Hommage international à Jean Piaget* (pp. 213–221). Presses Universitaires de France. <https://doi.org.proxy.bibliotheques.uqam.ca/10.3917/puf.houde.2000.01.0213>
- Fleming, S. M., Weil, R. S., Nagy, Z., Dolan, R. J., & Rees, G. (2010). Relating introspective accuracy to individual differences in brain structure. *Science*, 329(5998), 1541–1543.
- Friedman, N. P., & Robbins, T. W. (2022). The role of prefrontal cortex in cognitive control and executive function. *Neuropsychopharmacology*, 47, 72–89. <https://doi.org/10.1038/s41386-021-01132-0>
- Gigerenzer, G. (1991). How to make cognitive illusions disappear: Beyond heuristics and biases. *European Review of Social Psychology*, 2, 83–115.
- Gigerenzer, G., Todd, P. M., & ABC Research Group. (1999). *Simple heuristics that make us smart*. Oxford University Press.

- Goel, V., & Dolan, R. J. (2003). Reciprocal neural response within lateral and ventral medial prefrontal cortex during hot and cold reasoning. *NeuroImage*, 20(4), 2314–2321. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2003.07.027>
- Goff, M., & Ackerman, P. L. (1992). Personality–intelligence relations: Assessment of typical intellectual engagement. *Journal of Educational Psychology*, 84, 537–552.
- Gouvernement du Québec. (1997). *Programme éducation préscolaire*. Ministère de l'Éducation. <https://collections.banq.qc.ca/ark:/52327/bs40248>
- Gouvernement du Québec. (2002). *Le programme de formation de l'école québécoise – Le premier cycle du primaire – Information aux parents*. Ministère de l'Éducation. <https://numerique.banq.qc.ca/patrimoine/details/52327/41932>
- Gouvernement du Québec. (2006a). *Programme de formation de l'école québécoise – Version approuvée. Éducation préscolaire et enseignement primaire*. Ministère de l'Éducation. http://www.education.gouv.qc.ca/fileadmin/site_web/documents/dpse/formation_jeunes/prform2001.pdf
- Gouvernement du Québec. (2006b). *Programme de formation de l'école québécoise – Enseignement secondaire. Premier cycle*. Ministère de l'Éducation. http://www.education.gouv.qc.ca/fileadmin/site_web/documents/dpse/formation_jeunes/prformsec1ercyclelev3.pdf
- Gouvernement du Québec. (2021). *Système d'éducation au Québec*. <https://www.quebec.ca/education/etudier-quebec/systeme-education>
- Grenier, J.-Y., Grignon, C., & Menger, P.-M. (2001). *Le modèle et le récit*. Éditions de la Maison des sciences de l'homme.
- Griggs, R. A., & Cox, J. R. (1982). The elusive thematic materials effect in Wason's selection task. *British Journal of Psychology*, 73, 407–420.
- Grize, J.-B. (1987). Logique naturelle et vraisemblance. *Intellectica: Revue de l'Association pour la Recherche Cognitive*, 4, 41–54.
- Habib, M., Lavergne, L., & Caparos, S. (2018). *Psychologie cognitive : cours, méthodologie, exercices corrigés*. Armand Colin. <https://doi.org/10.3917/arco.habib.2018.01>
- Harnad, S. (1995). Why and how we are not zombies. *Journal of Consciousness Studies*, 1, 164–167.
- Higgins, D. M., Peterson, J. B., Pihl, R. O., & Lee, A. G. M. (2007). Prefrontal cognitive ability, intelligence, big five personality, and the prediction of advanced academic and workplace performance. *Journal of Personality and Social Psychology*, 93, 298–319.
- Houdé, O. (2014). *Le raisonnement* (No 1671). Presses Universitaires de France.
- Houdé, O. (2018a). Chapitre premier. La théorie de Jean Piaget ou le système logique. Dans O. Houdé (Éd.), *Le raisonnement* (pp. 19–43). Presses Universitaires de France.

- Houdé, O. (2018b). Chapitre IV. Vers une science psychologique. Les XIXe et XXe siècles. Dans O. Houdé (Éd.), *Histoire de la psychologie* (pp. 100–124). Presses Universitaires de France.
- Houdé, O. (2018c). *Le raisonnement*. Presses Universitaires de France. <https://doi.org/10.3917/puf.houde.2018.02>
- Houdé, O. (2019a). *Comment raisonne notre cerveau ?* Presses Universitaires de France.
