



Master

2024

Open Access

This version of the publication is provided by the author(s) and made available in accordance with the copyright holder(s).

Aller à l'encontre des biais cognitifs des élèves pour développer leur esprit critique. Une étude expérimentale à l'école primaire

Mayenson Bremnes, Florence

How to cite

MAYENSON BREMNES, Florence. Aller à l'encontre des biais cognitifs des élèves pour développer leur esprit critique. Une étude expérimentale à l'école primaire. Master, 2024.

This publication URL: <https://archive-ouverte.unige.ch/unige:181730>



**UNIVERSITÉ
DE GENÈVE**

**FACULTÉ DE PSYCHOLOGIE
ET DES SCIENCES DE L'ÉDUCATION**

**Aller à l'encontre des biais cognitifs des élèves pour développer leur
esprit critique
Une étude expérimentale à l'école primaire**

**Mémoire de Master en Sciences de l'Éducation
Analyse et Intervention dans les Systèmes Éducatifs (AISE)**

Florence Mayenson Bremnes

Direction du mémoire

Pr. Mireille Bétrancourt et Pr. Emmanuel Sander

Jury

Mireille Bétrancourt

Katarina Gvozdic

Emmanuel Sander

Genève, 26 août 2024

Résumé

Développer l'esprit critique des futurs citoyens est devenu un enjeu éducatif majeur de l'école du 21^{ème} siècle. Cependant, définir l'esprit critique n'est pas chose aisée. De ce fait, différentes approches pour l'éduquer en contexte scolaire coexistent. L'une d'entre elle est transversale, basée sur une meilleure compréhension de certains processus cognitifs en jeu dans l'exercice de la pensée critique. À travers une recherche expérimentale, nous avons étudié la capacité des élèves de cinquième année d'école primaire à aller à l'encontre de trois biais cognitifs courants. Pour ce faire, nous avons conçu une séquence d'enseignement explicite visant la prise de conscience par les élèves des biais de corrélation-causalité, biais de confirmation, biais d'appel à l'autorité, leur identification chez eux·elles-mêmes et chez les autres afin qu'ils·elles sachent aller à leur rencontre quand cela s'avère nécessaire. Dans les séances sur le biais d'appel à l'autorité, nous avons également travaillé la validation des sources. Nous avons aussi étudié l'évolution de certaines caractéristiques de la flexibilité cognitive et de la créativité actives dans l'exercice de l'esprit critique grâce à des activités de changement de point de vue, de catégorisation multiple et d'analogie. Notre design expérimental en contrôle croisé nous a conduit à analyser les données recueillies avant et après l'intervention à travers quatre dispositifs. L'ensemble des résultats montre qu'une intervention brève visant à améliorer la compréhension des biais cognitifs a permis aux élèves d'aller à leur rencontre et de les dépasser dans une certaine mesure. A l'issue de cette expérimentation, il ressort également que les élèves semblent avoir été plus flexibles et créatifs·ves dans les activités proposées. Nos résultats sont encourageants et engagent à explorer des approches transversales pour développer l'esprit critique des élèves et les aider à devenir des citoyens et des citoyennes éclairé·es et responsables.

Mots-clés : esprit critique, biais cognitifs, flexibilité cognitive, créativité, *evidence-based education*

Abstract

Developing the critical thinking skills of future citizens has become a major educational challenge for schools in the 21st century. However, defining critical thinking is no easy task. As a result, different approaches to educating it in the school context coexist. One approach is transversal, based on a better understanding of certain cognitive processes at play in the exercise of critical thinking. Through experimental research, we studied the ability of fifth-grade elementary school students to counter three common cognitive biases. To this end, we designed an explicit teaching sequence aimed at making students aware of correlation-causation bias, confirmation bias and appeal-to-authority bias, and identifying these in themselves and in others, so that students know how to counter them when necessary. In the sessions on appeal-to-authority bias, we also worked on validating sources. We additionally studied the evolution of certain characteristics of cognitive flexibility and creativity active in the exercise of critical thinking through activities involving changes of point of view, multiple categorization and analogies. Using a cross-control approach, we analyzed the data collected before and after the teaching sequences across four experimental designs. The overall results show that a brief intervention aimed at improving understanding of cognitive biases enabled students to go against these and overcome them to some extent. At the end of the experiment, it also appeared that the students seemed to be more flexible and creative in the proposed activities. Our results are promising and encourage us to explore cross-disciplinary approaches to develop students' critical thinking skills and help them become enlightened, responsible citizens.

Keywords: critical thinking, cognitive bias, cognitive flexibility, creativity, evidence-based education

Remerciements

Je tiens à remercier chaleureusement les six enseignant·es de classes, qui m'ont accueillie dans leurs classes et se sont montré·es enthousiasmé·es par ce projet, ainsi que la direction de l'école qui m'a permis de mener cette expérimentation.

Je remercie les professeur·es Mireille Bétrancourt et Emmanuel Sander qui m'ont fait confiance et ont accepté de codiriger mon mémoire. Travailler auprès d'eux aura été extrêmement enrichissant personnellement et professionnellement.

Je remercie Katarina Gvozdic d'avoir accepté de faire partie du jury.

Merci à Eva, Olivier et Sophie pour leurs relectures attentives et leurs conseils pertinents.

Table des matières

Introduction	6
Développer l'esprit critique des élèves grâce à une compréhension des processus cognitifs.....	6
1 Cadre théorique : esprit critique et mécanismes de pensée.....	8
1.1 Définir l'esprit critique	8
1.2 Le système dual de la pensée	10
1.3 La flexibilité cognitive et la créativité	13
1.3.1 La catégorisation multiple.....	13
1.3.2 Les analogies.....	14
1.4 Éduquer à l'esprit critique.....	16
1.5 Les biais cognitifs	19
1.5.1 Le biais de corrélation-causalité.....	20
1.5.2 Le biais de confirmation.....	25
1.5.3 Le biais d'appel à l'autorité et la validité d'une source	27
2 Problématisation	30
2.1 Questionnement exploratoire	30
2.2 Énoncé de la problématique	31
2.3 Hypothèses	31
3 Cadre méthodologique	32
3.1 Principe du dispositif expérimental	32
3.2 Participant·es : enseignant·es et élèves	32
3.3 Design en contrôle croisé et groupes expérimentaux	33
3.4 Matériel : leçons et tests	35
3.4.1 Les leçons.....	35
3.4.2 Les tests	41
4 Résultats.....	46
4.1 Analyse globale des données extraites des tests sur les biais cognitifs	46
4.2 Analyse des données extraites des tests sur le biais de corrélation-causalité	47
4.2.1 Analyse des pourcentages de réponses aux tests sur le biais de corrélation-causalité..	47
4.2.2 Analyse statistique des données pour le biais de corrélation-causalité.....	49
4.2.3 Conclusion par rapport à l'hypothèse 1 pour le biais de corrélation-causalité	50
4.2.4 Discussion	50
4.3 Analyse des données extraites des tests sur le biais de confirmation.....	51
4.3.1 Analyse des pourcentages de réponses aux tests sur le biais de confirmation pour les exercices sur les croyances	51
4.3.2 Analyse statistique des performances pour le biais de confirmation pour les exercices sur les croyances	53
4.3.3 Analyse des pourcentages de réponses aux tests sur le biais de confirmation pour les exercices autour de la tâche de Wason	54
4.3.4 Conclusion par rapport à l'hypothèse 1 pour le biais de confirmation	55
4.3.5 Discussion	55
4.4 Analyse des données extraites des tests sur le biais d'appel à l'autorité et la validation d'une source	56

4.4.1	Analyse des pourcentages de réponses aux tests sur l'argument d'autorité et la validité des sources	57
4.4.2	Analyse statistique des performances pour les exercices sur la fiabilité des sources	59
4.4.3	Analyse statistique des effets pour les exercices sur la multiplicité des sources	60
4.4.4	Conclusion par rapport à l'hypothèse 1 pour le biais d'appel à l'autorité et l'hypothèse 2 pour la validation des sources	61
4.4.5	Discussion	61
4.5	Analyse des données extraites des tests sur la flexibilité et la créativité	61
4.5.1	Analyse des données issues des exercices de catégorisation multiple d'un objet familier 62	
4.5.2	Analyse des données issues des exercices de changement de points de vue pour voir différentes choses dans des images	63
4.5.3	Analyse des données issues des exercices sur les analogies	67
4.5.4	Énigme de la bougie	69
4.5.5	Conclusion concernant l'hypothèse 3 et limitations	71
5	Discussion générale : synthèses des résultats et limitations.....	73
5.1	Synthèse des résultats concernant les hypothèses 1 et 2 et discussion	73
5.2	Synthèse des résultats concernant l'hypothèse 3 et discussion	75
5.3	Limitations	76
	Conclusion.....	80
	Bibliographie	82
	Annexes	90

Introduction

Développer l'esprit critique des élèves grâce à une compréhension des processus cognitifs

Il existe désormais un consensus autour du fait qu'éduquer les futur·es citoyen·nes à développer leur esprit critique est un enjeu individuel et sociétal majeur. L'OCDE estime que faire preuve d'esprit critique est une des compétences majeures du XXIème siècle (Vincent-Lancrin et al., 2020). Face à une obésité informationnelle où il devient de plus en plus ardu de distinguer le vrai du faux, le risque est d'être trop crédule ou trop sceptique et le seul enseignement de la vigilance informationnelle pour développer l'esprit critique serait réducteur. Les élèves doivent apprendre à développer une pensée méthodique et un esprit critique pour devenir des citoyen·nes autonomes intellectuellement. Alors même qu'il est difficile de définir et caractériser l'esprit critique, l'école, dans sa mission de formation, doit ainsi être en mesure de développer les connaissances, les capacités et les attitudes nécessaires aux élèves pour exercer cette forme de raisonnement. Se pose alors la question de l'éducation à l'esprit critique. Plusieurs tendances coexistent dont celle d'un enseignement intégré aux disciplines scolaires ou celle d'un enseignement transversal et général. Elles ne sont nullement opposées mais apparaissent comme complémentaires pour favoriser le transfert de la pensée critique dans toutes les sphères d'activités mentales (Pasquinelli & Bronner, 2021).

Nous avons porté notre attention sur la deuxième approche basée sur une compréhension des processus cognitifs en jeu dans l'exercice de l'esprit critique. Nous nous sommes intéressé·es au fonctionnement dual de la pensée humaine et avons identifié trois heuristiques fort utiles mais nous conduisant souvent à des erreurs de raisonnement préjudiciables à l'exercice de la pensée critique. Il s'agit des erreurs de raisonnement causal, de mémorisation et de confirmation, ainsi que des erreurs de jugement dues à l'argument d'autorité.

Ces erreurs sont courantes dans la vie quotidienne. Elles sont parfois insignifiantes mais elles peuvent aussi mener à des croyances erronées et des raisonnements fallacieux. Notre objectif est de permettre aux élèves de mieux comprendre les mécanismes cognitifs à l'œuvre afin de pouvoir aller à leur rencontre lorsque cela s'avère nécessaire au bon exercice de leur pensée critique. Pour cela nous avons élaboré un dispositif expérimental afin de tenter de mesurer quantitativement l'évolution de la capacité des élèves à aller à l'encontre de trois biais cognitifs courants. En parallèle, nous avons également tenté de mesurer le potentiel impact d'un tel dispositif sur la flexibilité cognitive et la créativité, qui sont deux briques cognitives actives

dans l'exercice de l'esprit critique. Pour cela nous avons proposé un certain nombre de tâches aux élèves en début et fin d'intervention.

Dans un premier temps, nous ferons un état de la littérature concernant la définition et la caractérisation de l'esprit critique. Puis, nous nous intéresserons au fonctionnement de la pensée duale et aux biais cognitifs. Nous explorerons aussi le rôle de la flexibilité et de la créativité dans l'esprit critique, que nous envisagerons comme indicateurs du développement de la pensée critique. Enfin, nous ferons un point sur l'éducation à l'esprit critique en nous appuyant sur le rapport de Pasquinelli et Bronner (2021) pour le Groupe de travail 8 du Conseil scientifique de l'éducation nationale française. Nous verrons qu'un enseignement explicite ciblé visant la compréhension de certains processus cognitifs est une piste intéressante pour développer l'esprit critique des élèves. Nous identifierons alors trois biais cognitifs courants que sont le biais de corrélation-causalité, le biais de confirmation et le biais d'appel à l'autorité auxquels s'ajoutera la thématique de la validité des sources. Dans un second temps, nous définirons notre problématique et nos hypothèses de recherche puis nous expliquerons notre méthodologie expérimentale pour tenter d'y répondre. Nous décrirons notre expérimentation en milieu scolaire auprès d'une centaine d'élèves de fin de primaire avec le dispositif pédagogique que nous avons testé en situation écologique, les contraintes et les difficultés rencontrées. La partie empirique s'organisera en suivant l'ordre des thématiques abordées. Nous expliciterons l'opérationnalisation de chaque thème, les tests utilisés, la méthodologie de recueil des données ainsi que leur description et leur analyse. Nous ferons une synthèse des résultats pour chaque hypothèse avec une discussion autour des limites méthodologiques de notre expérimentation et des éléments pouvant être améliorés afin d'optimiser une telle expérimentation, avant de conclure par des perspectives de recherches et des pistes pour l'application dans l'enseignement.

1 Cadre théorique : esprit critique et mécanismes de pensée

1.1 Définir l'esprit critique

Dès l'antiquité, certains philosophes grecs tels que Socrate, puis Platon et Aristote ont réfléchi sur la pensée critique. La méthode socratique encourageait les individus à se questionner, à remettre en question leurs croyances et idées préconçues ainsi qu'au dialogue critique. Plus tard, d'autres philosophes ont contribué au développement de la pensée critique. On peut citer René Descartes et son Discours de la méthode. Ce n'est qu'au début du vingtième siècle que l'esprit critique en tant que domaine à part entière de la recherche scientifique apparaît véritablement au sein des disciplines que sont la philosophie, la psychologie cognitive et les sciences de l'éducation. Dès lors, philosophes, psychologues et éducateurs·trices se sont efforcé·es de définir la pensée critique.

A partir des années 40, deux courants vont émerger, tout d'abord l'un mené par les philosophes puis l'autre par les psychologues (Lai, 2011 ; Scheibling-Sève, 2019). Les philosophes, tels que Glaser (1941), Ennis (1989), Paul (1990), Facione (1990), Bailin (2002) ont une approche normative qui identifient les normes du penseur idéal. Ils·elles tentent de dégager des caractéristiques propres à une pensée critique mais elles apparaissent très larges, peu spécifiques et quasi impossibles à acquérir. Les psychologues, tels que Halpern (1998), Kuhn (1999), Nisbett (2015), Willingham (2019) ont une approche descriptive. Ils·elles décrivent des aptitudes nécessaires à l'exercice de la pensée critique mais elles sont souvent trop générales et se rapprochent des aptitudes nécessaires à penser (raisonner, réfléchir, rationaliser, décider) sans forcément faire preuve de sens critique.

Aucune définition n'a finalement recueilli un consensus tant cette notion est large et dépend du contexte et du contenu. Il est néanmoins possible de dégager un certain nombre de points communs et de différences dans ces deux approches (Lai, 2011 ; Scheibling-Sève et al., 2021). Afin de pouvoir exercer son esprit critique, on doit être en mesure de :

- analyser des arguments et des preuves (Ennis, 1987 ; Facione, 1990 ; Halpern, 1998 ; Kuhn, 2015 ; Paul, 1992)
- faire des inférences en utilisant un raisonnement inductif ou déductif (Ennis, 1987 ; Facione, 1990 ; Glaser, 1941 ; Paul, 1992 ; Willingham, 2008)
- évaluer et prendre des décisions (Ennis, 1987 ; Facione, 1990 ; Halpern, 1998 ; Lipman, 1988)
- résoudre des problèmes (Ennis, 1987, Halpern, 1998 ; Sternberg, 1986 ; Willingham, 2008)

Ainsi, des listes de compétences et attitudes caractérisant l'esprit critique ont été élaborées (Ennis, 2016 ; Facione, 1990) mais une divergence majeure émerge entre le caractère spécifique, disciplinaire (Perkins & Salomon, 1989 ; McPeck, 1990 ; Balin, 2002 ; Willingham, 2008) versus général, transversal (Ennis, 1987 ; Lipman, 1988, Halpern, 2001 ; Gelder, 2005 ; Pasquinelli et al., 2020) de l'esprit critique. Cette conception différente amène à un autre point d'achoppement qui est la question de la transférabilité de l'esprit critique d'un domaine d'exercice à un autre. Une vision pessimiste de cette transférabilité (Willingham, 2008) s'oppose à une vision optimiste (Halpern, 2013).

Le développement de l'esprit critique est progressivement arrivé comme sujet de recherche pour les spécialistes de l'éducation qui ont tenté à leur tour de le définir dans un contexte éducatif. Nous avons vu la complexité de catégoriser l'esprit critique et le large éventail de concepts abordés par les philosophes et les psychologues dans la littérature. Afin de réduire le champ d'étude et de cibler les concepts sur lesquels travailler dans les limites de ce mémoire et dans un contexte scolaire, nous nous sommes référés aux travaux de Pasquinelli et Bronner (2021). Les chercheurs·euses mettent en évidence que, pour faire preuve d'esprit critique, les élèves seront amené·es à évaluer la qualité d'une information, afin de placer leur confiance à bon escient de façon raisonnable et réfléchie, à travers quatre critères constitutifs de l'esprit critique :

- la plausibilité de cette information,
- la fiabilité de ses sources et de ses contenus,
- la qualité des preuves qui la soutiennent
- la pertinence des arguments

Pour cela, les élèves doivent posséder un socle de connaissances dans le domaine relatif à cette information, faire preuve d'une certaine vigilance épistémique (savoir quand douter et quand faire confiance) et montrer une attitude métacognitive pour savoir se remettre en question, s'interroger sur leurs opinions et leurs choix. Pasquinelli et Bronner identifient également les bases cognitives de l'esprit critique : la vigilance épistémique, la métacognition, la prise de conscience et de contrôle sur les biais cognitifs, auxquels s'ajoutent les concepts d'analogies et de transferts, et de flexibilité cognitive. Ces compétences nécessaires à ajuster son niveau de confiance de façon judicieuse sont présentes dans notre architecture cognitive dès le plus jeune âge et se développent au fil du temps et des apprentissages. Ainsi, nous posséderions tous des capacités et des attitudes qui nous permettent d'évaluer les informations et leurs provenances. Néanmoins ces mécanismes naturels profonds, précoces, intuitifs et inconscients de vigilance

et de sensibilité à l'erreur et à l'incertitude comportent des limites et ne sont pas infaillibles. Ceci est d'autant plus vrai dans des situations inhabituelles ou complexes dans lesquels ces mécanismes ne sont pas adaptés (Sperber et al., 2010). Bétrancourt et Sander (2023) expliquent que lorsque nous devons prendre une décision, nous faire une opinion ou adapter notre comportement, nous activons un certain nombre de processus cognitifs tels que la perception, la mémorisation, la compréhension, le raisonnement et l'argumentation afin de nous faire une représentation mentale de la situation ou des informations perçues dans un cadre d'interactions sociales. Les biais cognitifs constituent les limites de ces processus de pensée généralement performants. Les chercheurs.euses soulignent l'intérêt de prendre conscience de ces phénomènes afin de pouvoir les contrôler et les contrer lorsque les enjeux personnels ou sociétaux sont suffisamment importants. En effet, contrer ses biais cognitifs demande un effort important qui ne peut être soutenu et on ne peut pas douter de tout tout le temps (Bétrancourt & Sander, 2023 ; Pasquinelli & Bronner, 2021).

Ainsi, une meilleure compréhension de notre fonctionnement cérébral et de ses limites, l'aptitude à évaluer les situations dans lesquelles il est opportun de contrer ces automatismes de pensée et comment le faire apparaissent comme des pistes à explorer pour développer l'esprit critique dans un contexte éducatif. Dans la partie suivante, nous allons nous intéresser à notre fonctionnement cognitif et notamment au système dual de la pensée humaine.

1.2 Le système dual de la pensée

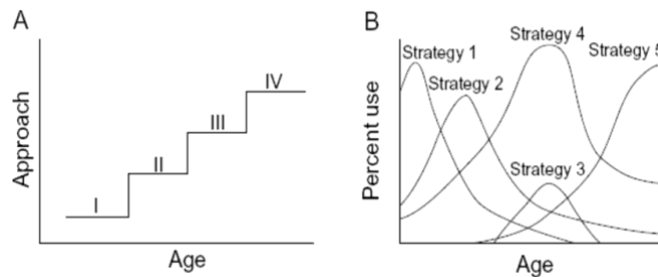
Selon Piaget, le développement de l'intelligence chez l'enfant se fait par étapes successives de plus en plus complexes, suivant un « modèle d'escalier » où chaque palier représente un stade de développement plus avancé que le précédent. Depuis, les recherches en psychologie du développement cognitif remettent en question ce modèle, notamment la linéarité du dernier stade de la logique formelle (Houdé & Borst, 2018). Le développement de l'intelligence ne serait pas linéaire mais dynamique, comme l'illustre la figure 1.

Figure 1

Modèles cognitifs du développement, d'après Houdé & Borst (2018)

A - Modèle piagétien en escalier

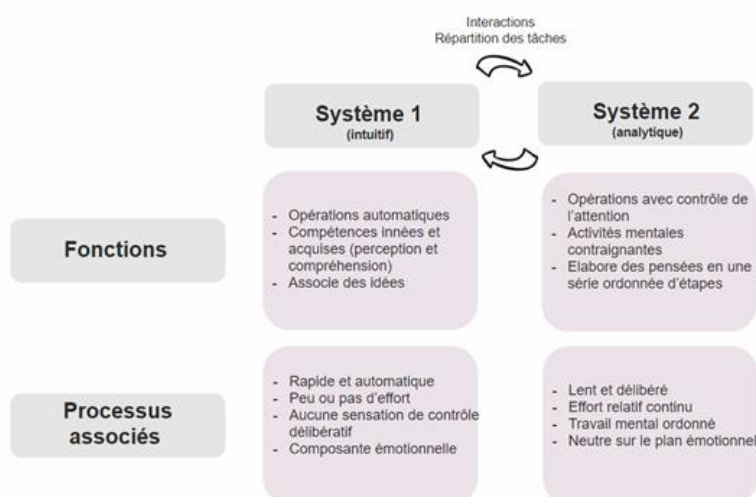
B - Modèle dynamique non linéaire (adapté de Siegler, 1999)



En fait, le raisonnement humain repose sur un certain nombre d'heuristiques de pensée (Kahneman, 2012). Celles-ci réduisent le nombre d'informations prises en considération et simplifient le processus de prise de décision et de jugement. Notre système de pensée est dual, composé du Système 1 et du Système 2. Le Système 1 est celui des heuristiques, des automatismes. Il s'agit de processus de pensée rapides, intuitifs, peu coûteux cognitivement, qui fonctionnent souvent très bien mais pas toujours. Peu fiable, c'est le système des biais cognitifs. Le système 2 est celui de la pensée réfléchie des règles logiques, des algorithmes, en lien avec la pensée logique de Piaget. Ce sont des processus de pensée plus lents, plus coûteux cognitivement, mais plus exacts donc plus fiables (figure 2). Ces deux systèmes sont complémentaires mais peuvent entrer en compétition lors des conflits cognitifs.