- Houdé, O. (2019b, 30 avril). *Le développement de l'intelligence chez l'enfant* [Conférence]. Palais des Beaux-Arts de Charleroi, UMONS. <https://www.youtube.com/watch?v=4Uki3K1Fq5E>
- Houdé, O. (2021). Chapitre II. Les stades de l'intelligence chez l'enfant selon Jean Piaget. Dans O. Houdé (Éd.), *L'intelligence* (pp. 33–66). Presses Universitaires de France.
- Houdé, O. (2021, 8 février). *Le cerveau et la décision*. Académie des sciences morales et politiques. <https://academiesciencesmoraletespolitiques.fr/wp-content/uploads/2021/02/OH-lecerveaueutladecision-8022021.pdf>
- Josephson, J. R. (2000). Smart inductive generalizations are abductions. In P. A. Flach & A. C. Kakas (Eds.), *Abduction and induction: Essays on their relation and integration* (pp. 31–44). Kluwer Academics.
- Kahneman, D. (2011). *Système 1 / Système 2 : Les deux vitesses de la pensée*. Flammarion.
- Ladouceur, C. D. (2016). L'influence de la puberté sur les circuits neuronaux sous-tendant la régulation des émotions : Implications pour la compréhension des risques de troubles affectifs. *Santé mentale au Québec*, 41(1), 35–64. <https://doi.org/10.7202/1036965ar>
- Lafargue, G., & Sirigu, A. (2004). La volonté d'agir est-elle libre ? *Cerveau & Psycho*, 6, 78–83.
- Larivée, S., & Normandeau, S. (1985). Maîtrise du schème de la combinatoire (permutations) chez les adolescents en classes spéciales. *Revue canadienne de l'éducation*, 10(4), 345–361. <https://www.researchgate.net/publication/271793282>
- Larue, C., & Himech, M. (2009). Analyse des stratégies d'apprentissage dans une méthode d'apprentissage par problèmes : Le cas d'étudiantes en soins infirmiers. *Revue internationale de pédagogie de l'enseignement supérieur*, 25(2). <https://ripes.revues.org/221>
- Lauzon, F. (2000). Comment aider les élèves à intégrer et à transférer leurs apprentissages ? *Pédagogie collégiale*, 14(2), 34–40.
- Lazarus, R. S. (1982). Thoughts on the relations between emotion and cognition. *American Psychologist*, 37, 1019–1024.
- Lazarus, R. S. (1991). *Emotion and adaptation*. Oxford University Press.
- LeDoux, J. (2009). Emotion systems and the brain. In *Encyclopedia of neuroscience* (pp. 903–908).

- Le Gall, D., Besnard, J., Havet, V., Pinon, K., & Allain, P. (2009). Contrôle exécutif, cognition sociale, émotions et métacognition. *Revue de neuropsychologie*, *1*, 24–33. <https://doi.org/10.1684/nrp.2009.0004>
- Levenson, R. W. (1999). The intrapersonal functions of emotion. *Cognition and Emotion*, *13*(5), 481–504. <https://doi.org/10.1080/026999399379159>
- Lipman, M. (2006). *À l'école de la pensée : Enseigner une pensée holistique* (2e éd., N. Decostre, Trad.). De Boeck. (Préface de M. Voisin)
- Lussier, O., & Allaire, H. (2004). L'évaluation « authentique ». *Pédagogie collégiale*, *17*(3), 2–6.
- Maner, J. K., & Kenrick, D. T. (2010). When adaptations go awry: Functional and dysfunctional aspects of social anxiety. *Social Issues and Policy Review*, *4*(1), 111–142. <https://doi.org/10.1111/j.1751-2409.2010.01099.x>
- Marton, F., & Säljö, R. (1976). On qualitative differences in learning: II. Outcome as a function of the learner's conception of the task. *British Journal of Educational Psychology*, *46*(2), 115–127. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8279.1976.tb02304.x>
- Mehler, J., & Bever, T. G. (1967). Cognitive capacity of very young children. *Science*, *158*(3797), 141–142. <https://doi.org/10.1126/science.158.3797.141>
- Métayer, M. (1991). *La transition du secondaire au cégep : Recherche préparatoire à la production du scénario d'un document audiovisuel de la série « L'aide à l'apprentissage », portant sur le thème de la transition du secondaire au cégep*. Collège Lionel-Groulx. https://fedcegeps.ca/wp-content/uploads/files/carrefour_pdf/texte01.pdf
- Miller, E. K., & Cohen, J. D. (2001). An integrative theory of prefrontal cortex function. *Annual Review of Neuroscience*, *24*, 167–202. <https://doi.org/10.1146/annurev.neuro.24.1.167>
- Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, *63*(2), 81–97. <https://doi.org/10.1037/h0043158>
- Montangero, J., & Maurice-Naville, D. (2019). Deuxième partie. Vocabulaire essentiel de la théorie psychologique de Jean Piaget. Dans J. Montangero & D. Maurice-Naville (Dir.), *Piaget ou l'intelligence en marche : Les fondements de la psychologie du développement* (pp. 93–251). Mardaga.