Figure 2

La théorie des processus duaux, basée sur les travaux de Kahneman (2012). D'après groupeonepoint.com



Houdé & Borst (2018) énonce l'existence d'un Système 3, système d'inhibition arbitrant les systèmes 1 et 2 en stoppant le premier pour activer le deuxième. Le système 2 qui fonde la

logique du raisonnement humain apparaît comme nécessaire à l'exercice de l'esprit critique mais il n'est pas suffisant. D'après Musolino (Bétrancourt & Sander, s.d., semaine 3), pour développer l'esprit critique, on doit avoir recours à d'autres formes d'apprentissages. Il paraît aussi important de connaître les processus spontanés qui relèvent du système 1 de la pensée duale, leur origine évolutionnaire, leur fonctionnement et la connaissance de leurs limites cognitives (Beaulac & Robert, 2018).

Parmi ces processus spontanés, les conceptions intuitives jouent un rôle clé. Depuis les années 1980, de nombreuses études se sont intéressées à elles. Ce sont des conceptions qui se forment d'après nos expériences, et ce dès le plus jeune âge. Elles exercent une influence sur les perceptions que l'on a des situations nouvelles qui se présentent à nous (Sander, 2008). Elles sont nommées différemment selon les champs de recherche : connaissances naïves, préconceptions, méconceptions, raisonnement spontané, raisonnement naïf, etc... Elles se caractérisent par plusieurs aspects qui les rendent difficiles à identifier et à contrôler. Elles sont :

- irrépressibles : elles ne sont pas contrôlables et se mobilisent indépendamment de notre volonté
- automatiques : elles sont inhérentes à notre fonctionnement psychologique lorsque nous vivons une situation nouvelle que nous tentons de rendre compatible avec nos connaissances antérieures (afin d'éviter une dissonance cognitive inconfortable)
- inconscientes et implicites : elles se mobilisent sans que l'on s'en rende compte et de ce fait elles sont difficilement identifiables
- robustes : elles résistent aux apprentissages scolaires et restent présentes à l'âge adulte
- limitantes : elles sont certes valides dans un certain champ de validité mais en dehors de ce champ, elles vont tromper le jugement, la prise de décision et mener parfois à une certaine crédulité (Sander, 2024).

C'est notamment ce dernier aspect qui nous permet d'appréhender leur importance dans l'exercice de l'esprit critique. Nos conceptions intuitives peuvent ainsi influencer nos prises de décisions, nos jugements et la formation de nos opinions. Nous avons vu que ces mécanismes cognitifs naturels peuvent être fort utiles dans la vie de tous les jours lorsqu'il s'agit de prendre une décision rapide et simple et que la situation rentre dans le champ de validité, mais ils s'avèrent limitants dès qu'on sort de ce domaine de validité et peuvent même engendrer des jugements erronés ou des raisonnements fallacieux dans des situations complexes et inhabituelles.

Une meilleure connaissance de nos biais et de nos conceptions intuitives, ajoutée à une prise de conscience métacognitive, favorise un meilleur contrôle de leur activité, notamment lors de

situations nous mettant en dissonance cognitive. Cet état inconfortable apparaît lorsque nous sommes confrontés à des connaissances, des opinions qui vont à l'encontre des nôtres. Le fait d'accepter de s'exposer aux idées divergentes permet soit de renforcer nos propres convictions, soit de les faire évoluer (Bétrancourt & Sander, 2023). Faire preuve de flexibilité cognitive permet ainsi de mieux appréhender ces situations.

1.3 La flexibilité cognitive et la créativité

La flexibilité cognitive est identifiée comme une attitude de base nécessaire à l'exercice de l'esprit critique, permettant une ouverture d'esprit, la prise en considération d'idées différentes et nouvelles (Halpern, 2013), le désir d'être bien informé (Ennis, 2016). Elle se définit comme la capacité à passer d'une perspective à une autre, d'une stratégie à une autre, de reconceptualiser une situation pour envisager des points de vue différents, en s'adaptant au contexte. Paul (1990) la définit comme la capacité à tester les forces et les faiblesses de points de vue opposés et la nomme « pensée dialogique ». Cette capacité à changer de point de vue est aussi essentielle dans les apprentissages et les résolutions de problèmes puisqu'elle permet d'envisager plusieurs stratégies et de choisir la plus optimale. La flexibilité conceptuelle est aussi propice à la créativité qui permet de sortir des schémas de pensée habituels et d'imaginer des solutions innovantes (Vincent-Lancrin et al., 2020). La créativité, à son tour, encourage l'exploration de nouvelles idées qui permettent de considérer les choses sous différents angles et l'adaptation rapide aux changements. Ainsi flexibilité et créativité sont intimement liées dans l'exercice de la pensée critique mais elles ne vont pas forcément de soi. On peut dès lors s'intéresser à certains mécanismes cognitifs qui les relient pour mieux comprendre comment les développer, et avec elles la pensée critique.

1.3.1 La catégorisation multiple

L'un des processus cognitifs en action dans la pensée créative identifiés par Guilford (1950) est celui de la pensée divergente qui encourage la flexibilité cognitive et la créativité en envisageant de multiples façons d'utiliser un objet commun, dépassant son usage habituel. La capacité à penser de manière divergente est essentielle pour la résolution de problèmes complexes et l'innovation. Nous exerçons notre pensée divergente lorsque nous nous amusons à trouver des utilisations alternatives à des objets de la vie quotidienne. Un trombone peut certes servir à attacher plusieurs feuilles de papier en même-temps, mais il peut aussi être un marque-

page, aider à extraire la carte SIM d'un téléphone portable, réparer temporairement une fermeture éclair cassée, créer un petit bonhomme d'acier décoratif, etc. Dépendamment du contexte, le trombone peut être catégorisé comme attache, outil, crochet, décoration, etc. L'aptitude à attribuer plusieurs catégories à un même objet ou à une même situation se nomme catégorisation multiple. Elle permet d'accéder à différents points de vue et de faire un choix adapté selon les situations. Cette catégorisation multiple développe la capacité à changer de perspective et à éviter la fixation fonctionnelle, laquelle entrave la flexibilité cognitive.

Le phénomène de fixation fonctionnelle, consistant à n'attribuer qu'une seule fonction à un objet, a été mis en évidence par Duncker (1945) avec son problème de la bougie. Dans cette énigme, les participants doivent fixer une bougie au mur sans que la cire ne coule au sol, en utilisant outre la bougie, des allumettes et une boîte de punaises. Pour réussir, ils doivent recatégoriser la boîte de punaises de "contenant" à "support". Cette expérience montre la difficulté de changer de point de vue initial, surtout lorsqu'il repose sur des conceptions intuitives basées sur l'expérience, comme c'est le cas ici. Dans la majorité des cas, nous utilisons une boîte comme un contenant. De façon inconsciente, nous fixons la fonction sur l'objet et cette conception intuitive se révèle alors limitante. Ainsi, chercher à recatégoriser un objet usuel en lui trouvant des utilisations autres que celle pour laquelle il a été conçu entraîne notre créativité. L'habilité à catégoriser permet alors de développer l'adaptabilité et la créativité (Sander & Hofstadter, 2020). D'après ces chercheurs, les catégories sont des boîtes mentales et la manière de les former repose sur l'analogie, qui consiste à trouver des similitudes entre deux situations. Inversement, lorsque deux situations sont analogues, elles partagent une essence commune et peuvent être placées dans la même catégorie. Ainsi, l'établissement d'analogies et la catégorisation sont étroitement liés et peuvent être considérés comme les deux faces d'une même pièce.

1.3.2 Les analogies

Le raisonnement par analogie est une forme de raisonnement incertain omniprésent dans la pensée humaine puisqu'une part essentielle de notre activité cognitive dépend de notre attitude à raisonner par analogie (Sander, 2024). Il constitue un processus cognitif adaptatif dans le sens où les analogies permettent à l'esprit de s'adapter à la nouveauté (cible de l'analogie) en se référant au connu (source de l'analogie), illustrant ainsi une certaine flexibilité conceptuelle. Travailler sur l'art de faire des analogies permet de fluidifier les catégories

mentales et de développer les capacités d'abstraction (Sander, 2018). Une première compréhension de ce type de raisonnement peut se faire grâce aux analogies proportionnelles. Par exemple, lorsque l'on veut faire comprendre l'importance du jet d'eau de Genève pour les genevois à un touriste parisien, on va utiliser une analogie proportionnelle : le jet d'eau est à Genève ce que la Tour Eiffel est à Paris. La relation entre les termes est préservée entre les deux thèmes. Cette première compréhension du mécanisme cognitif en action va permettre ensuite d'utiliser le raisonnement analogique en établissant des parallèles entre des situations différentes en surface mais structurellement similaires. Cela implique de s'élever du niveau concret vers l'abstraction, en identifiant des principes généraux pouvant s'appliquer à une variété de situations. C'est ce qu'a montré Duncker (1945) à travers l'expérience de la tumeur au cours de laquelle les participants qui faisaient l'analogie structurelle entre un problème précédemment résolu, celui de la forteresse, et un nouveau problème, celui de la tumeur, réussissaient mieux à trouver la solution au problème médical. Cela démontre l'importance de la capacité à identifier et à appliquer des analogies structurelles dans la pensée critique et la résolution de problèmes. Ainsi, l'emploi d'analogies permet d'appliquer des solutions ayant fait leurs preuves dans un contexte donné à de nouveaux problèmes. Cette capacité d'abstraction améliore la compréhension conceptuelle et permet d'appliquer des principes généraux à des situations spécifiques, une compétence clé pour la pensée critique. Le raisonnement analogique renforce donc la souplesse cognitive et la capacité à transférer ses connaissances et compétences dans une variété de situations. Ainsi, il encourage l'innovation et le développement de la pensée critique. En cherchant des analogies, on explore différentes perspectives ce qui ouvre l'esprit à de nouvelles idées et solutions, et empêche de rester coincé.e dans une pensée rigide ou unidimensionnelle.

L'analogie est aussi un outil puissant dans l'argumentation pour soutenir ou aller à l'encontre d'une idée. On pourrait par exemple, argumenter que la liberté d'expression dans une société démocratique (cible) est comme l'oxygène dans l'atmosphère terrestre (source). Identifier les similitudes structurelles de cette analogie permet de mieux faire comprendre le rôle vital de la liberté d'expression dans une société démocratique, par analogie au rôle vital de l'oxygène dans l'atmosphère. Lorsqu'on utilise des analogies pour argumenter, on doit s'assurer que les situations comparées partagent des structures similaires. Cela nécessite une évaluation critique des analogies proposées, aidant ainsi à discerner les arguments solides des arguments fallacieux. Par exemple, reconnaître qu'une analogie est trompeuse parce qu'elle ne repose que sur des similitudes superficielles améliore la capacité à évaluer la validité des arguments et notamment à identifier les biais ou des faiblesses de raisonnement. Prenons par exemple

l'analogie : interdire les armes à feu est comme interdire les couteaux de cuisine. Les deux propositions sont similaires en surface puisqu'elles impliquent une restriction de l'accès à un outil potentiellement dangereux. Cependant, elles diffèrent sur le plan structurel : comparer les armes à feu, souvent utilisées pour la violence intentionnelle, aux couteaux de cuisine, principalement utilisés pour la préparation culinaire, est fallacieux car les deux n'ont pas les mêmes fonctions ni les mêmes implications sociales. Suggérer que les armes à feu et les couteaux de cuisine sont équivalents en termes de dangerosité et de nécessité d'interdiction est une erreur logique, car les risques associés à chaque objet sont différents.

Dans la pensée critique, argumenter par analogie va permettre d'appuyer ou contredire une idée ou une croyance. En fournissant une structure argumentative, l'analogie peut être un outil puissant dans l'argumentation pour soutenir ou aller à l'encontre d'une idée. Elle a alors une valeur explicative à défaut d'avoir une valeur de preuve. L'analogie peut également permettre de contredire une idée mais pour cela il faut analyser la structure argumentative de l'analogie que l'on vise à contredire, ce qui peut parfois s'avérer difficile. Une bonne connaissance du processus de construction mentale de l'analogie (Gentner et al., 2001) aide à analyser critiquement la visée argumentative de l'analogie, à éviter les pièges des similitudes de surface au détriment des similitudes structurelles et à identifier les analogies avec des transferts négatifs quand seules les similitudes de surface sont partagées.

Le développement de la créativité et de la flexibilité cognitive par le biais d'activités de catégorisation multiple et de raisonnements par analogies dans divers domaines et contextes peut contribuer à renforcer l'esprit critique des futurs citoyens responsables. La catégorisation multiple semble être un moyen efficace de promouvoir à la fois la créativité et la flexibilité cognitive, tandis que le raisonnement par analogies non seulement favorise ces deux processus cognitifs essentiels à la pensée critique, mais renforce également l'argumentation. En outre, la catégorisation multiple et le raisonnement analogique sont reconnus comme des mécanismes favorisant le transfert d'apprentissage (Sander & Hofstadter, 2020 ; Wyss et al., 2023). Ces constatations soulèvent des questions sur l'éducation à l'esprit critique et sur la manière dont ces mécanismes peuvent être intégrés dans les programmes scolaires pour favoriser le développement d'une pensée critique chez les élèves.

1.4 Éduquer à l'esprit critique

La question cruciale de la possibilité de l'éducation à l'esprit critique se pose. Nous avons vu que l'esprit critique est difficile à caractériser, il se compose d'un ensemble interconnecté

de savoirs, savoir-faire et savoir-être. Comme le soulignent Pasquinelli et Bronner (2021), il est difficile d'évaluer si des méthodes ont fait leur preuve. De nombreuses questions surgissent alors. Que faire ou ne pas faire pour améliorer l'esprit critique ? Comment l'enseigner ? Doit-on enseigner ces différents types de savoirs de façon transversale ou intégrée aux disciplines, de façon explicite ou implicite ?

Certain·es chercheurs·euses (Bailin et al, 1999 ; Elder & Paul, 2010) préconisent que l'enseignement de l'esprit critique soit intégré dans les curricula de toutes les matières scolaires. En s'appuyant sur des exemples concrets issus de domaines spécifiques, disciplinaires, on serait en mesure d'enseigner les mécanismes de la pensée critique, puis de les généraliser et de les transférer en diversifiant les domaines d'application (Ennis, 2018). Des dispositifs existent pour développer l'esprit critique à travers une méthode scientifique (voir le site <https://fondation-lamap.org>), ou les résolutions de problèmes mathématiques. Ces dispositifs initialement basés sur des disciplines tendent à être transdisciplinaires. Ainsi, dans le MOOC « Exercer son esprit critique à l'ère informationnelle » (Bétrancourt & Sander, s.d.), Charles Heimberg, professeur en didactique de l'histoire et citoyenneté à l'université de Genève, nous explique l'importance de la méthode scientifique en histoire pour exercer son esprit critique. Les deux approches, transversale et disciplinaire, semblent complémentaires. Un enseignement didactique traditionnel doit être complété par une approche multidisciplinaire qui donne aux élèves l'occasion d'appliquer et de développer leurs compétences et attitudes dans divers contextes et matières scolaires. Cela inclut des sujets tels que les sciences, les mathématiques, la littérature, l'histoire et la géographie. Cette approche multidisciplinaire permet aux élèves d'exercer leur créativité, de développer leur pensée critique et d'établir des liens entre les différentes matières, favorisant ainsi un apprentissage plus riche et plus complet. Une méta-analyse menée par Abrami et al. (2015) souligne d'ailleurs que les compétences générales s'améliorent plus que les compétences spécifiques lors d'interventions visant à développer l'esprit critique. Les auteurs et autrices ont analysé des dispositifs visant à développer l'esprit critique. Leurs travaux tendent à montrer qu'il existe des stratégies efficaces pour enseigner des compétences et attitudes à la fois génériques et spécifiques au contenu à tous les niveaux d'enseignement et dans tous les domaines disciplinaires. Ils·elles se sont heurté·es à une double difficulté liée à une hétérogénéité des interventions et à la difficulté d'évaluer les compétences, due à la complexité de caractériser l'esprit critique. Cette étude dégage néanmoins que des modalités d'enseignement combinant l'exposition des élèves à des problèmes concrets ou liés à la vie quotidienne, les échanges et les opportunités de dialogue entre les élèves, un accompagnement

pour les enseignant·es et des interventions métacognitives ont eu des effets positifs sur le développement de compétences nécessaires à l'exercice de l'esprit critique.

L'enseignement et l'apprentissage des critères utiles pour développer l'esprit critique sont importants, mais cela ne garantit pas que ces critères seront appliqués dans des situations en dehors de leur domaine d'origine ou dans des problèmes de la vie réelle. Pour que les élèves puissent transférer ces compétences critiques à d'autres domaines et situations, il est important de les enseigner à des fins spécifiques de transfert (Pasquinelli & Bronner, 2021). En effet, le transfert est le but ultime de tout apprentissage et en particulier des apprentissages scolaires. À quoi rimerait d'amasser des savoirs, savoir-faire et savoir-être, si ce n'est pour être capable de les utiliser dans la vie quotidienne ? Si nous n'étions pas en mesure de réutiliser dans une nouvelle tâche ou situation des connaissances et compétences acquises antérieurement, il serait impossible d'appréhender la nouveauté en permanence. Cependant, transférer ne se fait pas sans effort, sans explication et sans aide (Clerc, 2023). Le transfert est sujet à trois facteurs : le degré de similarité entre les tâches, le degré de similarité des contextes et l'intervalle de temps entre les tâches (Klahr & Chen, 2011). En matière d'esprit critique, une étude menée par Halpern (1998) a conclu que le transfert est possible à condition que l'enseignement comprenne d'une part un enseignement explicite des stratégies et d'autre part une mise en perspective dans des contextes et disciplines variés.

Pasquinelli et Bronner (2021) recommandent d'intégrer des stratégies favorisant le transfert de ces compétences à d'autres domaines et situations lors de la construction de séquences d'apprentissage visant à développer l'esprit critique. Cela pourrait inclure la présentation répétée des mêmes critères dans des exemples et des cas concrets variés, afin de montrer leur utilité dans différents contextes. Les chercheur·ses pointent également l'importance d'explicitement ces critères et de montrer comment ils peuvent être appliqués à une variété de contenus. Enfin, la pratique réflexive, tant sur le plan métacognitif que sur le plan argumentaire, peut aider les élèves à développer leur capacité à utiliser ces critères de manière autonome et adaptée à différentes situations

Une approche transversale de l'éducation à l'esprit critique nous semble intéressante à investiguer. Nous avons vu que Pasquinelli et Bronner (2021) prônent une meilleure connaissance des processus cognitifs dans la création d'interventions pédagogiques fondées sur la preuve. Mieux comprendre ces processus mentaux qui peuvent fausser le jugement et aller à leur rencontre permet une démarche raisonnée et critique (Bétrancourt et al., 2023). Comme le soulignent les chercheurs et chercheuses, ces processus mentaux, nommés biais cognitifs, sont

nombreux et coriaces. Néanmoins, ils sont communs à tous les humains et identifiables, ce qui permet d'être en mesure de les déjouer lorsque cela s'avère nécessaire. On peut les rapprocher des heuristiques qui sont des stratégies mentales utiles pour prendre des décisions rapides mais les biais cognitifs sont des distorsions systématiques de la pensée qui peuvent résulter de l'utilisation d'heuristiques ou d'autres facteurs d'influence (émotions, état mental ou physique, expériences, etc...).

Ainsi, on pourrait appréhender le développement de l'esprit critique dans le cadre scolaire par un enseignement explicite permettant aux élèves de prendre conscience de certains biais cognitifs, de les identifier chez eux-mêmes et chez les autres, et d'apprendre à aller à leur rencontre.

1.5 Les biais cognitifs

Le concept de biais cognitifs est né dans les années 1970 grâce aux recherches des psychologues Kahneman & Tversky (1996). Ces schémas de pensée, peu coûteux cognitivement, sont des phénomènes inconscients, irrépessibles et encapsulables, c'est-à-dire qu'ils s'exercent sans interagir avec d'autres fonctions cognitives. Dans certaines situations ou face à certaines informations nouvelles, ces schémas de pensée peuvent s'avérer illogiques et trompeurs à résoudre rapidement quatre types de problèmes : une exposition à un trop-plein d'informations, une saturation de la mémoire ou un choix à faire à propos de ce que l'on doit mémoriser, un besoin d'agir vite, un manque de sens.

Néanmoins, cela ne veut pas dire que la pensée analytique doit toujours être préférée à l'intuition rapide. Comme des études l'ont montré, les jugements intuitifs s'avèrent parfois plus précis que les jugements analytiques (Evans, 2014 ; Kruglanski & Gigerenzer, 2011 ; Phua et Tan, 2013). L'objectif est surtout de développer une certaine capacité à décider quand avoir recours à un système de pensée plus analytique et méthodique.

Pour Pasquinelli & Bronner (2021), « il est donc nécessaire de nourrir - par l'éducation - les mécanismes fondamentaux, et intuitifs, que nous utilisons pour évaluer les contenus d'information et leurs sources, et pour affiner les critères auxquels nous avons spontanément recours » (p. 96). En d'autres termes, éduquer à l'esprit critique permettrait d'acquérir des compétences et des attitudes nécessaires pour faire face à l'aspect limitant de ces biais comme par exemple, notre tendance naturelle à chercher et retenir les informations qui les corroborent (biais de confirmation), à voir un lien causal dans toute corrélation (illusion de causalité), d'être parfois trop crédule ou de ne nous fier qu'à une seule source pour valider une information (appel

à l'autorité). Comme l'explique le psychologue Bronner (2007), en encourageant un mode de pensée plus analytique et distant, en opposition à un mode de pensée rapide et intuitif basé sur les émotions, on peut éduquer aux biais cognitifs et aux croyances non fondées et ce, dans des situations propices à la confusion entre corrélation et causalité et au biais de confirmation.

Dans le cadre de ce mémoire, nous avons décidé de nous intéresser à ces trois biais courants.

1.5.1 Le biais de corrélation-causalité

Matute et al. (2015) ont mis en évidence que le biais de corrélation-causalité, ou illusion de causalité, pourrait être un facteur important contribuant au développement et au maintien de croyances superstitieuses et pseudo-scientifiques. De nombreuses études ont également montré que la difficulté que nous avons à analyser les relations causales favoriserait la propagation des théories complotistes. Les années qui viennent de s'écouler ont montré l'impact délétère sur nos sociétés que ces théories pouvaient avoir. Ce phénomène est amplifié par leur propagation facile rendue possible par les médias sociaux. Afin de comprendre ce biais cognitif, nous allons nous intéresser à deux principes : celui de corrélation et celui de causalité.

Le principe de causalité est un principe fondamental de la physique classique. Ainsi si le phénomène A produit un phénomène B alors B ne peut précéder A. A étant la cause et B l'effet. C'est le principe selon lequel rien n'est sans cause et que, à toutes choses égales par ailleurs, les mêmes causes produiront toujours les mêmes effets. On peut donner comme exemple, l'effet d'action-réaction : si je lance une balle contre un mur elle va revenir vers moi par l'effet de rebond. Ce thème de causalité est également central chez les philosophes. Platon l'a formulé ainsi : "Tout ce qui naît, naît nécessairement par l'action d'une cause". Cette recherche de cause originale est perçue comme essentielle pour comprendre le fonctionnement du réel et lui donner un sens difficilement perceptible par l'Humain avec ses seuls sens.

La corrélation est particulièrement fréquente en mathématiques, en tant que mesure statistique du degré de relation entre deux variables. Elle est souvent représentée visuellement sous forme de graphique. Une corrélation peut être significative statistiquement ou pas, c'est à-dire que des tests statistiques permettent de déterminer si cette corrélation est généralisable au-delà des données analysées. Une corrélation est qualifiée de positive quand les deux variables varient dans le même sens (lorsqu'une variable augmente, l'autre augmente également). Ainsi, il y a une corrélation positive entre la taille d'un individu et la longueur de ses jambes. A contrario, une corrélation est qualifiée de négative lorsque les deux variables varient en sens

inverse (lorsqu'une variable augmente, l'autre diminue ou inversement). Ainsi, lors d'un trajet en train, plus le temps passe, moins il reste de distance à parcourir pour arriver à destination.

Il convient de distinguer corrélation et causalité. En effet, une forte corrélation, même significative, n'induit pas forcément un lien de causalité. Le raisonnement causal est un raisonnement précoce qui est soumis à de nombreux biais (Bétrancourt & Sander, s.d.). L'un d'entre eux est l'illusion de causalité. Une conception intuitive à l'origine de ce biais est que toute corrélation traduit une relation causale. Piaget s'est intéressé aux représentations des enfants dans ces travaux publiés en 1927 : *La causalité physique chez l'enfant* (1927). Pour lui, le développement cognitif dépend de structures opératoires logiques. Il considérait que les enfants d'environ 4 ou 5 ans avaient une pensée précausale. Or, depuis de nombreux travaux ont montré que même de très jeunes enfants sont capables d'effectuer des relations causales (Lautrey & al., 2008).

Nous avons vu l'importance de prendre en considération les conceptions intuitives lorsque l'on vise à déjouer certaines heuristiques inappropriées. Il apparaît ainsi intéressant de se pencher sur les conceptions intuitives concernant les relations causales qui ont pu être identifiées.

Une première conception intuitive proviendrait d'un biais perceptif. Spelke & al. (1995) ont montré que très tôt le bébé s'attend à ce qu'il y ait un contact physique entre une cause et son effet. Ceci mène à la confusion entre corrélation et causalité : 'Cum hoc, ergo propter hoc', que l'on peut traduire par 'Avec cela, donc à cause de cela'. Si deux événements se produisent ensemble alors l'un est forcément la cause de l'autre.

Une deuxième conception intuitive est illustrée par le fait que les jeunes enfants privilégient systématiquement l'ordre temporel, l'évènement antérieur est identifié comme cause (Michotte, 1946), d'autant plus si les événements sont proches temporellement. Nous avons alors tendance à faire un raccourci de raisonnement : si deux événements se succèdent alors le premier est nécessairement la cause du second. Ceci mène à confondre systématiquement succession et causalité. C'est le 'Post hoc, ergo propter hoc' que l'on peut traduire par 'Après cela, donc à cause de cela'. Nous avons ainsi tendance à privilégier des causes directes et les chaînes causales complexes sont difficiles à appréhender.

La difficulté à percevoir le hasard est aussi tenace. « Souvent, nous tirons rapidement des conclusions à partir de quelques exemples épars, nous adhérons à des explications sans tenir compte d'hypothèses alternatives, telles que le hasard, etc » (Pasquinelli & Bronner, 2021, p.29).

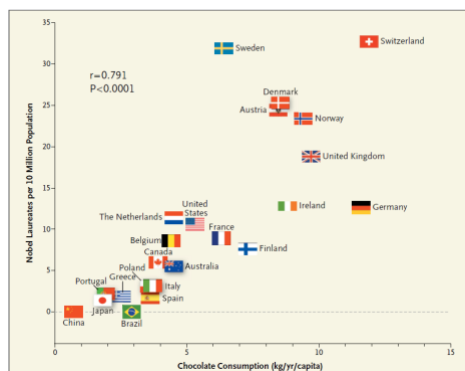
Comme nous l'avons vu les conceptions intuitives persistent bien souvent à l'âge adulte. Celles qui nous font estimer qu'une corrélation engendre une causalité peuvent amener à trois erreurs de raisonnement, et on peut alors passer à côté de trois types de corrélations : la coïncidence, la cause cachée et la cause inversée.

Pour illustrer le concept de coïncidence, prenons un exemple : j'ai constaté que quand j'ai soufflé sur les dés avant de les lancer, j'ai fait un double six, donc j'en déduis que souffler sur les dés avant de les lancer m'a porté chance. On retrouve bien là, la première conception intuitive de concomitance. Prenons un autre exemple : si le jour où je mets mes chaussettes préférées, j'ai une bonne note à mon test de mathématiques et que ce phénomène se répète une deuxième fois, ma conception intuitive va voir une causalité dans cette corrélation : le fait de porter mes chaussettes préférées est la cause de ma bonne réussite en mathématiques. Difficile d'accepter que ce ne soit que le fait du hasard. L'adage populaire « Rien n'arrive par hasard » renforce cette conception intuitive. Si un événement en précède un autre, cela ne peut être le fruit d'une coïncidence. Éduquer à l'esprit critique pourrait consister dans ce cas à développer le concept de hasard en mettant en place un protocole expérimental consistant à répéter cet enchaînement systématiquement et un grand nombre de fois : je mets mes chaussettes préférées chaque fois que j'ai un test en mathématiques pour vérifier si l'issue « J'ai une bonne note » se produit systématiquement et invariablement, toutes choses égales par ailleurs. De nombreuses coïncidences entre la cause et le résultat, lorsque les deux se produisent fréquemment, engendrent facilement une illusion de causalité (Bianco et al. 2013). C'est ainsi que se développent des superstitions, ou des croyances infondées.

Afin de bien faire comprendre la complexité du biais de corrélation-causalité, il convient aussi d'identifier quand, dans une corrélation, la relation causale est due à une variable confondante ou cause cachée. C'est le cas lorsqu'une même variable peut être la cause des deux événements. Prenons un exemple pour illustrer ce concept. En 2012, le médecin F.H Messerli écrivait un article pour la revue *New England Journal of Medicine* qui avait pour sujet les effets de consommation de chocolat sur les fonctions cognitives. Il calcula la corrélation entre la consommation annuelle de chocolat par habitant de 23 pays et le nombre de lauréats du prix Nobel, illustrée sur la figure 3.

Figure 3

Graphique représentant la corrélation entre la consommation annuelle de chocolat par habitant et le nombre de lauréats du Prix Nobel. tableau 2 publiée dans Messerli (2012).

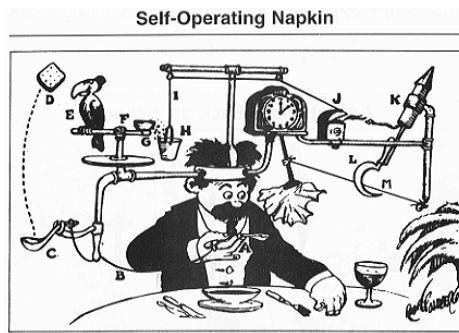


Les résultats montrent une corrélation positive entre ces deux variables : plus la consommation de chocolat est importante dans un pays, plus ce pays compte de prix Nobel. La conception intuitive qui veut que corrélation engendre causalité amène à la conclusion que la consommation de chocolat améliore les capacités cognitives (a priori nécessaires à l'obtention d'un prix Nobel). En fait, une troisième variable, cachée, explique la corrélation présentée sur le graphique. En l'occurrence, la cause cachée identifiée par des chercheurs de l'Université catholique de Louvain est la qualité de vie d'un pays. En effet, le niveau de richesse du pays est directement corrélé d'une part au budget alloué aux études favorisant l'obtention de prix Nobel, et d'autre part au niveau de vie des citoyens qui peuvent s'acheter cette denrée chère qu'est le chocolat. Ainsi, pour favoriser l'exercice de l'esprit critique, il faudrait développer le concept de cause cachée.

Dans le cas de la causalité inversée, la relation causale est bien présente mais il peut s'avérer difficile d'identifier le sens de cette causalité. Prenons un exemple simple : on pourrait remarquer que quand les éoliennes tournent vite, il y a beaucoup de vent, et inférer que les éoliennes créent le vent, comme pour un ventilateur. On se fourvoierait ainsi dans une relation causale inversée puisque bien évidemment, c'est le vent qui fait tourner les éoliennes. La conception intuitive du raisonnement causal : une entité est soit effet soit cause, se retrouve aussi dans le principe de causalité inversée. Un travail de catégorisation multiple et de recatégorisation pourrait être envisagé dépendamment des situations évoquées afin de développer une conception experte, que l'on peut apprendre en contexte scolaire : une entité peut être cause et effet (Scheibling-Sève, 2019). On peut illustrer cette conception par des machines du type de Rube Goldberg¹ : une cause entraîne un effet, et cet effet peut-être lui-même cause, en entraînant un autre effet. Dépendamment du point de vue, un élément peut être catégorisé comme effet d'une cause ou cause d'un effet (figure 4).

Figure 4

¹ Rube Goldberg était un ingénieur et dessinateur américain. Il a inventé et dessiné des machines complexes pour réaliser des tâches simples, grâce à une succession d'étapes enchaînant des relations de cause à effet.



Des pistes d'enseignement se dégagent mais exercer son esprit critique afin de mieux contrôler le biais de corrélation-causalité est rendu ardu par plusieurs éléments. Comme le souligne Matute et al. (2015), lorsque la corrélation est établie, on peut s'interroger sur les causes et les résultats et notamment sur le degré de corrélation mentionné plus haut. En effet, les probabilités du résultat et de la cause sont des variables qui influencent le degré d'illusion de causalité dans des conditions de contingence nulle (c'est-à-dire quand il n'y a pas de lien de cause à effet, toutes choses égales par ailleurs). Plus les probabilités de la cause et du résultat sont élevées, plus la probabilité que la cause et le résultat coïncident est élevé et plus la probabilité que l'on en déduise un lien de cause à effet est élevée (Matute et al., 2015). Le concept de hasard peut ainsi être résistant à l'apprentissage.

Concernant la probabilité de la cause, on peut citer l'exemple de la danse de la pluie. Le résultat, la pluie, est incontrôlable, mais la fréquence à laquelle les anciennes tribus dansaient était une variable qui affectait le nombre de coïncidences cause-résultat, ce qui pouvait à son tour affecter leur perception de cause à effet. En jouant sur cette variable, fréquence de la danse, on pourrait démontrer que sur une assez longue période de temps, cela n'a pas d'effet sur le résultat, la pluie.

Concernant la probabilité du résultat, on peut prendre l'exemple de souffler sur les dés pour obtenir un double six, en comptabilisant sur un grand nombre d'essai le pourcentage de double six avec soufflage préalable et sur le même nombre d'essais, le pourcentage de double six sans soufflage préalable.

D'autre part, les gens ont tendance à augmenter la fréquence d'une action qu'ils perçoivent comme une cause lorsqu'ils essaient de maximiser un résultat, ce qui accroît leur illusion de causalité. Demander aux gens de réduire la probabilité de la cause (et de s'abstenir d'agir à chaque occasion) s'avère être une stratégie efficace pour réduire leur illusion (Blanco et al., 2013). D'après les chercheurs·euses, cette stratégie enseigne aux gens ce qui se passe lorsqu'ils·elles agissent ou n'agissent pas, ce qui revient à leur enseigner les bases des méthodes

et du contrôle scientifiques : pour tester une relation causale entre deux variables, on doit apprendre à contrôler ces variables et voir ce qui se passe en présence ou en l'absence de la cause potentielle, toutes choses égales par ailleurs. Cette stratégie peut s'avérer également utile devant la difficulté que l'on peut avoir à montrer la non-existence d'un lien de cause à effet. Comme l'explique Bétrancourt (Bétrancourt & Sander, s.d.) en prenant l'exemple de l'homéopathie, cette démonstration peut être faite en montrant que les personnes ne prenant pas d'homéopathie guérissent de la même façon que ceux en ayant pris. Pour l'âge de nos élèves, on pourra prendre l'exemple suivant : *J'ai un rhume depuis trois jours. J'ai dormi avec mon bonnet et le lendemain j'étais guéri. Donc dormir avec un bonnet guérit les rhumes (alors qu'en général un rhume guérit tout seul en quelques jours).*

Il nous paraît donc important de développer une certaine vigilance des élèves vis-à-vis de ces illusions de causalité puisqu'ils·elles vont forcément y être confronté·es dans leur vie. Des chercheurs·euses proposent des pistes pour aller à l'encontre de ce biais cognitif. Comme il n'est pas toujours aisé d'admettre que l'on puisse être victime de certains biais ou qu'il est plus aisé de reconnaître les biais des autres plutôt que les siens (Pronin & al., 2004), Bianco et al. (2013) émettent l'hypothèse qu'amener les gens à prendre conscience que leur perception de la causalité est loin d'être parfaite les motivera à se renseigner sur les méthodes scientifiques qui les aideraient à évaluer d'éventuels liens de cause à effet avec précision. Ils·elles suggèrent d'avoir recours à un enseignement direct pour prévenir les illusions de causalité. Barberia et al. (2013) suggèrent de créer des situations de mise en échec des intuitions ou préjugés erronés avant de proposer un enseignement explicite et un tutoriel. Schmaltz & Lilienfeld (2014) proposent de montrer aux élèves des exemples de superstitions, de pseudo-sciences et de mythes courants et vraisemblables afin de les amener à comprendre leur erreur de raisonnement et de leur enseigner comment la pensée scientifique peut les aider à la rectifier. Il conviendrait d'adapter et manier avec prudence ces méthodes avec des élèves de fin d'école primaire afin de ne pas tomber dans l'écueil du doute et de la méfiance perpétuels. Nous allons nous pencher sur un autre biais de jugement courant, le biais de confirmation.

1.5.2 Le biais de confirmation

Le biais de confirmation est l'un des nombreux penchants naturels que nous avons dans notre façon de penser et de prendre des décisions. Il consiste en une tendance naturelle à porter attention puis mémoriser plutôt les informations ou les situations qui sont en accord avec nos

croyances. Comme l'écrivait Henri Bergson : « L'œil ne voit que ce que l'esprit est prêt à comprendre ». C'est rassurant cognitivement puisque cela nous apporte constance et cohérence. Face à un surplus d'informations, notre cerveau effectue un tri, un choix pour satisfaire notre besoin de consonnance avec notre vécu et nos croyances établies. Devoir constamment réévaluer notre façon de voir le monde aurait un coût cognitif bien trop important mais, comme tout biais cognitif, le biais de confirmation peut nous jouer de mauvais tours.

C'est le psychologue anglais Peter Wason qui fut le premier à mettre en évidence de manière empirique le biais de confirmation à travers « la tâche du 2-4-6 » (Wason, 1960). Au cours de cette expérience, le participant doit deviner quelle règle s'applique au triplet 2-4-6. Pour cela, il doit proposer d'autres triplets à l'expérimentateur qui, en retour, lui dit si ces nouveaux triplets respectent la règle ou pas. Quand le participant pense avoir deviné la règle, il fait une proposition à l'expérimentateur qui invalide ou pas cette proposition. Wason constate qu'environ 4/5 des participant.es pensent avoir découvert la règle rapidement. En effet, ils remarquent que le triplet proposé présente une régularité évidente puisque on incrémente simplement de 2 pour passer de 2 à 4 puis de 4 à 6. Ils·elles font donc rapidement l'hypothèse que la règle est « 3 nombres qui se suivent de 2 en 2 ». Or la règle de l'expérimentateur est beaucoup plus large : « 3 nombres en ordre croissant ». On peut constater que les participant.es proposent des triplets qui respectent cette règle mais ont bien du mal à trouver la véritable règle tant ils·elles restent coincé·es dans ce qu'ils·elles pensent être la règle. Les participant.es sont victimes d'un biais de confirmation qui leur fait proposer des triplets qui ne tendent pas à infirmer leur croyance mais plutôt à la confirmer. Ceci représente un handicap dans la résolution de cette tâche.

Le biais de confirmation agit aussi sur la mémoire puisque cette heuristique nous incite à mémoriser des informations et des événements en accord avec nos croyances. Ainsi, si nous croyons qu'il pleut chaque fois que nous allons pique-niquer dans le Jura, le biais de confirmation va nous inciter à nous remémorer toutes les fois où ce fut le cas et à oublier toutes les fois où nous avons pique-niqué sous le soleil.

Afin de comprendre pourquoi cette heuristique est si fréquent, il nous faut aborder la notion de dissonance cognitive. C'est Léon Festinger (1957) qui a mis en évidence ce phénomène cognitif. Il le définit comme une tension inconfortable du mental qui apparaît lorsque l'on considère deux idées contradictoires de façon simultanée. Ceci est particulièrement saillant lorsque l'on effectue des recherches sur internet et puisque, de nos jours, la source d'information principale est ce média, il paraît important d'être sensibilisé au biais de confirmation actif dans la conception des moteurs de recherche sur internet et actif dans la façon

dont nous formulons nos recherches. En effet, nous allons avoir tendance à formuler une recherche sur internet dans le sens de nos croyances. Par exemple, une personne niant le fait que l'homme a marché sur la Lune aurait tendance à effectuer la recherche : « L'homme n'a pas marché sur la Lune » plutôt que « L'homme a marché sur la Lune ». D'autre part, nous avons tendance à sélectionner les premières propositions du moteur de recherche et de préférence celles qui vont dans notre sens. En parallèle, il est bon de prendre conscience de « l'effet rebond » qui pousse les gens à rejeter les corrections factuelles. Leur croyance profondément ancrée peut même se renforcer lorsque justement de nouvelles informations viennent les remettre en question.

Nous allons maintenant aborder un biais argumentatif auquel nous sommes souvent confronté·es qui est le biais d'appel à l'autorité et nous en profiterons pour aborder le sujet fondamental de la validité des sources.

1.5.3 Le biais d'appel à l'autorité et la validité d'une source

Alors que l'illusion de causalité se place au niveau de la logique du raisonnement, le biais de confirmation au niveau du traitement de l'information, le biais d'appel à l'autorité se situe au niveau de la rhétorique. Ce biais de raisonnement consiste à soutenir une idée ou une opinion en se basant sur la crédibilité ou l'autorité d'une source plutôt que sur des preuves et/ou un raisonnement logique. En ce sens, il peut être considéré comme un biais de raisonnement puisqu'il ne garantit pas que l'information soit exacte ou pertinente. Néanmoins, cette heuristique peut trouver son utilité quand il s'agit de clore une conversation ou un débat interminable ou pour trouver une résolution à un questionnement. C'est alors le « ipse dixit » utilisé par les élèves de Pythagore pour justifier une décision du maître. Comme le rapporte Cicéron, sa seule autorité l'emportait indépendamment de la raison. On se doit alors de reconnaître l'autorité de certaines personnes dans la limite de leurs connaissances et de leur sphère d'expertise. On rejoint ici l'importance de savoir identifier la validité d'une source.

Pourquoi se laisse-t-on tromper si facilement par ces arguments non formels ? D'après Douglas Walton (2010), les arguments fallacieux ne sont pas forcément erronés en tant que tel mais ils le deviennent quand ils sortent de leur domaine de validité. Aussi, comme l'explique Bétrancourt (Bétrancourt et Sander, s.d.), se fier à l'autorité d'un tiers devient problématique lorsque l'amalgame est fait entre la croyance tirée de l'expérience personnelle et la connaissance scientifique. La place de l'argumentation apparaît alors essentielle à prendre en

compte lorsque l'on vise à développer son esprit critique. Kuhn (2019) estime même que la pratique du dialogue et de l'argumentation constitue le socle de la pensée critique.

On appréhende ici combien l'appel à l'autorité peut exercer un frein à l'exercice de l'esprit critique et la place qu'il occupe dans les théories du complot. C'est en effet un biais courant lorsque l'on se fie aux avis de tout un chacun sur les réseaux. Il est aussi tentant de succomber à l'*argumentum ad populum*, ou appel à la majorité. Il faudrait éveiller la vigilance des préadolescents sur ce phénomène de conformité sociale et de son influence sur les individus. Ce biais consiste à valider une action ou un argument du simple fait que beaucoup de gens le font ou le croient, ou le « like ». En effet, il est important de prendre conscience que ce n'est pas parce qu'une idée est soutenue par de nombreuses personnes qu'elle est valide scientifiquement. Est-ce que parce que « tout le monde le fait » que je dois aussi le faire ? Souvent oui (j'arrive dans un pays étranger et je ne comprends pas la signalétique pour les piétons, devant un signal lumineux inconnu de moi, tout le monde attend pour traverser, je fais pareil), parfois non (dans ce même pays étranger tout le monde roule à vélo sans casque, je ne suis pas la majorité et préfère mettre un casque à vélo). Comme l'explique Pasquinelli dans ses conférences (2024), nous prenons souvent les bonnes décisions ; notre cerveau a développé ces heuristiques pour assurer notre survie. Ils continuent à nous rendre la vie possible mais dans une société changeante, nous devons aussi apprendre à reconnaître quand ils peuvent nous desservir et, à ce moment-là, aller à leur encontre pour exercer notre esprit critique et nous assurer dans ce cas précis de bien identifier les sources dignes de confiance.

Dans cette démarche, nous pouvons nous rappeler du rôle de nos conceptions intuitives. Lorsqu'il s'agit de décider quand accorder notre confiance à un individu, source d'information, la conception intuitive serait l'heuristique d'expertise qui consiste à accorder plus de valeurs aux arguments d'un·e expert·e (Shah & Oppenheimer, 2008). Cette conception intuitive demande un effort cognitif faible tout en ayant de bonnes chances de donner un jugement adéquat et raisonnable. Néanmoins, on appréhende facilement que le champ de validité de cette conception intuitive est limité. Certains remèdes de grand-mère en sont un bon exemple. Lorsqu'il s'agit de soigner une brûlure sur la main par exemple, notre grand-mère nous propose d'y appliquer du beurre et le docteur des urgences médicales nous recommande de laisser notre main dix minutes sous un filet d'eau froide. Notre conception intuitive est dans ce cas efficiente car nous sommes enclins à plutôt croire l'expert, le docteur, que notre grand-mère, certes bienveillante, mais novice en médecine. Prenons un exemple moins évident maintenant, celui de la théorie des intelligences multiples énoncée par Gardner (1993). Selon lui, il existerait 8 ½ types d'intelligence différentes chez l'enfant. L'heuristique d'expertise incite à croire que cette

théorie est scientifiquement fondée puisqu'elle provient d'un éminent professeur de psychologie à la prestigieuse université de Harvard. Néanmoins, il a été démontré depuis qu'aucune preuve scientifique tangible n'a pu avérer la véracité de cette théorie. Elle est même considérée comme un neuromythe (Gros & al., 2018).

Dans un but d'exercer l'esprit critique, il faudrait au préalable être conscient de l'existence de cette conception intuitive qui veut que l'on puisse toujours faire confiance à ce que dit un·e expert·e. Ensuite, il s'agirait de développer des attitudes et compétences permettant d'élargir l'adéquation de cette conception intuitive. Il faudrait s'assurer que la personne-source est bien un·e expert·e reconnu·e du domaine par la communauté scientifique correspondante, que c'est un domaine de connaissances épistémologiques valides et vérifiées scientifiquement et que l'expert·e en question n'est pas la seule source sur laquelle baser le jugement.

2 Problématisation

2.1 Questionnement exploratoire

Durant notre revue de la littérature, plusieurs questions ont émergé. Malgré le fait que la pensée critique soit clairement identifiée comme un aspect essentiel au bon développement personnel et sociétal, on trouve très peu dans la littérature de références à des programmes pédagogiques visant explicitement à enseigner comment développer son esprit critique à des élèves de fin d'âge primaire ou secondaire 1. La thématique de la pensée critique est abordée au primaire à travers les sciences comme le programme lamap, “La main à la pâte” (voir le site <https://fondation-lamap.org>), des dispositifs comme ReyFlex en sciences et mathématiques développé par Scheibling-Sève (2019). Ces programmes permettent de la rendre opérationnelle dans des disciplines scolaires.