- Nesse, R. M. (1990). Evolutionary explanations of emotions. *Human Nature*, *1*(3), 261–289. <https://doi.org/10.1007/BF02692193>
- Nesse, R. M., & Ellsworth, P. C. (2009). Evolution, emotions, and emotional disorders. *American Psychologist*, *64*(2), 129–139. <https://doi.org/10.1037/a0013503>
- Nickerson, R. S. (1988). On improving thinking through instruction. *Review of Research in Education*, *15*, 3–57. <https://doi.org/10.2307/1167351>

- Ouellet, C., et al. (2014). *Improving post-secondary reading comprehension: A research action-project*.
https://strategieslecturecollegial.files.wordpress.com/2014/05/proceedings_iceri_final_fr1.pdf
- Ochsner, K. N., & Gross, J. J. (2008). Cognitive emotion regulation: Insights from social cognitive and affective neuroscience. *Current Directions in Psychological Science*, 17(2), 153–158.
<https://doi.org/10.1111/j.1467-8721.2008.00566.x>
- Pannu, J. K., & Kaszniak, A. W. (2005). Metamemory experimental in neurological populations: A review. *Neuropsychology Review*, 15(2), 105–130.
- Pelham, B. (2019). *Evolutionary psychology: Genes, environments, and time*. Red Globe Press.
- Petrides, M. (2000). The role of the mid-dorsolateral prefrontal cortex in working memory. *Experimental Brain Research*, 133(1), 44–54. <https://doi.org/10.1007/s002210000399>
- Piaget, J., & Szeminska, A. (1939). Quelques expériences sur la conservation des quantités continues chez l'enfant [Some experiments on the preservation of continuous quantities in children]. *Journal de Psychologie Normale et Pathologique*, 36, 36–65.
- Piaget, J., & Szeminska, A. (1941). *La genèse du nombre chez l'enfant*. Delachaux et Niestlé.
- Piaget, J. (1950). *Introduction à l'épistémologie génétique. Tome III : La pensée biologique, la pensée psychologique et la pensée sociologique*. Presses Universitaires de France.
- Piaget, J., & Inhelder, B. (1963). Les opérations intellectuelles. In P. Fraisse & J. Piaget (Dirs.), *Traité de psychologie expérimentale* (Vol. VII). Presses Universitaires de France.
- Piaget, J., & Inhelder, B. (1966). *La psychologie de l'enfant*. Presses Universitaires de France.
- Piaget, J. (1970). *L'épistémologie génétique*. Presses Universitaires de France.
- Piaget, J. (1973). *La psychologie de l'enfant* (2e éd.). Presses Universitaires de France.
- Piaget, J. (1974). *Adaptation vitale et psychologie de l'intelligence : Sélection organique et phénocopie*. Hermann.
- Piaget, J. (1977a). *L'abstraction des relations logico-arithmétiques* (Études d'épistémologie génétique, 34). Presses Universitaires de France.
- Piaget, J. (1977b). *L'abstraction de l'ordre et des relations spatiales* (Études d'épistémologie génétique, 35). Presses Universitaires de France.
- Peirce, C. S. (1994). *The collected papers of Charles Sanders Peirce* (Vols. 7–8, A. W. Burks, Ed.). Belknap Press of Harvard University Press. (Original works edited by C. Hartshorne & P. Weiss)
- Potvin, P. (2017). *Qui sommes-nous, nous, les humains ? : À la recherche d'une meilleure compréhension de notre humanité, à la lumière des neurosciences*. Éditions Première Chance.

- Proust, J. (2018). La métacognition et l'auto-évaluation. In O. Houdé & G. Borst (Eds.), *Le cerveau et les apprentissages* (pp. 207–228). Nathan.
- Raymond, D. (2006). Qu'est-ce qu'apprendre et qu'est-ce qu'enseigner ? Un tandem en piste ! *Pédagogie Collégiale*.
- Reeves, H. (1990). *Malicorne*. Seuil.
- Romano, G. (1991). Étudier... en surface ou en profondeur ? *Pédagogie Collégiale*, 5(2), 6–11.
- Sainz, J., & Biggins, C. (1993). *Call for the excellence in urban education: The community college's answer*. New Jersey.