A l'heure où les sciences cognitives sont intégrées à la formation initiale et continue des enseignants, où des dispositifs d'enseignement sont implémentés pour enseigner l'importance du sommeil (voir le site <https://memetonpyj.fr>), le fonctionnement de notre attention (voir le site <https://project.crn1.fr/atole/>), faudrait-il opérer un changement de paradigme et aborder explicitement la compréhension de la pensée critique pour apprendre à la développer au même titre que l'on apprend à comprendre son système attentionnel pour mieux le contrôler ?

Dans quelle mesure apprendre à comprendre notre fonctionnement mental d'humain du 21ème siècle hérité d'une évolution de dizaines de milliers d'années serait-il une piste à explorer ?

Dans quelle mesure la meilleure compréhension de ces processus cognitifs permettrait d'être plus à même d'aller à leur rencontre dans les situations où ils nous desservent ?

Dans cette optique, à quoi pourrait ressembler un dispositif d'enseignement ?

Comment pourrions-nous évaluer l'efficacité d'un tel dispositif ?

Comment évaluer la transférabilité de ces apprentissages potentiels ?

Dans quelle mesure la flexibilité et la créativité pourraient-elles être des indicateurs du développement de la pensée critique ?

À partir de ces questionnements, nous avons développé une problématique de recherche ainsi que des hypothèses associées.

2.2 Énoncé de la problématique

Dans quelle mesure une intervention basée sur la compréhension de trois biais cognitifs courant (le biais de corrélation-causalité, le biais de confirmation et le biais d'appel à l'autorité avec la validation des sources) permettrait-elle de développer l'esprit critique d'élèves en fin de primaire en allant à l'encontre de ces biais ?

Une séquence d'enseignement explicite permettant de mieux comprendre ces biais et d'aller à leur encontre permettrait-elle également de développer flexibilité cognitive et créativité dans l'exercice de la pensée critique?

2.3 Hypothèses

Pour tenter de répondre à cette double problématique, nous avons formulé trois hypothèses de recherche.

Hypothèse 1 : Nous faisons l'hypothèse qu'un enseignement explicite du fonctionnement du biais de corrélation-causalité, du biais de confirmation et du biais d'appel à l'autorité permettra aux élèves de mieux les contrôler dans des situations données. Nous observerions alors une augmentation des réponses montrant un meilleur contrôle de ces biais entre des prétests et des posttests.

Hypothèse 2 : Nous faisons l'hypothèse qu'un enseignement explicite du biais d'appel à l'autorité permettra aux élèves de mieux identifier la validité des sources (dignes de confiance ou devant susciter la méfiance) et de l'importance de s'appuyer sur une multiplicité de sources valides.

Hypothèse 3 : Nous faisons également l'hypothèse qu'une séquence d'enseignement sur les biais cognitifs mentionnés précédemment dans le but d'aller à leur encontre pourra aussi amener les élèves à développer leur flexibilité et leur créativité comme indicateurs de l'exercice de l'esprit critique.

Afin de tester ces hypothèses, nous avons élaborer un dispositif expérimental que nous allons décrire dans la partie suivante. Nous verrons que nous avons utilisé quatre dispositifs expérimentaux pour lesquels les effets pourront être considérés séparément dans la partie Résultats.

3 Cadre méthodologique

3.1 Principe du dispositif expérimental

Afin de tester nos hypothèses, nous avons élaboré une séquence d'enseignement précédée de prétests et succédée de posttests.

Dans le cadre de ce mémoire, nous avons choisi de nous focaliser sur quatre thèmes identifiés dans la revue de la littérature, répartis sur sept séances d'enseignement pour travailler le développement de l'esprit critique.

Afin d'interroger notre hypothèse 1, nous avons élaboré trois leçons constituées de deux séances de travail chacune, une pour chaque biais, et deux tests pour chaque biais. Les séances sur les biais nous ont permis de travailler sur : la vigilance épistémique, la prise de conscience et de contrôle sur les biais cognitifs grâce à l'enseignement de savoirs, savoir-faire et savoir-être relatifs à chaque biais.

Afin d'interroger notre hypothèse 2, nous avons conçu deux tests et une seule séance de travail en classe.

Nous avons travaillé la métacognition tout au long des séances en faisant réfléchir les élèves sur ce qui se passait lors des activités : leurs réactions émotionnelles, leurs processus de raisonnement, leur capacité à les réguler, les stratégies mises en place et leur efficacité. En effet des recherches ont montré qu'il est possible d'aller à l'encontre de certains biais cognitifs et notamment du biais de confirmation avec une bonne métacognition (Rollwage & Fleming, s. d.).

Nous avons également incité la récupération en mémoire régulièrement pour favoriser la mémorisation.

3.2 Participant·es : enseignant·es et élèves

L'expérience a été conduite sur six classes de cinquième année de primaire dans une école internationale du canton de Genève. La cohorte était constituée 100 élèves en début d'année. Deux principaux curricula sont enseignés : le programme du Cambridge anglosaxon, niveau Grade 5 et le programme de l'Éducation nationale française, niveau CM2. Tout·es les enseignant·es se sont montré intéressé·es par la thématique et la démarche. Certain·es ont participé plus activement dans une démarche de co-enseignement.

Les classes de cinquième année de primaire sont réparties ainsi :

- 1 classe de CM2, avec un enseignant principal francophone. Des élèves anglophones étaient en immersion dans cette classe. Ils ont pu passer les tests en anglais mais suivi les leçons en français.
- 3 classes de Grade 5 avec chacune une enseignante principale anglophone. Des élèves étaient en immersion dans ces classes. Certains ont utilisé des traducteurs sur leurs iPads pour traduire les questions des tests.
- 2 classes bilingues dont les élèves suivent les deux curricula en parallèle avec une enseignante anglophone la moitié du temps et une enseignante francophone l'autre moitié du temps.

Certains parents n'ont pas donné l'autorisation pour que leur enfant fasse partie de l'étude mais tous les élèves ont suivi les leçons. De nouveaux élèves sont arrivé·es en cours de trimestre. Certains élèves étaient malades et n'ont pas passé les posttests avant la fin de la période d'expérimentation en classe.

3.3 Design en contrôle croisé et groupes expérimentaux

Afin d'optimiser la taille de la cohorte, nous avons procédé par contrôle croisé de la façon suivante :

- Les classes ont été divisées en deux groupes. Les profils des classes BIL5 sont légèrement différents des profils des classes de CM2 et Grade 5. En effet, les classes de BIL5 n'accueillent aucun élève en immersion ou avec des besoins éducatifs particuliers nécessitant une prise en charge externe ou interne. C'est pour cela que les deux classes de BIL5 ont été réparties chacune dans un groupe afin de constituer des groupes les plus homogènes possibles en termes de niveau scolaire :
 - Le groupe 1 était composé de trois classes (CM2, BIL5A et G5/3). Les leçons «série 1» ont été dispensées dans ces trois classes avec la correction des tests «série 1» intégrée.
 - Le groupe 2 était composé de trois classes (BIL5B, G5/1 et G5/2). Les leçons «série 2» ont été dispensées dans ces trois classes avec la correction des tests «série 2» intégrée

Les leçons et tests des séries 1 et 2 sont construits en miroir.

- Chaque classe était divisée en deux sous-groupes A et B. Ces systèmes de groupes ont pour but de supprimer un potentiel effet de groupe et de nous permettre différentes mesures qui seront détaillées dans la partie 5.3 Analyse des données.
 - Les élèves des sous-groupes A ont eu, pendant les leçons, la correction de la série de tests passés en prétest.
 - Les élèves des sous-groupes B ont eu pendant les leçons, la correction de l'autre série de tests que ceux passés en prétest.
 - Tous les élèves ont passé les tests «série 1» et «série 2» en posttests.

Le tableau 1 récapitule le design expérimental en contrôle croisé.

Tableau 1
Design expérimental

Groupe	GROUPE 1 (N=52)						GROUPE 2 (N=48)					
Classe	CM2 (N=17)		BIL5A (N=20)		Grade 5/1 (N=15)		BIL5B (N=20)		Grade 5/2 (N=14)		Grade 5/3 (N=14)	
Sous-groupe	1A (N=9)	1B (N=8)	1A (N=10)	1B (N=10)	1A (N=7)	1B (N=7)	2A (N=10)	2B (N=10)	2A (N=7)	2B (N=7)	2A (N=7)	2B (N=7)
Prétest	Test 1 FR	Test 2 FR	Test 1 ANG	Test 2 ANG	Test 1 ANG	Test 2 ANG	Test 2 FR	Test 1 FR	Test 2 ANG	Test 1 ANG	Test 2 ANG	Test 1 ANG
Leçon	Leçon 1 - FR		Lesson 1 - ANG		Lesson 1 - ANG		Leçon 2 - FR		Lesson 2 - ANG		Lesson 2 - ANG	
Posttest	Tests 1 & 2 - FR		Tests 1 & 2 - ANG		Tests 1 & 2 - ANG		Tests 2 & 1 - FR		Tests 2 & 1 - ANG		Tests 2 & 1 - ANG	

Les effectifs sont ceux de début d'année et correspondent donc aux élèves ayant passé les prétests.

Les séances ont toutes été menées par une seule personne (la chercheuse), en co-enseignement autant que possible, afin de limiter le facteur investissement/motivation des différents enseignant.es lors des leçons. La volonté d'impliquer les enseignant.es a pour objectif de créer des opportunités de faire des liens lors d'activités de la vie de classe et de favoriser un réinvestissement des apprentissages, propice à leur consolidation. La collaboration avec les enseignant.es dans le cadre d'une recherche participative permet de renforcer les liens entre praticien.nes et chercheurs.euses (Angelucci, s. d.). Nous avons ainsi privilégié le co-enseignement autant que possible. Nous avons fait l'hypothèse qu'en impliquant les enseignant.es, ils.elles soient alors plus à même de créer des liens avec les autres matières afin de favoriser automatisation et transférabilité.

L'expérimentation s'est déroulée au cours du premier semestre de l'année scolaire 2023-2024 entre septembre 2023 à décembre 2023, à raison d'une séance par semaine, pendant 12 semaines. Dans la partie suivante, nous allons décrire les leçons et les tests élaborés dans le cadre de cette expérimentation.

3.4 Matériel : leçons et tests

3.4.1 Les leçons

3.4.1.1 *Présentation des leçons*

Les leçons ont été proposées dans le même ordre dans toutes les classes afin de limiter les influences et interférences des leçons entre elles si elles avaient été proposées dans un ordre différent. Nous nous sommes appuyées sur la revue de la littérature pour construire les leçons et sélectionner les activités (voir 3.4.1.2, et annexes).

Les leçons ont été construites sur le même format : une introduction théorique avec du vocabulaire, une présentation des objectifs d'apprentissage, des activités avec la correction de certains exercices des prétests selon le design expérimental en contrôle croisé, une section « Je retiens » en fin de séance pour récapituler les points importants et le vocabulaire nouveau. En début de séance 2 pour chaque biais, un quizz sur le vocabulaire a permis de rafraîchir ce qui avait été vu dans la séance précédente et avait pour objectif de favoriser la mémorisation (Adesope et al., 2017). Le diaporama de la leçon 1 est disponible en annexe E.

Des devoirs à la maison ont été proposés entre les deux séances de chaque thème portant sur les biais afin de créer des liens avec les apprentissages en classe et la vie quotidienne des élèves et pour leur permettre de s'exercer. Pour la leçon sur le biais de corrélation-causalité, des entraînements à la maison ont été proposés toutes les semaines afin d'aider les élèves à s'approprier les nombreux concepts et mots de vocabulaire nouveaux.

Nous avons eu recours à plusieurs médias couramment utilisés dans l'école pour les leçons. Les quatre leçons ont été construites sur Power Point et projetées au tableau. Les devoirs ont été postés sur la Plateforme Showbie utilisée par les enseignant.es et accessible à la maison par les élèves. Certains devoirs ont été donnés en format papier. Des résumés des points clés et du vocabulaire de chaque thématique « Je retiens » ont été postés sur Showbie. Ces résumés étaient présentés en fin de séance et consultables à la maison par les élèves. Les quizz pour rafraîchir la mémoire des élèves ont été conçus et passés sur Formative (<https://fr.formative.com>).

3.4.1.2 Déroulement de la séquence d'enseignement sur 12 semaines

Semaine 1 : introduction en classe avec présentation de l'étude, évaluation diagnostique de la connaissance de la notion d'esprit critique. Nous avons utilisé une routine de pensée connue des élèves : « Think, Puzzle, Explore » afin de recueillir les conceptions initiales des élèves concernant l'esprit critique : « Que penses-tu savoir à propos de l'esprit critique ? Quelles sont les questions que tu te poses à propos de l'esprit critique ? Comment pourrais-tu répondre à ces questions ? »

Semaine 2 : Passation des prétests. Le dernier test étant particulièrement long, les enseignant·es ont dû trouver des créneaux horaires supplémentaires pour que les élèves ayant besoin de plus de temps puissent terminer.

Semaines 3 et 4 : « Leçon 1 » sur le biais de corrélation-causalité. À la suite de la revue de littérature concernant ce biais (1.5.1), nous avons tenté tout d'abord d'apporter une définition de ce biais dans le cadre de notre recherche, en définissant ce qu'est une variable, une corrélation, une causalité, et enfin ce qu'est le biais de corrélation-causalité. Nous avons partagé les savoirs, savoir-faire et savoir-être qui allaient être travaillés pendant la leçon. Dans l'optique d'exercer l'esprit critique des élèves afin de les aider à contrôler ce biais cognitif, nous nous sommes attaché·es à permettre une meilleure compréhension du phénomène cognitif à l'œuvre à travers des définitions et des exemples. Puis, nous avons tenté de fournir aux élèves des outils leur permettant d'aller à l'encontre de l'illusion de causalité. Nous avons décidé de passer du temps sur le vocabulaire afin de faciliter la compréhension du phénomène. Nous avons demandé aux élèves de fournir des exemples de variables, de corrélation et de causalité. Ils l'ont fait assez facilement. Lorsque nous leur avons demandé de trouver un exemple de corrélation sans causalité, un seul élève a fourni un exemple exact : la croissance des ongles et la croissance des cheveux sont corrélées mais aucune n'est la cause de l'autre. Nous avons discuté pour conclure que ces deux variables étaient corrélées à une même troisième : le temps qui passe. Nous avons pu introduire le concept de cause cachée, variable confondante.

En devoirs, entre les deux séances, nous avons demandé aux élèves de remplir une feuille avec un exemple de coïncidence, un exemple de corrélation avec causalité et en challenge un exemple de corrélation sans causalité. Un travail collaboratif était prévu pour la leçon suivante afin d'identifier les différentes corrélations.

Pour débiter la deuxième séance, nous avons fait un petit quizz sur Formative pour rafraîchir le vocabulaire, les notions travaillées et quelques exemples. Certains exemples préparés par les élèves ont été discutés en classe, puis nous avons traité d'autres exemples préparés par nos

soins. Nous avons tenté de mettre en place une certaine méthodologie : identifier les deux variables, les nommer clairement et discuter de la nature de leur éventuelle corrélation. Devant les questions des élèves et le peu de temps dévolu à ce biais (deux leçons), nous avons décidé de proposer des devoirs hebdomadaires aux élèves sur Showbie afin d'approfondir et consolider le travail effectué lors de ces deux leçons. Chaque semaine, un énoncé similaire à ceux travaillés en classe, avec texte ou graphique, était proposé en posant toujours les mêmes questions : quelles sont les deux variables ? Y-a-t-il une corrélation entre ces deux variables (la réponse était toujours oui mais cela permettait de revoir le terme et de renforcer sa signification) et si oui de quelle corrélation s'agit-il (coïncidence, causalité, causalité inversée, cause cachée). Une correction individuelle sur la plateforme était faite au fur et à mesure. Chaque exercice était corrigé collectivement en début de session en classe jusqu'à la fin de la séquence. Pour avoir une plus grande réalisation des devoirs par les élèves, il aurait fallu proposer des exemplaires papiers en plus de la plateforme.

Semaine 5 et 6 : « Leçon 2 » sur le biais de confirmation. Nous avons suivi la même structure de leçon que pour le premier biais. Nous avons commencé par donner quelques clés de vocabulaire, montrer des vidéos éducatives illustrant ce biais, puis partager les savoirs, savoir-faire et savoir-être travaillés. Lors des vidéos, l'action du biais de confirmation sur notre mémorisation a été abordée et discutée succinctement. Nous avons ensuite proposé aux élèves d'expérimenter la tâche de Wason qu'ils avaient eue, à l'identique ou dans sa version lettres, en prétest. Cette expérience ludique et facile à mettre en place nous a permis de faire comprendre aux élèves un des mécanismes de cette heuristique, qui consiste à ne privilégier que ce qui est en accord avec notre croyance « la règle est 3 nombres qui se suivent de 2 en 2 ». Ainsi, à travers cette tâche, les élèves ont été amenés à comprendre les mécanismes de fonctionnement de ce biais afin de mieux le reconnaître chez eux·elles et chez les autres et de mettre en place des moyens pour mieux le contrôler. Nous leur avons ainsi demandé de proposer des triplets qui infirmaient leur croyance afin de les amener à trouver la règle. Par exemple, proposer un triplet qui ne suit pas la règle « 3 nombres qui se suivent de 2 en 2 » comme « 3,15,89 ». Les élèves s'attendaient alors à une réponse négative et ont été surpris·es par notre réponse positive. L'hypothèse de solution a donc été remise en question et les élèves ont été relancés dans leur recherche. En procédant ainsi, ils·elles ont eu plus de chances d'arriver à la solution. Cette attitude qui tend à infirmer notre hypothèse ne vient pas naturellement et c'est en cela qu'il nous paraissait importante de l'enseigner aux élèves dans une démarche de développement de l'esprit critique (Barberia & al., 2018).

Entre les deux séances sur le biais de confirmation, nous avons demandé aux élèves de proposer un exemple de biais de confirmation issu de leur vie de tous les jours. Ils devaient mettre leurs exemples sur la plateforme Showbie (<https://www.showbie.com>) afin que nous puissions travailler dessus en groupe classe lors de la séance 2. Les élèves qui se sont prêtés à l'exercice ont majoritairement proposé des croyances. Nous avons débuté la séance 2 en abordant la différence entre connaissance et croyance. Nous nous sommes servi·es de ces croyances pour discuter de la formulation de recherche à effectuer pour vérifier leur validité. Ceci nous a permis d'identifier l'action du biais de confirmation lorsque l'on effectue des recherches. Nous avons rapidement fait le lien avec la façon dont nous énonçons nos recherches sur internet qui est la source d'information principale des élèves, comme discuté dans la revue de la littérature. Nous en avons profité pour leur parler de la façon dont les moteurs de recherche fonctionnent et du rôle du biais de confirmation dans les réponses que ces moteurs nous proposent.

Par manque de temps, nous sommes passé·es très rapidement sur le protocole expérimental. Ceci aurait mérité une leçon à part entière.

Semaines 7 et 8 : « Leçon 3 » sur le biais d'appel à l'autorité et la validation des sources. Pour travailler ce thème, nous avons pris appui sur une séquence de travail élaborée pour le cycle 3 par la Fondation La main à la pâte « Le bracelet du pouvoir » (voir le site <https://fondation-lamap.org/sequence-d-activites/le-bracelet-du-pouvoir>). Cette séquence illustre le fait que, dans la vie quotidienne, nous ne sommes pas toujours en mesure de vérifier des affirmations par nous-mêmes et que l'on s'en remet alors souvent à l'avis d'autres personnes, de sources, mais lesquelles sont fiables ? C'est ce que nous avons exploré à travers cette activité.

Les élèves ont été mis en situation de travail en binôme pour discuter des arguments de chaque personne source à propos du bracelet du pouvoir. Ils·elles devaient discuter de leur degré de confiance et le justifier. Cette activité nous a permis de mettre en évidence un certain nombre de questions à se poser et d'automatismes à développer pour contrôler le biais d'appel à l'autorité :

- La personne source de l'argument, l'autorité, peut-elle être identifiée ?
- Peut-on vérifier sa crédibilité et sa pertinence ?
- L'assertion appartient-elle au domaine de compétences de la personne source ?
- La qualité de l'argument peut-elle être évaluée ? Est-il solide, a-t-il des faiblesses logiques, peut-il être biaisé ?
- S'agit-il d'une position consensuelle dans ce domaine ? L'argument est-il validé par d'autres expert·es dans le domaine ?

- Considérer d'autres sources afin d'avoir une perspective plus large et ce même si la source fait autorité dans le domaine. Ceci peut éviter de se fier uniquement à une source qui peut être incomplète ou biaisée.

Ce processus de raisonnement et de validation peut être élargi à tous types de sources, articles, sites internet, blogs, photos, graphiques, etc... Cet aspect nous est apparu primordial dans la mesure où il est de plus en plus complexe de vérifier les sources du déferlement d'informations qui nous parvient dans notre monde hyperconnecté.

Pour la deuxième leçon sur la fiabilité des sources, il avait été prévu de travailler sur deux documentaires afin de relever les indices paratextuels pouvant aider à identifier le documentaire digne de confiance. Nous avons finalement préféré consacrer la séance à faire le bilan sur les arguments identifiés en première séance comme pouvant inspirer la confiance et ceux devant susciter la méfiance.

En devoir, il avait été demandé aux élèves de trouver deux questions de recherche sur internet afin de les aider à se faire une opinion sur le bracelet. Ils·elles devaient formuler deux recherches, l'une dans le cas où l'on croit que le bracelet fonctionne et l'autre dans le cas où l'on croit que le bracelet ne fonctionne pas. Cela a permis d'illustrer le biais de confirmation et son rôle dans la façon de formuler des recherches sur internet. Nous avons reparlé du biais de confirmation des moteurs de recherche et de l'importance de formuler des recherches allant aussi à l'encontre de nos préconceptions ou de nos croyances afin de pouvoir explorer et mettre en comparaison des sources et des points de vue divers. Des questions ont émergé sur la fiabilité de Wikipedia. Il aurait été intéressant aussi de faire des exemples pratiques car les élèves se sentent concerné·es par ces thèmes, d'effectuer des exercices d'application avec de véritables recherches sur internet en comparant les propositions des moteurs de recherche dépendamment de la formulation de la question posée. Les enseignant·es ont pu réinvestir ce dont nous avons discuté sur la validation des sources dans le cadre de recherches que les élèves devaient faire pour un projet en classe.

Le deuxième devoir était d'inventer un protocole expérimental pour vérifier l'efficacité du bracelet. Nous avons discuté rapidement des propositions du peu d'élèves ayant fait ce devoir. Comme mentionné précédemment, il aurait fallu prévoir un travail spécifique sur le protocole expérimental qui est resté flou pour beaucoup d'élèves.

Semaine 9 : « Leçon 4 » sur la flexibilité et la créativité. Nous avons construit la leçon de la même manière que pour les biais. Puis, nous avons parlé du problème de la bougie de Duncker que les élèves avaient tous eu en prétests. Il leur a été expliqué que nous ne donnerions pas la solution à cette énigme mais que pour les aider à la résoudre, nous allions travailler sur

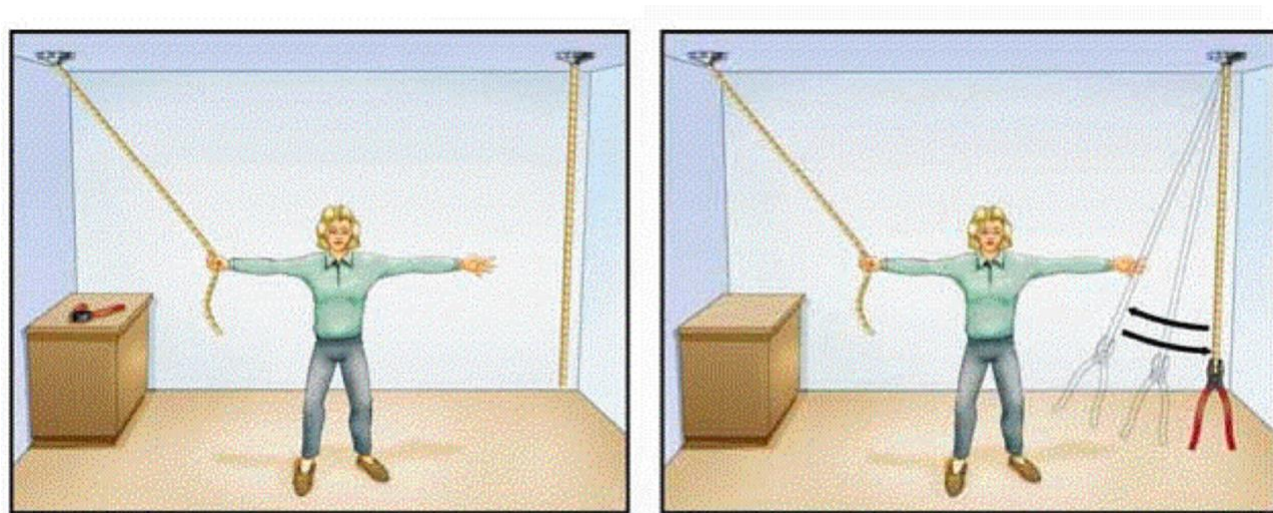
une énigme similaire, celle des cordes de Birch & Rabinowitz (1951) adaptation du problème des deux cordes de Maier (1931). La figure 5 illustre cette activité.

Dans ce problème, illustrée par la figure 5, il s'agit de nouer ensemble deux cordes pendues au plafond d'une pièce. Cependant, les cordes sont trop éloignées l'une de l'autre et trop courtes pour qu'il soit possible qu'une personne attrape les deux extrémités en même temps.

Peu d'élèves ont pensé à recatégoriser la pince en objet lourd pouvant faire balancier. Cette activité aura permis des discussions intéressantes et aux élèves d'argumenter autour des différentes solutions émises.

Figure 5

Problème de la corde (Birch & Rabinowitz, 1951). D'après une présentation de Van Selts, The California Institute State University



Nous avons ensuite travaillé sur :

- des paréidolies, des gros plans pour comparer nos différentes perceptions,
- des œuvres d'artistes de street art comme Banksy, pour discuter de l'utilisation et la recatégorisation d'objets urbains pour créer des œuvres
- des images ambiguës (autres que celles des tests) pour illustrer le changement de point de vue.

Les élèves se sont montrés très intéressés. Il leur a ensuite été proposé de jouer à faire des associations d'idées en travaillant sur une analogie proportionnelle. Nous avons discuté des différentes propositions et de leur validité.

En devoirs, les élèves ont eu à résoudre l'énigme des 9 points, illustrée par la figure 6.

Figure 6

L'énigme des 9 points : Relie les 9 points grâce à 4 lignes droites sans lever ton crayon (image tirée de <https://www.mathsisfun.com/puzzles/nine-dots-solution.html>)



Ils·elles ont été encouragé·es à être flexibles et créatifs·ves, à changer de point de vue et à « think outside the box ». Les élèves se sont montré·es très motivé·es pour résoudre cette énigme que nous avons corrigée la semaine suivante.

Semaines 10-11-12 : Conclusion et passation des posttests. Lors de la conclusion, il a été demandé aux élèves de faire une nouvelle routine de pensée. Ils·elles devaient de nouveau plier leur feuille en trois pour former trois colonnes : dans la première colonne, ils·elles devaient indiquer ce qu'ils·elles pensaient savoir de l'esprit critique avant la séquence de leçons ; dans la deuxième colonne, ils·elles devaient indiquer ce qu'ils·elles savaient, ce qu'ils·elles avaient appris ; dans la troisième colonne, ce qu'ils·elles aimeraient savoir, leurs questionnements.

Les leçons ont été adaptées au fur et à mesure, en fonction du temps disponible et afin de coller aux mieux aux intérêts et aux questionnements des élèves. Certain·es élèves font facilement des liens avec leur vie quotidienne mais pas tous·toutes.

Tout au long de ces leçons, nous nous sommes efforcé·es d'inclure des composantes métacognitives en amenant les élèves à réfléchir et s'interroger sur leurs stratégies, leur pertinence, leurs alternatives et d'en discuter ensemble.

3.4.2 Les tests

3.4.2.1 Présentation des tests

Quatre séries de tests ont été conçues, une pour chaque thématique abordée : le biais de corrélation-causalité (CC), le biais de confirmation (BC), le biais d'appel à l'autorité et la validité des sources (SAA), la flexibilité et la créativité (FC). Dans chaque série, deux tests « miroirs » ont été créés chacun disponible en français et en anglais. Cela faisait donc un total de huit tests. La présentation détaillée des tests se trouvent en annexes (Annexes A, B, C, D).

Les trois premiers groupes de tests, (CC1 & CC2, BC1 & BC2, SAA1 & SAA2) visaient à tester l'hypothèse 1. Pour cela nous avons examiné l'évolution des réponses challengeant le biais cognitif (CBC) entre les prétests et les posttests.

Le quatrième groupe de tests (FC1 & FC2) visait à tester l'hypothèse 2. Pour cela nous avons examiné l'évolution des réponses aux différents exercices entre les prétests et les posttests.

3.4.2.2 Modalités de passation des tests

La passation s'est faite en classe sur les iPads sécurisés de l'école. Ces questionnaires étaient anonymisés. Chaque élève s'est vu attribuer un numéro à l'aide d'un code dont la clé a été détruite dès que toutes les données ont été récoltées, fin décembre 2023. L'objectif étant d'évaluer les séances, les données ont été traitées de manière non individuelle, en regroupant les réponses des élèves de toutes les classes participantes. Les données anonymisées sont quant à elles conservées sans limite de temps. Les co-directeurs·trices de mon mémoire, les enseignant·es de classes et moi-même ont été les seul·es à avoir accès aux données brutes stockées sur les serveurs de l'Université de Genève ou du Collège du Léman, dans le respect des règles de protections des données.

Les tests étant anonymisés, leurs résultats n'ont aucun impact sur la scolarité et l'évaluation des élèves par l'équipe enseignante.

Nous avons fait passer tous les prétests préalablement aux leçons.

Afin de minimiser l'impact potentiel des enseignements des leçons antérieures sur les leçons en cours, l'option de faire passer tous les posttests ensemble à l'issue de la séquence d'enseignement a été privilégiée.

Il a été distribué à chaque élève une bande de papier avec son prénom, son code anonymisant et les quatre QR codes correspondant aux tests. Le code du test apparaissait sur chaque QR code, cela a entraîné des erreurs chez des élèves qui ont rentré le code du test dans le questionnaire au lieu de leur code individuel. Pour éviter ce genre d'erreur, il aurait fallu effacer le code de chaque test sur les QR codes.

Seules les questions des élèves relatives au vocabulaire ou nécessitant une traduction ont été acceptées pendant les passations. Certains élèves en immersion ont utilisé un traducteur.

3.4.2.3 Recueil de données

Des données ont été récoltées et non analysées : les routines de pensées, les supports de travail collaboratif, les devoirs.

Les données des tests ont été recueillies sur Microsoft Forms (<https://www.microsoft.com/en-us/microsoft-365/online-surveys-polls-quizzes>) avec une extraction dans Excel, version 16.76 pour macOS de Microsoft. Un premier travail de traitement et d'analyse de données a été opéré sur Excel puis un deuxième travail d'analyse statistique a été opéré sur SPSS Statistics 29 d'IBM pour macOS.

Les tests ont été passés sur la plateforme Microsoft Forms accessible sur les iPads des élèves. Un tableau Excel avec les données est extrait pour chaque test. Pour chaque thème, les données extraites des quatre tests correspondants ont été rassemblées dans un même tableau Excel :

- Analyse des tests portant sur le biais de corrélation-causalité (CC) : Données extraites de CC1FRA, CC1ENG, CC2FRA et CC2ENG
- Analyse des tests portant sur le biais de confirmation (BC) : Données extraites de BC1FRA, BC1 ENG, BC2FRA et BC2ENG
- Analyse des tests portant sur le biais d'argument d'autorité et de vérification des sources (SAA) : Données extraites de SAA1FRA, SAA1ENG, SAA2FRA, SAA2ENG
- Analyse des tests portant sur la flexibilité et la créativité (FC) : Données extraites de FC1FRA, FC1ENG, FC2FRA, FC2ENG

Les tableaux ont été nettoyés des colonnes inutiles extraites de Microsoft Forms et une colonne a été rajoutée pour identifier les sous-groupes (1A, 1B, 2A, 2B).

Lors de cette étape, quelques erreurs d'entrée de codes des élèves ont pu être corrigées en se basant sur les horaires de passation des tests. Ceci n'a pu être fait que pour les prétests, pour les posttests, cette tâche était plus complexe et nous avons préféré ne pas opérer ces corrections pour ne pas fausser les données. En effet, certains élèves ont confondu leur code personnel avec le code des tests indiqués sur les QR codes. Nous n'avons pas comptabilisé les entrées lorsque le sous-groupe n'était pas identifiable.

Notre procédure expérimentale en contrôle croisé nous a permis de procéder à des observations à travers quatre dispositifs d'analyse des données, explicités dans le tableau 2.

Pour simplifier la compréhension et la mémorisation du design expérimental, nous nommerons de la même façon le dispositif d'analyse des données des prétests et posttests et l'effet mesuré correspondant, comme le montre le tableau 2.

Tableau 2*Utilisation du design expérimental en contrôle croisé pour les mesures*

Sous-groupe	Prétest	Série de leçons	Posttest	Nom du dispositif
1A (N=26)	Test 1	Série 1 avec correction du Test 1	Test 1	« Correction »
2A (N=24)	Test 2	Série 2 avec correction du Test 2	Test 2	
1A (N=26)	Test 1	Série 1 avec correction du Test 1	Test 2	« Transfert pur »
2A (N=24)	Test 2	Série 2 avec correction du Test 2	Test 1	
1B (N=26)	Test 2	Série 1 avec correction du Test 1	Test 2	« Intervention »
2B (N=24)	Test 1	Série 2 avec correction du Test 2	Test 1	
1B (N=26)	Test 2	Série 1 avec correction du Test 1	Test 1	« Transfert biaisé »
2B (N=24)	Test 1	Série 2 avec correction du Test 2	Test 2	

Le design expérimental en contrôle croisé nous permet d'effectuer des mesures différentes selon les sous-groupes afin d'effectuer deux types d'analyse :

- Une analyse des pourcentages de réponses dans Excel

Une fois les données des tests extraites de Microsoft Forms importées dans Excel, nous avons recodé les réponses. Nous avons ensuite utilisé un certain nombre de formules EXCEL :

- Du type NB.SI.ENS, SIERREUR (RECHERCHEV ; PARAM...)
- Devant la complexité de certaines formules et le risque d'erreurs, nous avons aussi fait des tableaux croisés pour vérifier certains résultats, quand cela était possible. Nous avons vérifié la cohérence des pourcentages obtenus et quelques vérifications aléatoires sur des données individuelles.
- Nous avons aussi retravaillé certaines données dans Excel, créé de nouveaux tableaux pour les importer dans SPSS, recodé et créé de nouvelles variables, vérifié nos analyses.

- Une analyse statistique des moyennes pour les quatre dispositifs et la taille des effets dans SPSS.

Le moment du test (Prétest ou Posttest) constituait notre variable indépendante catégorielle à deux modalités. Nous avons recodé la variable « PretestPosttest » ainsi : Pretest1->1 ; Pretest2->1 ; Posttest1->2 ; Posttest2->2. La moyenne des réponses aux exercices constituait notre variable quantitative dépendante.

Nous avons filtré les élèves par sous-groupes, prétests et posttests selon le tableau 2, dépendamment des dispositifs pour créer un tableau de données pour chaque relation travaillée et chaque dispositif

Nous avons utilisé un test t pour échantillons appariés pour mesurer si les différences de moyennes des réponses aux exercices entre les prétests et les posttests étaient significatives statistiquement. Par convention, la significativité est établie pour une p-value inférieure à 0.05. Nous avons mesuré la taille éventuelle de cet effet grâce à la mesure du d de Cohen. Par convention, $d=0.2$ correspond à une petite taille d'effet, $d=0.5$ à une taille d'effet modéré, $d=0.8$ à une grande taille d'effet (Cohen, 1988).

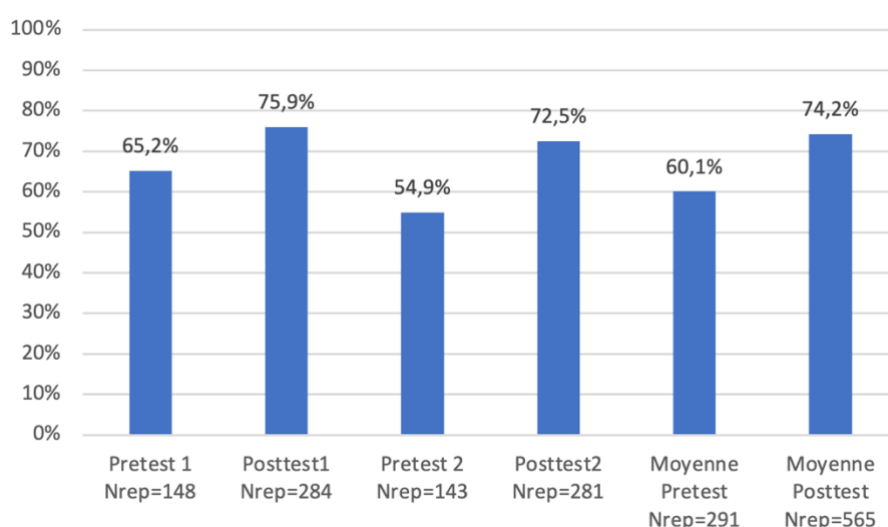
4 Résultats

4.1 Analyse globale des données extraites des tests sur les biais cognitifs

Dans un premier temps, nous avons calculé les pourcentages globaux de réponses correctes aux tests sur les trois biais de corrélation-causalité, de confirmation et d'appel à l'autorité (nous coderons ces réponses CBC pour « Challenge le Biais Cognitif ») aux prétests et aux posttests. C'est ce que nous montre la figure 7 ci-dessous :

Figure 7

Pourcentages de réponses correctes aux tests sur les trois biais de corrélation-causalité, de confirmation et d'appel à l'autorité entre les prétests et les posttests



À noter que les élèves ont passé soit les tests de la série 1 soit les tests de la série 2 en prétest alors qu'ils·elles ont passé les deux séries de tests en posttest, ce qui explique les différences de nombre de réponses.

Nous observons une augmentation des pourcentages de réponses CBC entre les prétests et les posttests.

Nous observons une augmentation globale du pourcentage de réponses CBC entre la moyenne des prétests (60,1%) et la moyenne des posttests (74,2%). Les élèves ont plus choisi les réponses CBC allant à l'encontre des biais cognitifs après l'expérimentation.

Nous pouvons constater la différence de pourcentage de réponses CBC entre les prétests 1 (65,2% réponses CBC) et les prétests 2 (54,9%).

On observe également que la différence de pourcentage de réponses CBC entre les posttests 1 et 2 est moindre que celle entre les prétests 1 et 2.

Dans la partie suivante, nous allons procéder aux analyses descriptives et statistiques des résultats des tests portant sur les trois biais.

4.2 Analyse des données extraites des tests sur le biais de corrélation-causalité

Les tests portant sur le biais de corrélation-causalité sont nommés CC1FRA et CC1ENG pour les tests de la série 1 et CC2FRA et CC2ENG pour les tests de la série 2. FRA indique que le test est en français et ENG indique que le test est en anglais. Ces tests sont détaillés en annexe A. Les élèves devaient répondre à 7 exercices présentant un exemple de corrélation issue de la vie quotidienne : 2 exercices sur une causalité (1 texte + 1 graphique), 2 exercices sur une coïncidence (1 texte + 1 graphique), 2 exercices sur une cause cachée (1 texte + 1 graphique), 1 exercice sur une causalité inversée (1 texte). Les élèves avaient le choix entre plusieurs réponses : 1 réponse identifiant la corrélation exacte ou réponse CBC « challengeant le biais cognitif » (codage 2), 1 réponse n'identifiant pas de corrélation (codage 1), 1 réponse identifiant une corrélation erronée (codage 0).

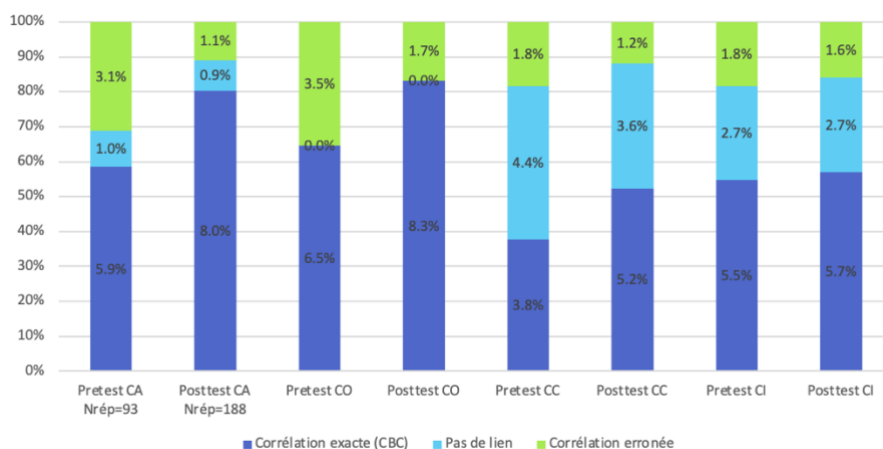
4.2.1 Analyse des pourcentages de réponses aux tests sur le biais de corrélation-causalité

Nous pouvons commencer par observer l'évolution de la répartition des réponses « corrélation exacte » ou CBC codées 2, « pas de lien » codées 1 et « corrélation erronée » codées 0, entre prétests et posttests pour chaque corrélation. Cette répartition est illustrée dans la figure 8 ci-dessous.

Nous précisons que, dans le calcul des réponses CBC, nous avons décidé de ne prendre en compte que les réponses « corrélation exacte » codées 2, et de ne pas prendre en compte les questions « Pas de lien » codées 1 pour homogénéiser avec les données pour le biais d'appel à l'autorité. Une analyse plus fine les prenant en compte est consultable en annexe A.

Figure 8

Proportions des réponses aux prétests et aux posttests pour les 4 types de corrélation : CA=Causalité, CO=coïncidence, CC=cause cachée, CI=causalité inversée. $N_{réponses\ Prétests}=93$, $N_{réponses\ Posttests}=188$.



Nous observons une augmentation du pourcentage de réponses CBC entre les prétests et les posttests pour les quatre types de corrélations avec une grande disparité entre les différents types.

Les progressions les plus importantes concernent les exercices présentant une relation de causalité et une coïncidence.

Le biais de corrélation-causalité a été plus difficile à contourner dans les situations avec une cause cachée. C'est ce que pouvait nous laisser présager la revue de la littérature.

Ce sont pour les exemples avec une causalité inversée que la progression a été la plus faible. Une analyse plus détaillée des exercices en annexe A, montre qu'il y avait une très grande disparité entre les exercices proposés et des possibles effets d'habillage et de régression vers la moyenne, pouvant expliquer ces résultats.

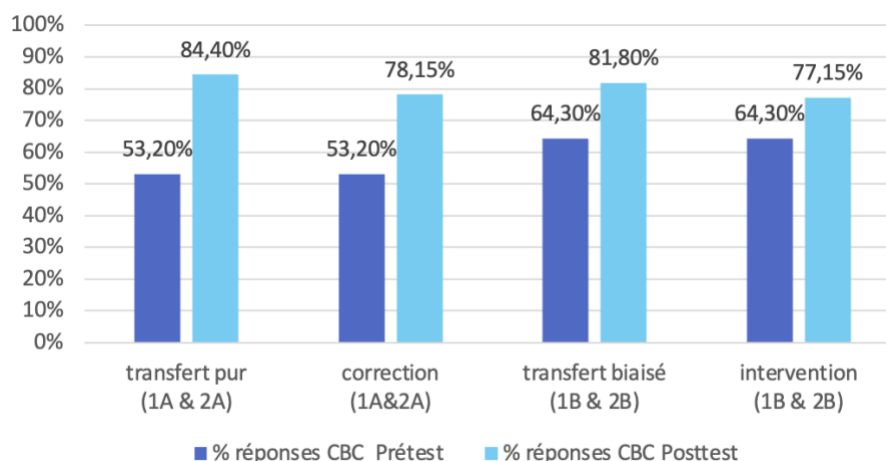
Grâce au design expérimental en contrôle croisé, nous pouvons compléter ces premières observations par l'évolution des réponses CBC entre prétests et posttests pour chaque dispositif (voir tableau 2) sur l'ensemble des quatre types de relations dans la figure 9.

Nous remarquons une augmentation des pourcentages de réponses CBC dans les quatre dispositifs aux posttests. Il est difficile de comparer les progressions entre elles à cause de l'hétérogénéité des pourcentages de réponses CBC entre les tests des deux séries.

Néanmoins ces résultats montrent que les élèves ont été plus en mesure de challenger le biais de corrélation-causalité à l'issue de la séquence d'enseignement.

Figure 9

Pourcentages de réponses CBC aux prétests et posttests CC pour les 4 dispositifs



Nous constatons que la progression des scores pour le dispositif « correction » n'est pas la plus importante comme nous aurions pu nous y attendre. Cela suggère qu'un effet de mémorisation n'a pas eu lieu, peut-être du fait que les leçons et les posttests aient été distants d'environ neuf semaines et que les élèves aient réfléchi sur d'autres exemples chaque semaine en devoirs. Cet entraînement hebdomadaire aura aussi permis de systématiser le raisonnement.

Une analyse plus détaillée des proportions de réponses pour chaque corrélation et chaque type d'exercices (avec texte ou graphique) est consultable en annexe A.

4.2.2 Analyse statistique des données pour le biais de corrélation-causalité

Le tableau 3 montre le test statistique de la différence entre les moyennes de réponses CBC aux tests pour le biais corrélation - causalité (variable dépendante) en fonction du moment de passation, prétests ou posttest (variable indépendante) grâce à un test T pour échantillons appariés.

Dans Excel, nous avons calculé le score moyen total pour les 7 premiers exercices. Nous avons laissé de côté l'exercice 8 sur le protocole expérimental mais son analyse se trouve dans l'annexe A.

Tableau 3

Moyennes des réponses challengeant le biais cognitif (CBC) de corrélation-causalité aux prétests et posttests pour les différents dispositifs

	Prétest Moyenne des réponses CBC (0-2)	Posttest Moyenne des réponses CBC (0-2)	Test t	Taille d'effet
Dispositif « correction » N=47	M=1.31 SD = 0.51	M=1.56 SD = 0.47	$t(46) = 3.73$ $p < 0.001$	d=0.54
Dispositif « transfert pur » N=47	M=1.31 SD = 0.35	M=1.57 SD = 0.35	$t(46) = 3.57$ $p < 0.001$	d=0.52
Dispositif « intervention » N=46	M=1.25 SD = 0.37	M=1.47 SD = 0.34	$t(45) = 3.68$ $p < 0.001$	d=0.54
Dispositif « transfert biaisé » N=44	M=1.26 SD = 0.34	M=1.59 SD = 0.32	$t(43) = 4.63$ $p < 0.001$	d=0.70

Comme le montre le tableau 3, on observe une différence significative de moyennes entre prétests et posttests quel que soit le dispositif : les élèves ont en moyenne plus choisi les réponses CBC aux posttests qu'aux prétests. Les tailles d'effet sont moyennes (entre 0.52 et 0.70).