- Saint-Cyr, C. (1989, mars). L'adolescent « formel » ne serait-il qu'un être abstrait ? *Pédagogie Collégiale*, 5(2), 10–14. SDM 8974021.
- Sander, D., & Scherer, K. (2019). *Traité de psychologie des émotions*. Dunod. <https://doi.org/10.3917/dunod.sande.2019.01>
- Sander, D., & Delplanque, S. (2021). Unconscious emotional processing. *Food Quality and Preference*, 92, 104177. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2021.104177>
- Schmitz, T. W., Kawahara-Baccus, T. N., & Johnson, S. C. (2004). Metacognitive evaluation, self-relevance, and the right prefrontal cortex. *NeuroImage*, 22(2), 941–947.
- Šimić, G., Tkalčić, M., Vukić, V., Mulc, D., Španić, E., Šagud, M., Olucha-Bordonau, F. E., Vukšić, M., & Hof, P. R. (2021). Understanding emotions: Origins and roles of the amygdala. *Biomolecules*, 11(6), 823. <https://doi.org/10.3390/biom11060823>
- Stanovich, K. E. (2004). *The robot's rebellion: Finding meaning in the age of Darwin*. University of Chicago Press.
- Stanovich, K. E., Toplak, M. E., & West, R. F. (2008). The development of rational thought: A taxonomy of heuristics and biases. *Advances in Child Development and Behavior*, 36, 251–285.
- Stanovich, K. E., & West, R. F. (2008). On the relative independence of thinking biases and cognitive ability. *Journal of Personality and Social Psychology*, 94(4), 672–695.
- Stanovich, K. E. (2011). *Rationality and the reflective mind*. Oxford University Press.
- Stenning, K., & van Lambalgen, M. (2012). *Human reasoning and cognitive science*. MIT Press.
- Tardif, J. (1997). *Pour un enseignement stratégique : l'apport de la psychologie cognitive*. Éditions Logiques.
- Terburg, D., Scheggia, D., Triana Del Rio, R., Klumpers, F., Ciobanu, A. C., Morgan, B., Montoya, E. R., Bos, P. A., Giobellina, G., van den Burg, E. H., de Gelder, B., Stein, D. J., Stoop, R., & van Honk, J. (2018). The basolateral amygdala is essential for rapid escape: A human and rodent study. *Cell*, 175(3), 723–735. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2018.09.028>

- Tooby, J., & Cosmides, L. (1992). The psychological foundations of culture. In J. H. Barkow, L. Cosmides, & J. Tooby (Eds.), *The adapted mind: Evolutionary psychology and the generation of culture* (pp. 19–136). Oxford University Press.
- Trémolières, F. (n.d.). ORGANON, Aristote - Fiche de lecture. *Encyclopædia Universalis*. Consulté le 28 mars 2023, à l'adresse <http://www.universalis-edu.com/encyclopedie/organon/>
- Tversky, A., & Kahneman, D. (1974). Judgment under uncertainty: Heuristics and biases. *Science*, 185(4157), 1124-1131. <https://doi.org/10.1126/science.185.4157.1124>
- Van Loon, M. (2018). Biais cognitifs (A). In M. Kristanek (Dir.), *L'Encyclopédie philosophique*. <https://encyclo-philos.fr/biais-cognitifs-a>
- Wager, T. D., & Smith, E. E. (2003). Neuroimaging studies of working memory. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 3, 255–274. <https://doi.org/10.3758/CABN.3.4.255>
- Wardak, C., & Duhamel, J.-R. (2004). Le rôle du cortex pariétal. *M/S : Médecine Sciences*, 20(1), 89–97.
- Wason, P. C. (1968). Reasoning about a rule. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 20, 273-281.
- Wason, P. C., & Johnson-Laird, P. N. (1972). *Psychology of reasoning: Structure and content*. Harvard University Press.
- Wittwer, J. (1964). Études d'épistémologie génétique, sous la direction de J. Piaget. *Bulletin de psychologie*, XIV (18), 487-495.
- Wynn, K. (1992a). Addition and subtraction by human infants. *Nature*, 358, 749-750.
- Wynn, K. (1992b). Children's acquisition of the number words and counting system. *Cognitive Psychology*, 24, 220-251.
- Wyss, A. (2022). Chapitre 3. Les fonctions exécutives et les capacités attentionnelles des élèves. In A. Wyss, E. Sander, É. Gentaz, & K. Gvozdic (Dirs.), *Enseignement et gestes professionnels : qu'en dit la recherche ?* (pp. 75-102). FPSE, Université de Genève.
- Zajonc, R. B. (1980). Feeling and thinking: Preferences need no inferences. *American Psychologist*, 35, 151-175.