4.2.3 Conclusion par rapport à l'hypothèse 1 pour le biais de corrélation-causalité

Ces différents résultats suggèrent que l'intervention a eu un effet significatif sur la performance des participants, augmentant les scores de manière statistiquement significative, avec des tailles d'effet moyennes.

A l'issue de la séquence d'enseignement les élèves ont été en mesure d'aller plus à l'encontre du biais de corrélation-causalité. L'hypothèse 1 tend donc à être confirmée en ce qui concerne le biais de corrélation-causalité.

4.2.4 Discussion

L'analyse plus fine des exercices (Annexe A) permet d'identifier deux effets d'enseignement pouvant expliquer la progression des élèves.

D'une part, concernant les exercices avec les textes, nous pouvons supposer que la correction a permis une meilleure compréhension des textes, du vocabulaire et des tournures de phrases. Par

exemple, le mot « deduce » a suscité plusieurs fois des éclaircissements pendant les prétests et encore quelque fois pendant les posttests. Nous avons reformulé la question « What can we deduce from this? » avec les enseignantes anglophones: «What can we conclude ? » ou « What can you tell about that ? » ou « What do you think about that? » . Les tournures de phrases ont parfois pu poser problèmes à certains élèves moins à l’aise en compréhension de lecture ou avec la langue d’enseignement. On peut penser à un biais d’habillage lié aux formulations choisies, comme précédemment mentionné. Pour pouvoir évaluer l’impact du niveau de lecture des élèves sur les réponses des textes, il aurait fallu identifier le niveau de lecture des élèves. En effet, on peut supposer qu’il existe un lien entre le niveau de lecture des élèves et leur score aux exercices avec textes.

D’autre part, concernant les graphiques, la lecture de graphique n’avait pas été enseignée en ce début d’année. Cinq classes sur les six suivaient le programme de mathématiques anglophones et ces notions avaient été abordées les années précédentes. La révision faite pendant les exercices a pu réactiver ces apprentissages antérieurs.

Intéressons-nous maintenant au biais de confirmation.

4.3 Analyse des données extraites des tests sur le biais de confirmation

Les tests portant sur le biais de confirmation sont nommés BC1FRA et BC1ENG pour les tests de la série 1 et BC2FRA et BC2ENG pour les tests de la série 2. Ces tests sont détaillés en annexe B. Ces tests sont composés de deux sections :

- Deux exemples de croyances à vérifier sont proposées. Il s’agit d’évaluer si les élèves vont proposer des recherches qui vont avoir tendance à vérifier les croyances ou à les challenger.
- Une activité sur la règle du 2-4-6 de Wason.

4.3.1 Analyse des pourcentages de réponses aux tests sur le biais de confirmation pour les exercices sur les croyances

Deux exercices présentant une croyance attribuée à une tierce personne étaient proposés aux élèves. Il leur était ensuite demandé de faire une recommandation de lecture ou de recherche concernant cette croyance.

Une proposition allait à l’encontre du biais de confirmation, réponse CBC, codée 2.

Une proposition ne portait pas sur la croyance, réponse RAV (Rien À Voir), codée 1.

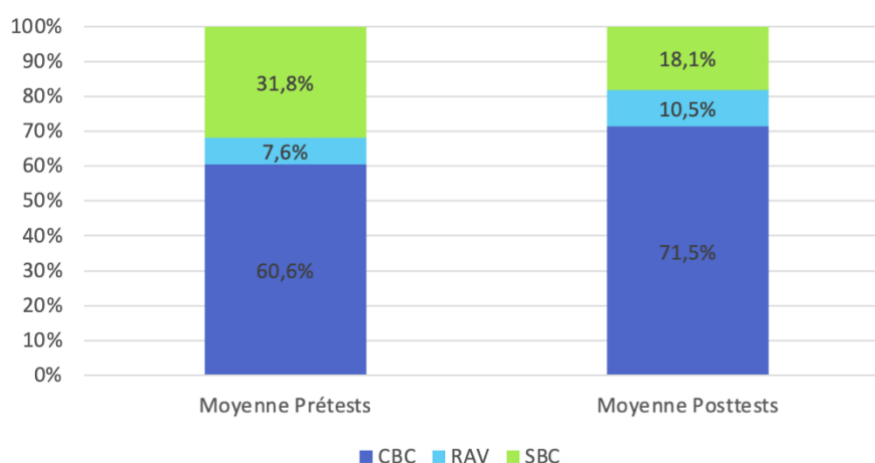
Une proposition subissait le biais de confirmation, réponses SBC (Subit le Biais de Confirmation), codée 0.

Pour un des exercices de chaque texte, nous n'avons pas proposé de réponses RAV car celles qui nous venaient à l'esprit ne nous apparaissaient pas pertinentes. Néanmoins, ceci affecte l'homogénéisation des énoncés.

Nous pouvons commencer par observer l'évolution de la répartition des réponses CBC, RAV et SBC entre prétests et posttests grâce à la figure 10 ci-après.

Figure 10

Proportion de réponses CBC (challengeant le biais de confirmation), RAV (rien à voir) et SBC (subissant le biais de confirmation) pour les exercices sur les croyances des tests sur le biais de confirmation

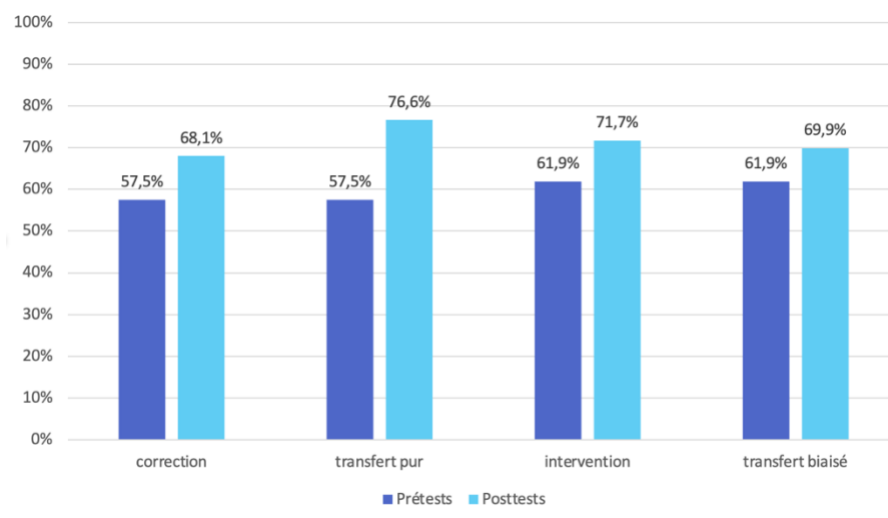


Les résultats montrent une augmentation des pourcentages moyen des réponses CBC (+10,9 points) entre les prétests (60,6%, $N_{réponses}= 103$) et les posttests (71,5%, $N_{réponses}= 191$) en même temps qu'une diminution plus importante des réponses SBC (-13,8 points). Ainsi, les élèves semblent être plus en mesure d'aller à l'encontre du biais de confirmation à l'issue de l'expérimentation.

La figure 11 ci-dessous illustre les pourcentages de réponses CBC entre les prétests et les posttests pour les différents dispositifs. Dans le calcul des réponses CBC, nous avons décidé de ne pas prendre en compte les questions RAV pour homogénéiser nos comparaisons avec le biais d'appel à l'autorité.

Figure 11

Pourcentages de réponses CBC (challengeant le biais de confirmation) aux prétests et posttests pour les 4 dispositifs d'analyse



Nous constatons une augmentation des pourcentages de réponses CBC dans les quatre dispositifs aux posttests. Les pourcentages de réponses CBC diffèrent peu entre les prétests (57,5 % de réponses CBC pour les dispositifs « correction » et « transfert pur » et 61,9% de réponses CBC les dispositifs « intervention » et « transfert biaisé »). Nous remarquons que la progression la plus marquée est pour le dispositif « transfert pur » (+19,1 points), ce qui est à la fois surprenant et encourageant. Ces observations vont dans le même sens que celles faites précédemment. Les élèves semblent avoir été plus en mesure d'aller à l'encontre du biais de confirmation à l'issue de la séquence d'enseignement dans chaque dispositif.

Procédons maintenant à des analyses statistiques dans SPSS, de la même façon que pour le biais de corrélation-causalité.

4.3.2 Analyse statistique des performances pour le biais de confirmation pour les exercices sur les croyances

Le tableau 4 montre le test statistique de la différence entre les moyennes de réponses CBC aux tests sur le biais de confirmation – exercices sur les croyances (variable dépendante) en fonction du moment de passation, prétests ou posttest (variable indépendante) grâce à un test T pour échantillons appariés.

Tableau 4

Moyennes des réponses CBC (challengeant le biais cognitif) aux exercices sur les croyances des tests sur le biais de confirmation pour les différents dispositifs

	Prétest Moyenne des réponses CBC (0-2)	Posttest Moyenne des réponses CBC (0-2)	Test t	Taille d'effet
Dispositif « correction » N=47	M=1.26 SD = 0.66	M=1.51 SD = 0.67	$t(45) = 1.71$ $p=0.046$	d=0.30
Dispositif « transfert pur» N=45	M=1.24 SD = 0.67	M=1.67 SD = 0.51	$t(44) = 3.15$ $p=0.003$	d=0.47
Dispositif « intervention» N=46	M=1.33 SD = 0.68	M=1.53 SD = 0.45	$t(45) = 1.71$ $p=0.094$	d=0.25
Dispositif « transfert biaisé» N=43	M=1.34 SD = 0.69	M=1.52 SD = 0.56	$t(42) = 1.23$ $p=0.227$	d=0.19

Comme le montre le tableau 4, on observe une différence significative de moyennes entre prétests et posttests pour les dispositifs « correction » et « transfert pur » : les élèves des sous-groupes 1A et 2A ont en moyenne plus choisi les réponses CBC aux posttests qu'aux prétests. Les tailles d'effet sont faibles (entre 0.30 et 0.47).

En revanche la différence n'est pas significative entre prétests et posttests pour les dispositifs «intervention» et «transfert biaisé».

4.3.3 Analyse des pourcentages de réponses aux tests sur le biais de confirmation pour les exercices autour de la tâche de Wason

Dans les tests de la série 1, la tâche de Wason a été proposée aux élèves. Dans les tests de la série 2, nous avons proposé une tâche miroir avec des lettres.

Les exercices autour de la tâche de Wason ont été mal conçu :

- Potentiel effet d'habillage ayant possiblement faussé les résultats pour les tests 1 : nous pensons que le choix du triplet 6-4-2 a été choisi par les élèves en prétest car ils retrouvaient les mêmes chiffres que dans l'énoncé.
- Triplets différents selon la langue pour les tests 2 : la réponse permettant de challenger les règles intuitives n'était pas la même entre BC2 FRA (F-D-B) et BC2 ENG (Z-M-

A). Il est difficile de dire si cela a eu un réel impact mais cela fausse quand même la rigueur des résultats.

Ces erreurs de conception empêchent l'exploitation des réponses des élèves aux deux tests et leur comparaison.

Néanmoins, les données du dispositif « intervention » pourraient être exploitées car elles concernent seulement les tests BC2. Les pourcentages de réponses incluant le triplet Z-M-A ou F-D-B passent de 10,6% ($N=47$) aux prétests à 17% ($N=47$) aux posttests.

Une analyse plus détaillée est consultable en annexe B.

L'expérimentation de la tâche de Wason en classe avait beaucoup plu aux élèves qui avaient bien participé et interagi. Nous avons pu leur faire relever les réactions de surprise ou d'incompréhension quand un camarade proposait un triplet qui allait à l'encontre de la règle qu'ils/elles pensaient avoir découvert.

Nous n'avons pas tenu compte de ces données dans nos analyses globales.

4.3.4 Conclusion par rapport à l'hypothèse 1 pour le biais de confirmation

L'analyse statistique des exercices sur les croyances nous montre une significativité des différences de moyennes entre prétests et posttests pour les dispositifs « correction » et « transfert pur » avec une taille d'effet faible, et non significative pour les dispositifs « intervention » et « transfert biaisé ». Ceci peut être dû à l'hétérogénéité des exercices, comme mentionné précédemment dans l'analyse des pourcentages.

A l'issue de la séquence d'enseignement les élèves des sous-groupes 1A et 2A ont été en mesure d'aller plus à l'encontre du biais de confirmation.

Malgré ces résultats mitigés, l'hypothèse 1 tend à être confirmée en ce qui concerne le biais de confirmation.

4.3.5 Discussion

Ces résultats sont à mettre en perspective de plusieurs facteurs et notamment des croyances sous-jacentes à chaque exercice. Une analyse plus détaillée, consultable en annexe B, nous montre de grandes disparités des résultats entre les exercices. On peut en effet se demander si les résultats seraient du même ordre de grandeur avec des croyances plus difficiles à nier. On voit d'ailleurs que l'exercice sur le jardinage (Annexe B) a été celui qui a eu la plus

faible amélioration de réponses. En effet, cette croyance liée au jardinage était certainement la plus ancrée des quatre et la moins familières aux élèves.

La formulation a également un effet à ne pas négliger. Par exemple pour la question « Mon voisin pense que la Terre est plate. Quelle recherche sur internet lui conseilles-tu de lancer ? », les deux réponses proposées étaient assez intuitives avec les connaissances scientifiques des élèves ce qui peut expliquer 84,6 % de réponses CBC aux prétests et un effet de plateau. On peut aussi se demander si les élèves ont choisi massivement cette réponse parce qu'elle confirmait leur connaissance que la Terre est ronde plutôt que parce qu'elle challengeait la croyance du voisin.

Il en est de même concernant la croyance « Les garçons sont meilleurs en maths que les filles ». Il aurait été intéressant de comparer les réponses par sexe pour identifier si les filles avaient été proportionnellement plus nombreuses à choisir la réponse « Les filles sont meilleures en maths que les garçons ».

Une prolongation possible serait de proposer aux élèves de choisir une croyance personnelle et de formuler une question de recherche challengeant cette croyance.

De plus, les exercices sur la tâche de Wason dans les tests étaient mal conçus et leurs résultats n'ont pas pu être pris en compte ce qui a limité le nombre d'exercices fournissant des données exploitables pour ce biais.

4.4 Analyse des données extraites des tests sur le biais d'appel à l'autorité et la validation d'une source

Les tests sont inspirés d'une activité de « lamap », la Main à la pâte, « Le bracelet du pouvoir » (voir le site <https://fondation-lamap.org>) proposée à des élèves de fin de cycle 3 en France, ce qui correspond à l'âge de notre échantillon.

L'objectif était d'évaluer la capacité des élèves à distinguer les opinions personnelles de celles fondées sur une démarche scientifique, de différencier les types de « preuves » à l'appui d'une affirmation (sous forme de témoignage rapporté) et à les classer sur la base de leur qualité.

Pour cela, à partir de la considération d'un objet prétendument doté de vertus miraculeuses (le bracelet du pouvoir), les élèves devaient considérer différents arguments le concernant apportés par des personnes-sources variées. Ils devaient décider à qui faire confiance et sur la base de quels critères. Ils·elles devaient sélectionner les arguments pertinents pour évaluer la confiance qu'ils·elles pouvaient accorder ou pas à chaque personnage-source.

La dernière question des tests leur demandait de choisir parmi les différentes personnes-sources de l'avis de qui ils·elles auraient besoin pour décider de l'éventuel achat d'un bracelet ? Il leur était spécifié qu'ils·elles pouvaient choisir une ou plusieurs personnes-sources.

Le message principal à retenir de l'activité proposées par lamap était le suivant : « Il n'est pas toujours possible de vérifier une affirmation par soi-même, par une expérience. On se tourne alors vers les autres, mais il est important de reconnaître, parmi toutes les sources, celles qui sont fiables. Elles doivent être multiples à aller dans le même sens, fondées sur l'expérience scientifique et portées par des exemples. »

4.4.1 Analyse des pourcentages de réponses aux tests sur l'argument d'autorité et la validité des sources

Afin de faciliter l'analyse, nous avons codé les critères. Exemple : P+ signifie "est populaire", P- "n'est pas populaire" ; ES+ signifie "s'appuie sur des études scientifiques", ES- signifie "ne s'appuie pas sur des études scientifiques" ; etc. (voir Annexe C).

Ensuite, les arguments ont été classés selon leur pertinence à accorder ou non une certaine confiance en la personne-source.

Les critères de réussite au test sont :

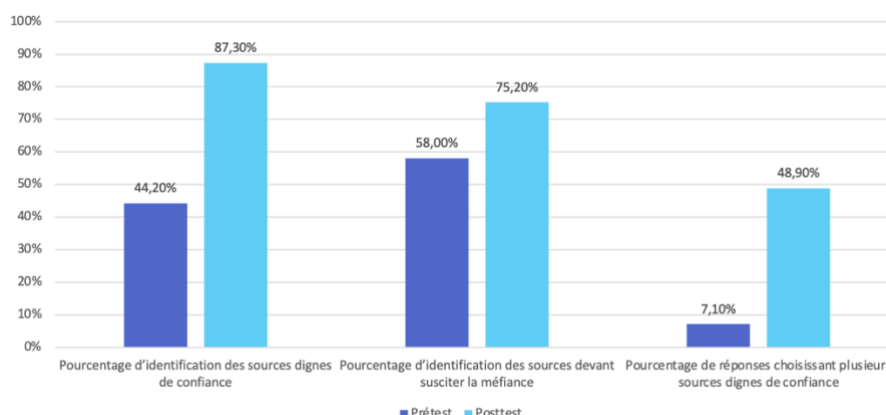
- Identification correcte des personnes-sources fiables en fonction des trois arguments pertinents pour accorder sa confiance :
 - o La personne-source se réfère à des études scientifiques
 - o Le bracelet rentre dans le domaine d'expertise de la personne-source
 - o La personne-source n'a pas d'intérêt commercial dans le produit
- Choix de plusieurs sources (dernière question) et éventuellement besoin de plus d'informations.

Une description détaillée des tests, des critères de fiabilité des arguments et des codages est consultable dans l'annexe C.

La figure 12 ci-dessous nous montre les pourcentages de réponses identifiant correctement les sources dignes de confiance ou devant susciter la méfiance entre les prétests et les posttests. Les pourcentages de réponses choisissant plusieurs sources dignes de confiance pour décider de l'acquisition du bracelet du pouvoir sont aussi indiqués.

Figure 12

Pourcentages de réponses identifiant correctement la validité d'une source et la multiplicité des choix aux prétests et posttests SAA



Globalement, on observe une augmentation de 43,1 points du pourcentage d'identification des sources dignes de confiance entre les prétests (44,2%, $N_{réponses}=99$) et les posttests (87,3%, $N_{réponses}=186$), ainsi qu'une augmentation de 17,2 points du pourcentage d'identification des sources devant susciter la méfiance entre les prétests (58,0%, $N_{réponses}=99$) et les posttests (75,2%, $N_{réponses}=186$).

On remarque également une très forte augmentation (+41,9 points) du pourcentage de réponses choisissant plusieurs sources dignes de confiance.

Une analyse plus détaillée des tests 1 (Annexe C) laisse supposer une meilleure reconnaissance des arguments reposant sur l'intérêt commercial (IC+) et le manque de référence à des études scientifiques (ES-) comme arguments pertinents pour ne pas accorder sa confiance.

Ces scores laissent aussi supposer une meilleure reconnaissance des arguments reposant sur l'expérience personnelle, le fait d'avoir inventé le produit, l'intérêt commercial et de ne pas se référer à des études scientifiques comme des arguments devant susciter la méfiance.

Une analyse plus détaillée des tests 2 (Annexe C) laisse supposer une meilleure reconnaissance des arguments reposant sur la popularité (P+) et la référence à l'expérience personnelle (EP+) comme arguments non pertinents pour accorder sa confiance. Certains résultats mettent en avant et questionnent la reconnaissance de l'expertise.

Nous allons maintenant procéder à une analyse statistique des données selon les quatre dispositifs expérimentaux.

4.4.2 Analyse statistique des performances pour les exercices sur la fiabilité des sources

Nous avons recodé nos variables dans SPSS afin de différencier les sources dignes de confiance et les sources devant susciter la méfiance.

1 correspond à la bonne identification de la source, digne de confiance ou devant susciter la confiance et 0 à une mauvaise identification de la validité de la source.

Nous avons additionné les valeurs des 5 sources pour obtenir un score compris entre 0 et 5.

Le tableau 5 montre le test statistique de la différence entre les moyennes de réponses identifiant correctement la validité d'une source, VSC = Validation Source Correcte, (variable dépendante) en fonction du moment de passation, prétests ou posttest (variable indépendante) grâce à un test T pour échantillons appariés.

Tableau 5

Moyennes des réponses identifiant correctement la validité des sources (VSC) aux prétests et posttests pour les différents dispositifs

	Prétest Moyenne des réponses VSC (0-5)	Posttest Moyenne des réponses VSC (0-5)	Test t	Taille d'effet
Dispositif « correction » N=48	M=3.19 SD = 1.14	M=4.42 SD = 0.82	$t(47) = 5.88$ $p < 0.001$	d=0.85
Dispositif « transfert pur » N=46	M=3.17 SD = 1.16	M=3.67 SD = 1.28	$t(45) = 1.93$ $p = 0.06$	d=0.28
Dispositif « intervention » N=46	M=2.50 SD = 1.05	M=4.11 SD = 1.08	$t(45) = 6.89$ $p < 0.001$	d=1.02
Dispositif « transfert biaisé » N=43	M=2.53 SD = 1.05	M=4.30 SD = 0.80	$t(42) = 9.00$ $p < 0.001$	d=1.38

Comme le montre le tableau 5, on observe une différence significative de moyennes entre prétests et posttests pour les dispositifs « correction », « intervention » et « transfert biaisé » : les élèves ont en moyenne mieux identifié la validité d'une source aux posttests qu'aux prétests. Les tailles d'effet sont fortes (entre 0.85 et 1.38).

La différence n'est pas significative entre prétests et posttests pour le dispositif «transfert pur».

4.4.3 Analyse statistique des effets pour les exercices sur la multiplicité des sources

Les élèves pouvaient choisir plusieurs des 5 sources proposées ainsi que l'option « J'aurais besoin de plus d'informations ». Nous avons recoupé et codé les réponses des élèves. Le codage 1 correspond aux combinaisons de réponses sélectionnant les 2 sources dignes de confiance avec éventuellement en plus la réponse « J'aurais besoin de plus d'informations ». Ces réponses challengent le biais d'appel à l'autorité (CBC).

Le codage 0 correspond à toutes les autres combinaisons de réponses.

Le tableau 6 montre le test statistique de la différence entre les moyennes de réponses CBC aux tests (variable dépendante) en fonction du moment de passation, prétests ou posttest (variable indépendante) grâce à un test t pour échantillons appariés.

Tableau 6

Moyennes des réponses challengeant le biais d'appel à l'autorité (CBC) – choix des deux sources dignes de confiance- aux prétests et posttests pour les différents dispositifs

	Prétest Moyenne des réponses CBC (0-1)	Posttest Moyenne des réponses CBC (0-1)	Test t	Taille d'effet
Dispositif « correction » N=48	M=0.10 SD = 0.31	M=0.60 SD = 0.49	$t(47) = 5.94$ $p < 0.001$	$d = 0.86$
Dispositif « transfert pur » N=46	M=0.11 SD = 0.32	M=0.35 SD = 0.48	$t(45) = 3.09$ $p = 0.003$	$d = 0.46$
Dispositif « intervention » N=46	M=0.04 SD = 0.21	M=0.43 SD = 0.50	$t(45) = 5.38$ $p < 0.001$	$d = 0.79$
Dispositif « transfert biaisé » N=43	M=0.05 SD = 0.21	M=0.58 SD = 0.50	$t(42) = 5.93$ $p < 0.001$	$d = 0.90$

Comme le montre le tableau 6, on observe une différence significative de moyennes entre prétests et posttests pour l'ensemble des dispositifs : les élèves ont plus choisi les deux sources dignes de confiance aux posttests qu'aux prétests. La taille d'effet est faible (0.46) pour le dispositif « transfert pur », moyenne (0.79) pour le dispositif « intervention » et forte pour les dispositifs « correction » et « transfert biaisé » (respectivement 0.86 et 0.90).

4.4.4 Conclusion par rapport à l'hypothèse 1 pour le biais d'appel à l'autorité et l'hypothèse 2 pour la validation des sources

Les tests t de comparaison des scores entre les prétests et les posttests nous indiquent que les élèves ont davantage fait le choix de faire confiance à plusieurs sources dignes de confiance plutôt qu'à une seule source. Ils semblent avoir mieux résisté au biais d'appel à l'autorité après la séquence d'enseignement et ce dans les quatre dispositifs.

L'hypothèse 1 tend à être confirmée en ce qui concerne le biais d'appel à l'autorité.

D'autre part, les résultats montrent que les élèves ont mieux sélectionné les sources dignes de confiance à l'issue de la séquence d'enseignement sauf dans le dispositif « transfert pur ».

L'hypothèse 2 n'est que partiellement confirmée.

4.4.5 Discussion

Ce thème était le dernier abordé, la mémorisation a pu avoir un effet plus marqué que pour les autres thèmes. Cela peut se retrouver dans les dispositifs « correction » et « transfert biaisé ».

Il aurait été intéressant d'évaluer qualitativement plus en détails les critères sélectionnés par les élèves pour accorder leur confiance ou pour susciter leur méfiance afin de mieux appréhender les critères les plus présents intuitivement et les plus résistants aux apprentissages.

Nous allons maintenant analyser les données des tests FC pour interroger l'hypothèse 3.

4.5 Analyse des données extraites des tests sur la flexibilité et la créativité

Les tests FC sur la Flexibilité et la Créativité sont divisés en quatre sections :

- Une section portant sur la catégorisation multiple d'un objet familier
- Une section portant sur la créativité et le changement de point de vue à partir d'images diverses.
- Une section portant sur les analogies
- Une section portant sur l'énigme de la bougie de Duncker

4.5.1 Analyse des données issues des exercices de catégorisation multiple d'un objet familier

Dans l'exercice « Prenons un regard nouveau sur un objet familier », les élèves doivent proposer des utilisations alternatives à des objets familiers dans une tâche de pensée divergente. Pour FC1 il s'agit d'une feuille de papier, pour FC2, il s'agit d'une tasse. Nous tentons de mesurer la capacité des élèves à recatégoriser un objet familier. Les élèves pouvaient proposer jusqu'à 5 utilisations dans des boîtes de dialogues différentes pour nous permettre de comptabiliser les entrées. Ils avaient la possibilité d'en proposer encore d'autres dans une boîte de dialogue mais cette 6^{ème} entrée n'a pas été prise en compte dans les calculs. Une comparaison du nombre d'utilisations données par chaque élève a été privilégiée. Une analyse qualitative détaillée des réponses aurait été intéressante mais n'a pas été retenue dans le cadre de ce mémoire.

Le tableau 7 montre les moyennes du nombre de réponses données par les élèves aux prétests et aux posttests. Pour rappel, les élèves ont passé un seul test en prétest et deux tests en posttests, ce qui explique la différence de nombre de réponses.

Tableau 7
Résultats pour les exercices portant sur la catégorisation multiple

	Prétest (N _{réponses} =95)	Posttest (N _{réponses} =186)
Moyenne du nombre d'utilisations (0-5)	4,76	4,15

D'un point de vue quantitatif, on remarque une légère diminution du nombre de réponses.

Ceci peut amener à plusieurs réflexions :

- Une forme de lassitude s'est opérée entre les prétests et les posttests (il s'agissait des 7^{ème} et 8^{ème} posttests passés).
- Un travail plus explicite sur la catégorisation multiple en classe aurait pu permettre d'obtenir de meilleurs résultats.
- Certains élèves ont mis toutes leurs réponses dans une seule entrée.
- La moyenne du nombre d'utilisations données en prétest est élevée. Peut-être y-a-t-il eu un effet de régression vers la moyenne pour les posttests.

Une analyse qualitative apporterait sans doute plus d'information sur la créativité des réponses données et sur la capacité des élèves à effectuer une catégorisation multiple d'un objet usuel et sur l'évolution de ces deux aspects entre les prétests et les posttests.

Suite à cette analyse descriptive, nous n'avons pas effectué d'analyses statistiques pour cet exercice dans la mesure où les résultats observés ne montrent pas de progression.

4.5.2 Analyse des données issues des exercices de changement de points de vue pour voir différentes choses dans des images

Cette section peut être divisée en deux types d'exercices selon les images proposées. Nous allons tout d'abord analyser les données recueillies pour chaque type puis discuter les résultats.

Analyse des données issues des exercices de type 1 : Différents types d'images sont proposés aux élèves : quatre images de paréidolies et deux images de gros plans. Il leur était demandé de nommer ce qu'ils·elles voyaient sur chaque image dans des boîtes de dialogues séparées. Les élèves pouvaient proposer jusqu'à 5 réponses.

Dans cet exercice, nous tentons de mesurer la capacité des élèves à catégoriser de différentes façons des éléments perçus dans une image.

Une comparaison du nombre d'entrées a été privilégiée (tableau 8).

Tableau 8

Moyennes de réponses données pour les paréidolies et les gros plans – catégorisation multiple

	Prétest (Nréponses =95)	Posttest (Nréponses =186)
Moyenne du nombre de réponses données (0-5)	3,02	3,59

On observe une légère augmentation du nombre de réponses données pour chaque image.

Une analyse statistique avec un test t pour échantillons appariés pour comparer les moyennes entre les prétests et les posttests a montré que les différences n'étaient pas significatives ($p=0.874$ pour les différences entre prétests et posttests1, $p=0.718$ pour les différences entre prétests et posttests2).

Type 2 : On propose aux élèves une image ambiguë dans laquelle on peut voir 2 images différentes (FC1 : vieille dame/jeune fille – FC2 : couple âgé/couple de musiciens). Nous avons codé les images comme suit :

- Codage 2 : deux des éléments sont identifiés
- Codage 1 : un des éléments (jeune fille ou vieille femme pour FC1 ; vieux couple ou musiciens ou dame dans la porte pour FC2) est identifié
- Codage 0 : aucun élément n'est identifié

Dans cet exercice, nous tentons de mesurer la capacité des élèves à changer de perspective pour aborder une image selon différents points de vue.

Le tableau 9 nous fournit la répartition des pourcentages de réponses identifiant 0,1 ou 2 éléments dans les images ambiguës.

Tableau 9

Répartitions des pourcentages de réponses identifiants 0, 1 ou 2 éléments dans des images ambiguës : changement de perspective

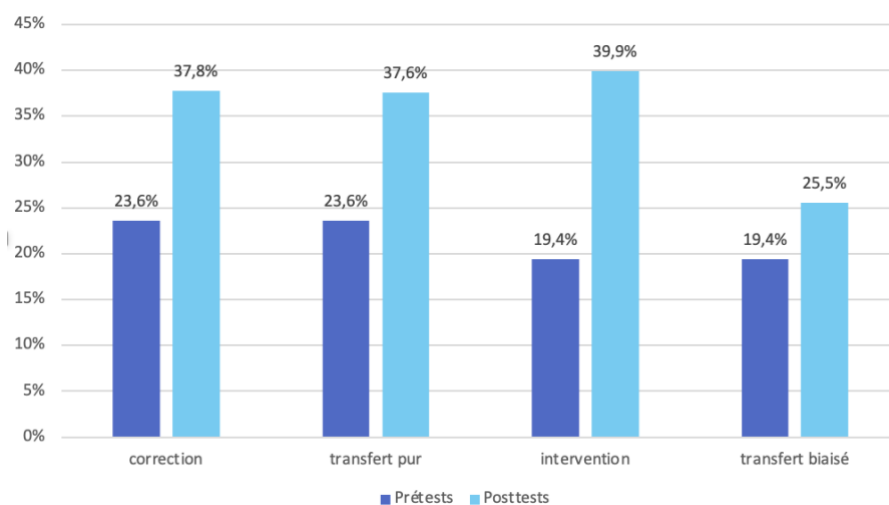
	Prétest (<i>N</i> _{réponses} =95)	Posttest (<i>N</i> _{réponses} =186)
2 éléments identifiés	21,1%	35,5%
1 élément identifié	50,5%	58,1%
0 élément identifié	28,4%	6,5%

Nous observons une augmentation du pourcentage de réponses identifiant les deux éléments dans les images ambiguës et montrant le changement de point de vue, passant de 21,1% aux prétests à 35,5% aux posttests. Il semblerait que les élèves aient plus été en mesure de changer de perspective après la séquence d'apprentissage.

Nous pouvons analyser les réponses des élèves pour chaque dispositif du contrôle croisé. C'est ce que montre la figure 13 ci-dessous.

Figure 13

Pourcentages de réponses montrant le changement de point de vue permettant d'identifier les 2 éléments d'images ambiguës, pour les 4 dispositifs d'analyse des données



On observe que le pourcentage de réponses identifiant 2 éléments a augmenté entre les prétests et les posttests pour les quatre dispositifs.

Nous avons effectué une analyse statistique pour cet exercice grâce au dispositif en contrôle croisé. Nous rappelons que les images ambiguës des tests n'ont pas été corrigées en classe. D'une part, nous avons comparé les moyennes d'éléments identifiés dans les images ambiguës entre les prétests et les posttests pour des images identiques aux deux moments de passation. D'autre part, nous avons comparé les moyennes d'éléments identifiés dans les images ambiguës entre les prétests et les posttests pour des images différentes aux deux moments de passation.

Tableau 10

Moyennes des réponses identifiant 0,1 ou 2 éléments des images ambiguës aux prétests et posttests

	Prétest Moyenne (0-2)	Posttest Moyenne (0-2)	Test t	Taille d'effet
Images identiques au prétest et posttest N=84	M=1.05 SD = 0.64	M=1.35 SD = 0.57	$t(83) = 3.33$ $p < 0.001$	d=0.36
Images différentes au prétest et posttest N=84	M=1.05 SD = 0.64	M=1.21 SD = 0.58	$t(83) = 1.67$ $p = 0.050$	d=0.18

Comparaison des moyennes aux prétests et posttests avec images identiques aux prétests et posttests

Pour le cas où les images étaient identiques aux prétests et au posttests les résultats montrent une différence significative de moyennes entre les prétests et les posttests ($t(83) = 3.33$, $p < 0.001$). Les élèves ont identifié plus d'éléments dans les images ambiguës aux posttests ($M=1.35$, $SD = 0.57$, $N = 84$) qu'aux prétests ($M=1.05$, $SD = 0.64$, $N=84$). Une taille d'effet faible est observée ($d=0.36$).

Comparaison des moyennes aux prétests et posttests avec images différentes aux prétests et posttests

Pour le cas où les images étaient différentes aux prétests et au posttests les résultats montrent une différence significative de moyennes entre les prétests et les posttests ($t(83) = 1.67$, $p=0.050$). Les élèves ont identifié plus d'éléments dans les images ambiguës aux posttests ($M=1.21$, $SD = 0.58$, $N = 84$) que dans celles aux prétests ($M=1.05$, $SD = 0.64$, $N=84$). Une taille d'effet faible est observée ($d=0.18$).

Ces résultats suggèrent que l'intervention a eu un effet significatif sur la performance des participants, augmentant les scores de manière statistiquement significative. Les élèves semblent avoir été plus en mesure de changer de point de perspective pour identifier les différents éléments dans des images ambiguës. Ces résultats tendent à confirmer l'hypothèse 2.

Discussion :

Pour les exercices de type 1, les résultats obtenus n'étaient pas attendus puisque ces derniers tests étaient très longs et fastidieux. En regard des résultats des exercices sur la catégorisation multiple, on peut se demander si l'effet plus attractif des images pourrait expliquer le bon engagement des élèves qui ont pris le temps de donner le plus de réponses possibles en posttest. Ceci peut amener à deux réflexions :

- Les élèves sont intéressés par le sujet et motivés à effectuer les exercices
- La séquence de travail a permis de développer une certaine créativité et flexibilité.

Pour les exercices de type 2, une étude plus détaillée de ces exercices (consultable dans l'annexe D) nous permet d'observer que les pourcentages sont nettement moins élevés pour l'image des tests 1 correspondant à l'image de la vieille dame et de la jeune fille. Les deux images n'étaient

pas sur un même niveau de difficulté. Il est notamment intéressant de remarquer que certains élèves ont identifié plus de deux éléments. Nous sommes revenu·es sur les images lors de la séance de conclusion. Les élèves ont beaucoup participé et ont identifié des éléments qu'ils ou elles n'avaient pas vus initialement montrant une continuité de l'évolution des capacités à changer de points de vue et la richesse des discussions de groupe.

Une analyse qualitative des réponses serait aussi intéressante pour comparer les réponses données sur un même test passé en prétest et en posttest.

4.5.3 Analyse des données issues des exercices sur les analogies

Cette section est divisée en deux types d'exercices :

Type 1 : Les élèves doivent compléter deux analogies proportionnelles.

Les élèves doivent trouver le 4^{ème} terme en préservant la relation entre les deux thèmes. Par exemple, «La sécheresse est au désert ce que l'humidité est à/au... ».

Nous avons codé 1, les réponses préservant la relation entre les termes des deux thèmes (exemple : sécheresse/désert et humidité/forêt tropicale)

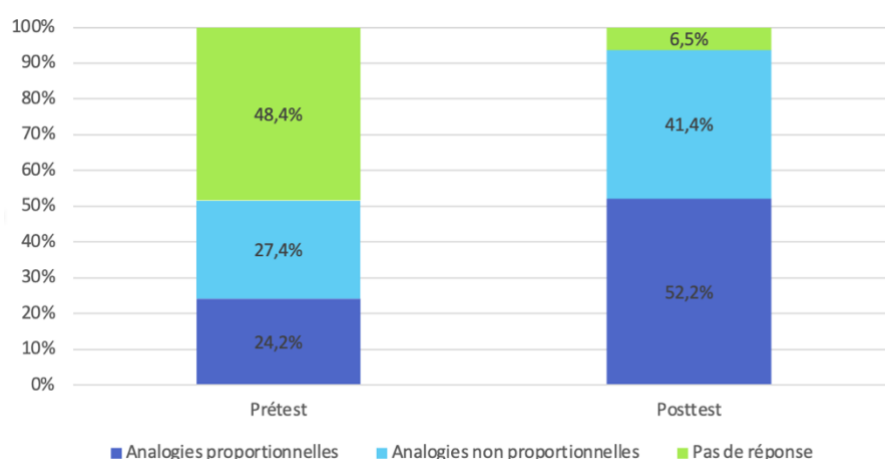
Nous avons codé 0 les réponses ne la préservant pas (exemple de réponse : pluie). Une analyse plus détaillée est consultable en annexe D.

Nous avons codé 99, l'absence de réponse.

La figure 14 montre la répartition des pourcentages relatifs à chaque code pour les quatre analogies (deux dans chaque test FC1 et FC2) :

Figure 14

Répartition en pourcentages des réponses pour compléter une analogie proportionnelle aux prétests et posttests



Nous observons une augmentation de 28 points du pourcentage d'élèves ayant proposé une réponse cohérente avec une analogie proportionnelle entre les prétests (24,2%, $N_{réponses} = 95$) et les posttests (52,2%, $N_{réponses} = 186$). Le travail sur les analogies en classe aura été extrêmement bref. Ces résultats encouragent à proposer des travaux plus approfondis sur les analogies et à promouvoir leur utilisation en classe.

Nous avons effectué une analyse statistique des différences de moyennes entre prétests et posttests au moyen d'un test T pour échantillons appariés mais les résultats n'étaient pas significatifs statistiquement ($p=0,285$ pour la comparaison des moyennes entre les prétests et le posttest 1 ; $p=0,123$ pour la comparaison des moyennes entre les prétests et le posttest 2), probablement en raison du grand nombre de valeurs manquantes aux prétests (50,5% de réponses codées 99 aux Prétests).

Type 2 : Les élèves doivent inventer une analogie proportionnelle sur le modèle proposé
« Le jaune d'œuf est à l'œuf ce que le noyau est à la cerise ».

Nous avons codé 2, les réponses proposant une analogie proportionnelle.

Nous avons codé 1, les réponses proposant une analogie non proportionnelle.

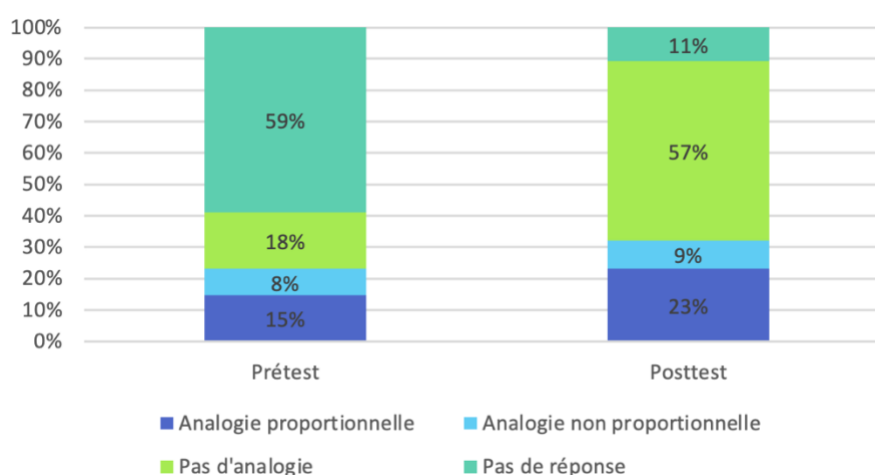
Nous avons codé 0, les réponses qui ne sont pas des analogies.

Le code 99 indique une absence de réponse.

Le figure 15 montre la répartition en pourcentage des réponses selon le codage.

Figure 15

Répartition en pourcentages des analogies inventées aux prétests et posttests



Nous observons une augmentation du pourcentage d'analogies proportionnelles entre les prétests (15%, $N_{réponses} = 95$) et les posttests (23%, $N_{réponses} = 186$). Comme mentionné précédemment, le temps attribué au travail sur les analogies durant la séance aura été très rapide. Cette entrée en matière aussi brève fut elle aura engagé les élèves à essayer de proposer une

analogie (le pourcentage d'absence de réponse passe de 59% à 11%) ce qui montre un engagement positif des élèves à essayer.

Vu le nombre important de valeurs manquantes aux prétests (59 % de réponses codées 99), nous n'avons pas effectué d'analyse statistique.

Ces deux exercices sont encourageants pour développer un travail plus spécifique sur les analogies. Comme nous l'avons vu dans la revue de la littérature, le raisonnement par analogie peut être un outil puissant dans l'argumentation et donc dans l'exercice de l'esprit critique.

4.5.4 Énigme de la bougie

Dans cette expérience inventée par Duncker (1945), explicitée dans la revue de littérature (1.3.1), pour parvenir à résoudre une énigme, il faut recatégoriser la boîte de punaises de contenant à support.

Cette énigme était présente dans les tests de la série 1 et de la série 2. Il n'a pas été corrigé lors des séances en classe. A la place, nous avons traité le problème des cordes, décrit dans la semaine 1 du déroulement des leçons (3.4.1.2). Nous avons ainsi travaillé sur la recatégorisation de la pince « d'outil » à « poids pour faire balancier ». Il a été indiqué aux élèves qu'il y avait un parallèle entre l'énigme des cordes et celle de la bougie. L'objectif de cet exercice était double : d'une part mesurer la capacité à recatégoriser la boîte de contenant à support et, d'autre part mesurer un transfert du raisonnement analogique entre les deux problèmes, à la manière du problème de la forteresse de Duncker.

Lors des posttests, les élèves ont eu deux fois l'opportunité de proposer une solution à l'énigme de la bougie puisque l'exercice apparaissait dans chaque posttest. Une analyse qualitative des réponses successives des élèves aurait été intéressante afin d'identifier un potentiel effet de lassitude (réponse au premier posttest et pas de réponse au deuxième posttest) ou un potentiel effet « deuxième chance » (pas de réponse ou réponse non valide au premier test et réponse valide au deuxième posttest).

Le code 1 correspond aux réponses qui mentionnaient la recatégorisation de la boîte.

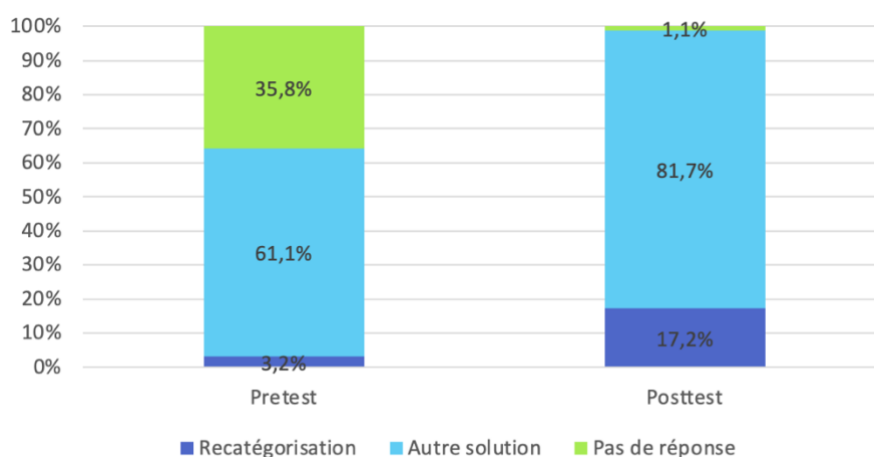
Le code 0 correspond aux réponses proposant des solutions sans recatégorisation et ne résolvant pas l'énigme.

Le code 99 correspond à l'absence de réponse.

La figure 16 montre la répartition du pourcentage des réponses selon ce codage.

Figure 16

Répartition en pourcentages des réponses à l'énigme de la bougie aux prétests et posttests



Nous observons une augmentation du pourcentage de solutions proposant une recatégorisation de la boîte de punaises de « contenant » à « support » entre les prétests (3,2%, $N_{réponses} = 95$) et les posttests (17,2%, $N_{réponses} = 186$). Le pourcentage d'élèves proposant une recatégorisation a été multiplié par environ 5,5. Cela suggère qu'un effet de transfert analogique positif a eu lieu entre l'énigme de la corde (source) et celle de la bougie (cible) mettant en jeu la recatégorisation d'un élément. Nous avons explicité le lien entre les deux énigmes pour encourager ce transfert. Nous constatons que, d'une part, la reclassification n'est pas du tout intuitive puisque cela correspond à seulement 3,2 % des réponses aux prétests, et d'autre part, même avec une référence à une autre situation impliquant une reclassification, celle-ci n'est pas facile. Ceci est en accord avec la littérature de recherche à ce sujet.

Nous avons effectué une analyse statistique de cet exercice en effectuant une comparaison de moyennes pour les tests FC1 et FC2 passés en prétest et posttest afin d'avoir le même nombre de réponses entre les 2 moments, au moyen d'un test T pour échantillons appariés.

Nous avons choisi le posttest 1 car tous les élèves avaient répondu à cette question, nous n'avons ainsi pas de valeur manquante. À noter que dans les prétests, les réponses manquantes « 99 » étaient nombreuses (35,8%), ceci explique que nous n'avons que 59 réponses valides. Le tableau 11 montre les résultats de l'analyse statistique.

Tableau 11*Moyenne des réponses pour l'énigme de la bougie aux prétests et au posttest 1*

	Prétest Moyenne des réponses (0-1)	Posttest Moyenne des réponses (0-1)	Test t	Taille d'effet
$N_{\text{rép-valides}} = 59$	$M=0.05$ $SD = 0.22$	$M=0.20$ $SD = 0.41$	$t(58) = 2.88$ $p=0.006$	$d=0.37$

Les résultats montrent une différence significative de moyennes entre les prétests et les posttests1 ($t(58) = 2.88$, $p=0.006$). Les élèves ont mieux réussi à recatégoriser la boîte d'allumettes de contenant à support aux posttests1 ($M=0.05$, $SD = 0.22$, $N=59$) qu'aux prétests ($M=0.20$, $SD = 0.41$, $N=59$). Une taille d'effet faible est observée ($d=0.37$).

Ces résultats suggèrent que l'intervention a eu un effet significatif sur la performance des participants, augmentant les scores de manière statistiquement significative et tendent à confirmer l'hypothèse 2.

4.5.5 Conclusion concernant l'hypothèse 3 et limitations

A l'issue de cette séquence d'apprentissage, les élèves ont montré qu'ils étaient plus en mesure de recatégoriser, de faire des analogies proportionnelles, de changer de point de vue, d'opérer un transfert analogique positif, montrant une plus grande flexibilité et plus de créativité.

Ces résultats tendent à confirmer partiellement l'hypothèse 3.

Néanmoins, nous pouvons faire un certain nombre de remarques sur ces résultats :

- Les tests étaient trop longs.
- Les tests fournissaient des données très longues à traiter. Nous avons privilégié une analyse quantitative qui devrait être enrichie par une analyse qualitative.
- Nous avons établi des critères de codage des réponses le plus rigoureusement possible mais une part de subjectivité peut demeurer.
- Une mauvaise consigne donnée lors de la passation des prétests de la part d'une des enseignantes a entraîné des tests en doublon ou absence de réponse. Nous avons récupéré les données en croisant les extractions de Microsoft Forms.
- Il aurait été préférable de ne proposer l'exercice de la bougie et l'exercice sur l'analogie libre qu'une seule fois en posttest. En effet, certains élèves n'ont répondu qu'une fois,

d'autres y ont vu une deuxième chance. Il aurait fallu comparer tous les doublons pour avoir une analyse plus fine.

5 Discussion générale : synthèses des résultats et limitations

Nous avons vu que différentes approches de l'enseignement à l'esprit critique coexistent (Pasquinelli & Bronner, 2021). À travers notre étude, nous avons cherché à mesurer s'il était possible de développer l'esprit critique des élèves visant l'acquisition d'un certain nombre de savoirs, savoir-être et savoir-faire grâce à un enseignement transversal.

Nous allons tout d'abord procéder à une synthèse et une discussion des résultats pour chacune des hypothèses émises, puis nous verrons les limitations de notre expérimentation.

5.1 Synthèse des résultats concernant les hypothèses 1 et 2 et discussion

A travers la séquence d'enseignement, nous avons tenté d'amener les élèves à prendre conscience de leurs systèmes de pensée dans le but de renforcer l'esprit critique. Nous visions la prise de conscience par les élèves de trois biais cognitifs courants (biais de corrélation-causalité, biais de confirmation, biais d'appel à l'autorité avec validité des sources), leur identification chez eux·elles-mêmes et chez les autres afin qu'ils·elles sachent aller à leur rencontre quand cela s'avère nécessaire (Bétrancourt & Sander, 2023 ; Pasquinelli & Bronner, 2021).

Notre design expérimental en contrôle croisé nous a conduit à analyser les données recueillies à travers quatre dispositifs qui ont bien fonctionné.

L'ensemble des résultats montrent qu'avec qu'une intervention courte visant la meilleure compréhension des biais cognitifs, les élèves ont été en mesure d'aller à leur rencontre et de les dépasser dans une certaine mesure. Ceci est encourageant et engage à développer de telles interventions.

Le tableau 12 récapitule la significativité statistique des données des exercices portant sur les biais cognitifs pour chaque dispositif :

Tableau 12 : Significativité des statistiques des résultats pour les 3 biais cognitifs et la validité des sources - NS=Non Significatif, S=Significatif

Dispositifs	Biais de corrélation- causalité	Biais de confirmation (exercices sur les croyances)	Biais d'appel à l'autorité	Validité des sources
« correction »	S	S	S	S
« transfert pur »	S	S	S	NS
« intervention »	S	NS	S	S
« transfert biaisé »	S	NS	S	S

L'ensemble des analyses descriptives et statistiques (tableau 12) des données pour les trois biais cognitifs travaillés tend à valider les hypothèses 1 et 2.

Ainsi, une séquence d'enseignement explicite du fonctionnement du biais de corrélation-causalité, du biais de confirmation et du biais d'appel à l'autorité a permis aux élèves de mieux les contrôler dans des situations données entre les prétests et les posttests sauf pour le biais de confirmation dans les dispositifs « intervention » et « transfert biaisé ». Nous avons vu que les résultats mitigés pour le biais de confirmation pouvaient s'expliquer par le fond et la forme des énoncés proposés. A l'issue de l'intervention, les élèves ont mieux identifié la validité des sources (dignes de confiance ou devant susciter la méfiance) sauf pour le dispositif « transfert pur », confirmant partiellement l'hypothèse 2 émise.

Un travail explicite permettant de mieux comprendre les différents types de relation en jeu dans le biais de corrélation-causalité a notamment permis aux élèves de mieux identifier les relations relevant de coïncidences alors que le hasard est identifié comme un concept résistant à l'apprentissage (Matute et al, 2015). Les apprentissages effectués en classes sur le biais de corrélation-causalité ont dû être renforcés et entretenus avec des devoirs hebdomadaires car les notions abordées étaient complexes et multiples. Nous pouvons remarquer une progression dans les résultats et des effets positifs. Néanmoins, sans des rappels, des réinvestissements et des mises en relations explicitées, nous craignons que les apprentissages disparaissent au fil du temps (Clerc, 2023 ; Klahr & Chen, 2011 ; Halpern, 1998 ; Pasquinelli & Bronner, 2021).

Les résultats plus mitigés concernant le biais de confirmation nous font dire qu'il aurait fallu renforcer la distinction entre croyance et connaissance et l'utilisation de protocole

expérimentaux (Bétrancourt & Sander, s.d. ; Pasquinelli & Bronner, 2021 ; Schmaltz et Liliendielf, 2014) ainsi que travailler sur la reconnaissance de l'état de dissonance cognitive et le phénomène de réduction de cet état.

Dans les analyses effectuées nous avons pu constater que la progression la plus marquée concernait le biais d'appel à l'autorité et la validation des sources. Le thème et le support de travail faisaient clairement référence à l'expérience des élèves. C'est aussi durant ces leçons que les élèves ont été le plus mis en situation de travail coopératif et d'argumentation entre pairs. Ces deux aspects peuvent expliquer ces meilleurs résultats (Kuhn, 2019 ; Wyss et al., 2023). En fin d'année scolaire, les enseignant·es ont dit qu'ils·elles avaient remarqué que leurs élèves faisaient plus attention à leur manière de formuler des recherches et qu'ils·elles consultaient désormais toujours plusieurs sites. Nous pouvons aussi espérer que notre intervention facilitera un transfert analogique dans des situations de leur vie quotidienne.

Dans leur méta-analyse, Abrami et al (2015) ont constaté que les compétences générales s'améliorent davantage que les compétences spécifiques. Il serait donc intéressant de comparer l'efficacité d'une approche transversale, d'une approche disciplinaire et d'une approche mixte (transversale et disciplinaire) pour évaluer la valeur ajoutée d'une approche transversale dans l'amélioration des compétences de l'esprit critique spécifiques à chaque discipline. Il conviendrait également de cibler adéquatement d'autres biais, d'approfondir les différences entre croyances et connaissances, de faire un lien avec l'utilité d'avoir parfois recours à des protocoles expérimentaux et d'explicitier les réinvestissements des apprentissages transversaux dans chaque discipline (Bétrancourt & Sander, s.d ; Pasquinelli & Bronner, 2021).

5.2 Synthèse des résultats concernant l'hypothèse 3 et discussion

La revue de la littérature nous avait amené·es à appréhender la flexibilité et la créativité comme des indicateurs de l'activité de la pensée critique (Ennis, 2016 ; Halpern, 2013 ; Paul, 1990 ; Vincent-Lancrin et al., 2020). Nous avons alors émis l'hypothèse que nous verrions une évolution de ces deux indicateurs à l'issue de l'intervention, dans les activités proposées en prétests et en posttests. Nous avons donc tenté de mesurer si la séquence d'apprentissage avait eu un potentiel effet sur les performances des élèves entre les prétests et les posttests FC.

Nous avons observé dans les analyses descriptives une progression des résultats entre ces deux moments montrant plus de créativité et de flexibilité dans tous les exercices proposés sauf pour ceux concernant la catégorisation multiple d'un objet usuel.

Nous n'avons pas effectué d'analyses statistiques pour tous les exercices pour les raisons mentionnées dans la partie 4.5. Parmi celles effectuées, nous avons observé des différences non significatives pour les exercices de complétion d'analogies proportionnelles. Pour les exercices portant sur le changement de point de vue, les différences étaient non significatives pour les images utilisant des paréidolies et des gros plans mais elles étaient significatives pour les images ambiguës. Pour l'exercice de la bougie de Duncker, les différences étaient significatives entre les prétests et les posttests 1.

L'ensemble de ces analyses tend à confirmer partiellement l'hypothèse 3.

Selon Vincent-Lancrin et al (2020), il est ardu de concrétiser et de rendre perceptibles des notions abstraites telles que la créativité et l'esprit critique aux yeux des enseignants. Il en est certainement de même avec la flexibilité cognitive. L'intégration d'activités diverses travaillant la catégorisation multiple, la pensée divergente et les analogies pourraient pallier ces difficultés tout en permettant de développer la pensée critique des enseignant·es et des élèves (Bétrancourt & Sander, 2023 ; Sander & Hofstadter, 2020 ; Scheibling-Sève et al., 2021 ; Wyss et al., 2023).

5.3 Limitations

Dans un premier temps, nous identifierons des contraintes et difficultés pratiques, puis des limitations méthodologiques.

Une première difficulté a été levée avec l'obtention de l'accord de la direction de l'école pour mener le projet. Dès qu'il s'agit d'enseigner des séquences hors matières scolaires officielles, l'argument du temps émerge. Nous avons saisi l'opportunité du déploiement du programme DNA (Digital Nord Anglia) de Nord Anglia mentionnant l'esprit critique comme une « ambition des apprenants » pour intégrer nos séances dans les horaires dévolus à ce nouveau programme.

Avec plus de temps, il aurait été souhaitable d'utiliser dans les leçons sur les biais des activités différentes de celles des tests. Cela aurait permis de simplifier le design expérimental. Pour notre étude, nous avons fait le choix de conserver les trois biais. La contrainte du temps de

préparation de la séquence ne nous a alors pas permis d'identifier suffisamment de matériel pédagogique et nous avons donc opéré en contrôle croisé avec quatre dispositifs.

Nous avons prévu d'évaluer les conceptions des élèves à propos de l'esprit critique avant et après l'intervention. Pour cela nous avons utilisé des routines de pensées. Les feuilles-réponses des élèves ont été récoltées mais leur analyse qualitative n'a pas été faite par manque de temps. De même, nous aurions souhaité effectuer un questionnaire de suivi métacognitif auprès des élèves, après quelques mois, un questionnaire ou un entretien semi-directif pour les enseignants post et pré-intervention mais cela n'a pas été fait, aussi par manque de temps.

Nous avons vu que l'exercice de l'esprit critique est coûteux cognitivement. La motivation des différentes parties a été un facteur important à prendre en compte.

Nous avons fait le choix que la même personne, la chercheuse, mène toutes les séances en classe afin de contrôler un certain nombre de facteurs mais ceci a eu un impact sur le degré d'investissement des enseignant·es qui n'étaient alors pas vraiment en charge de l'enseignement.

Les enseignant·es se sont montré intéressé·es par la thématique et la démarche et ont exprimé qu'ils·elles avaient trouvé les interventions instructives à titre personnel. Certain·es ont participé plus activement dans une démarche de co-enseignement. Nous aurions souhaité avoir le temps de former au préalable le corps enseignant afin de favoriser leur compréhension du dispositif et leur implication. Cela n'a malheureusement pas été possible pour des raisons de temps et d'organisation interne à l'école. Il leur a été suggéré de faire quelques leçons du MOOC « Exercer son esprit critique à l'ère informationnelle » (Bétrancourt & Sander, s.d.) mais sans temps dédié, cela n'a pas été fait. Les supports des leçons leur ont été envoyés au préalable afin qu'ils·elles puissent les parcourir et ils·elles ont été invité·es à faire des remarques et poser des questions. Le point de la formation des enseignant·s nous semble crucial à différents points de vue. Tout d'abord, les enseignant·s devraient être les premiers·ères formé·es à comprendre les mécanismes cognitifs en jeu dans l'exercice de l'esprit critique puisqu'on leur demande de les intégrer dans leurs enseignements. Nous avons pu voir comme il était complexe d'en donner une définition opérationnelle dans un contexte éducatif. Ensuite, certain·es enseignant·es ont avoué ne pas se sentir toujours à l'aise pour intervenir lors des séances car ils·elles ne maîtrisaient pas les notions abordées et craignaient de tenir des propos erronés susceptibles d'ajouter de la confusion chez les élèves. Cela a été le cas dès le début lorsque nous avons travaillé sur les différents types de relations en jeu dans le biais de corrélation-causalité. Leur participation aura ainsi été plus importante dans certaines leçons que

dans d'autres. Enfin, même si cela n'a pas été le cas ici, un grand nombre d'adultes démontrent un manque de pensée critique dans diverses circonstances, en entretenant des croyances sans fondement rationnel, en prenant des décisions peu judicieuses et en négligeant de rechercher des preuves concluantes (Halpern, 1998).

Le contexte multiculturel de l'établissement nous a amenées à faire des choix de contenu afin de respecter toutes les cultures et religions représentées et d'éviter certains thèmes pouvant porter à polémique. Nous avons élaboré le dispositif en deux langues, anglais et français, mais la traduction ne gomme pas les différences de références culturelles.

D'un point de vue méthodologique, nous avons essayé de contrôler au mieux plusieurs facteurs :

- Le facteur classe en divisant chaque classe en 2 sous-groupes A et B. Cela a complexifié le dispositif avec deux leçons différentes à chaque fois à traduire en anglais.
- Le facteur humain : chaque leçon a été enseignée 6 fois par la même personne. L'enseignement aura évolué au cours des séances.
- Le facteur langue du côté des élèves : il y a plus d'élèves en immersion dans les classes anglophones, donc plus de difficultés à comprendre la langue d'enseignement. Certains élèves (non anglophones ou non francophones) ont utilisé un traducteur pour les tests.
- Le facteur langue du côté de la chercheuse : le niveau de langue anglaise n'est pas aussi bon que le niveau de langue française. Le bon terme ou la bonne tournure ont parfois été plus difficiles à trouver par moment et il a fallu faire appel plus souvent aux enseignantes de classes anglophones.
- Le facteur culturel entre les élèves, avec l'exemple de l'exercice à propos des cigognes dans le biais de corrélation-causalité.

Malgré cela, nous pouvons émettre plusieurs remarques et limites.

Un certain nombre de variables pouvant expliquer certains résultats n'a pas été pris en compte, comme le sexe, le niveau de lecture, le niveau de langue de scolarisation, l'origine culturelle.

La taille de notre échantillon (un peu moins de 100 élèves) et sa composition (trois curriculums et deux langues d'enseignement) nous ont incité à mettre en place un design expérimental en contrôle croisé plutôt que d'utiliser un groupe contrôle afin d'optimiser notre quantité de données. Un groupe contrôle aurait permis de mesurer si une partie de la progression entre prétests et posttest étaient due au simple temps de maturation. Pour nuancer ce manque, nous précisons que la durée expérimentale de douze semaines est courte.

Il est aussi à noter que notre échantillon était composé d'élèves issus de milieux socio-économiques élevés.

Nous avons recueilli une quantité importante de données dont l'analyse quantitative n'a pas toujours été aisée. Avec le recul et l'expérience acquise lors du traitement de ces données, il serait judicieux de revoir la conception des tests pour faciliter l'intégration des données dans les logiciels d'analyse statistique.

Nous avons aussi pointé la mauvaise conception de certains exercices. La différence de pourcentage de réponses CBC entre les prétests 1 (65,2%) et les prétests 2 (54,9%) peut s'expliquer en partie par un effet d'habillage. Même si nous avons tenté de proposer des questions se situant sur un même plan logique entre les tests de la série 1 (CC1, BC1, SAA1) et les tests de la série 2 (CC2, BC2, SAA2), les élèves peuvent avoir perçu les questions différemment selon la formulation, leur expérience, leurs caractéristiques (langue, culture, maîtrise de la langue de scolarisation, etc...). Ces facteurs peuvent avoir influencé les différences de performances observées entre les tests « miroirs » (CC1 avec CC2, BC1 avec BC2, SAA1 avec SAA2). Il faudrait revoir l'ensemble des tests pour les optimiser.

Les analyses détaillées des différents exercices consultables dans les annexes nous font dire qu'ils pourraient être améliorés et homogénéisés entre les tests miroirs.

De nombreuses données qualitatives n'ont pas été analysées dans le cadre de ce mémoire et aurait pu enrichir les résultats quantitatifs.

Conclusion

Développer l'esprit critique des élèves afin de les outiller pour devenir des citoyens responsables, capables de relever les défis du 21^{ème} siècle, est une des missions de l'école. Notre approche de type *evidence-based education* vise à amorcer une réflexion sur l'implémentation d'un enseignement explicite de savoirs, savoir-faire et savoir-être en jeu dans l'exercice de la pensée critique, en parallèle d'un enseignement intégré aux disciplines. Cette expérimentation aura été courte mais les résultats encouragent à développer des dispositifs visant à éduquer l'esprit critique en travaillant sur une meilleure compréhension des biais cognitifs et des moyens pour aller à leur rencontre. La prise de conscience des différents biais qui nous guettent si nous réagissons trop vite n'a pas pour objectif de nous faire douter de nos capacités de jugement mais bien de nous inciter à prendre le temps de la réflexion afin de prendre des décisions, de faire des choix et d'accorder notre confiance de façon sereine. Les prendre en compte pour guider l'éducation de l'esprit critique ne signifie pas pour autant dresser une liste de biais et de toutes les erreurs qui peuvent en découler. Il s'agit plutôt d'identifier ces processus cognitifs spontanés, leur fonctionnement et leurs limites afin de pouvoir exercer une certaine vigilance épistémique, d'effectuer un travail de reconceptualisation et de recatégorisation, dépendamment des situations et des contextes.

A la fin de l'expérimentation, nous avons observé une meilleure connaissance des fonctionnements des biais de corrélation-causalité, de confirmation et d'appel à l'autorité. Les élèves ont été en mesure de mieux aller à leur rencontre, de moins subir leurs effets et ont développé une certaine vigilance. Les résultats ont aussi montré que les élèves étaient plus attentifs·ves à la validité des sources et aux critères suscitant la confiance ou la méfiance. De nombreuses questions en lien avec des situations de la vie quotidienne ont émergé montrant un intérêt et une signification des apprentissages.

Notre étude a montré ses limites par sa mise en œuvre sur une temporalité trop restreinte mais elle ouvre un certain nombre de perspectives. Ce type d'expérimentation pourrait être répliqué pour d'autres biais courants et impactant fortement nos conceptions et nos choix. Une analyse qualitative complétant l'analyse quantitative permettrait d'optimiser de tels dispositifs. Grâce à une étude longitudinale, il serait possible d'une part de favoriser la rétention à moyen ou long terme avec l'espoir de pérenniser les apprentissages antérieurs en les transférant dans la vie quotidienne, et d'autre part d'évaluer si les effets à court terme mesurés perdurent.

Aussi, nous avons considéré la flexibilité et la créativité comme des indicateurs d'une évolution de l'esprit critique lors de notre expérimentation. Les données ont montré une

amélioration des résultats des exercices sur certaines tâches mettant en jeu ces deux briques cognitives au début et à l'issue de la séquence pédagogique. Ceci ouvre aussi la voie à l'intégration d'activités de changement de point de vue, de catégorisation multiple et travaillant les analogies pour développer certains aspects de la flexibilité et de la créativité utiles dans l'exercice de la pensée critique.

Enfin, l'engagement des élèves et des enseignant·es ont montré qu'ils·elles étaient intéressé·es par le thème de l'esprit critique et par une meilleure compréhension des processus de raisonnement. Cette curiosité manifestée par les élèves et le corps enseignant est un facteur motivationnel important dans les séquences pédagogiques. Néanmoins, nous avons pu constater que les enseignant·es ne se sentaient pas suffisamment aguerri·es pour pouvoir intervenir dans les leçons malgré leur intérêt. Leur allouer du temps et des ressources pour leur permettre de se développer dans ce domaine serait une condition sine qua none pour qu'ils·elles se sentent légitimes et suffisamment compétent·es pour mener des séquences d'enseignement.

Bibliographie

- Abrami, P. C., Bernard, R. M., Borokhovski, E., Waddington, D. I., Wade, C. A., & Persson, T. (2015). Strategies for Teaching Students to Think Critically : A Meta-Analysis. *Review of Educational Research*, 85(2), 275-314.
<https://doi.org/10.3102/0034654314551063>
- Adesope, O. O., Trevisan, D. A., & Sundararajan, N. (2017). Rethinking the Use of Tests : A Meta-Analysis of Practice Testing. *Review of Educational Research*, 87(3), 659-701.
<https://doi.org/10.3102/0034654316689306>
- Angelucci, V. (s. d.). *L'enseignement et la recherche : Une distance à réduire?*
- Bailin, S. (2002). Critical Thinking and Science Education. *Science & Education*, 11(4), 361-375.
- Bailin, S., Case, R., Coombs, J. R., & Daniels, L. B. (1999). Conceptualizing Critical Thinking. *Journal of Curriculum Studies*, 31(3), 285-302.
<https://doi.org/10.1080/002202799183133>
- Barberia, I., Blanco, F., Cubillas, C. P., & Matute, H. (2013). Implementation and Assessment of an Intervention to Debias Adolescents against Causal Illusions. *PLOs ONE*, 8(8), e71303. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0071303>
- Barberia, I., Tubau, E., Matute, H., & Rodríguez-Ferreiro, J. (2018). A short educational intervention diminishes causal illusions and specific paranormal beliefs in undergraduates. *PLOS ONE*, 13(1), e0191907.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0191907>
- Beaulac, G., & Robert, S. (2018). 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*, 6(1), 63-77. <https://doi.org/10.7202/1044302ar>
- Beaulieu, R. (s. d.). *UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE Faculté d'éducation*.

- Bétrancourt, M., & Sander, E. (s.d.). Exercer son esprit critique à l'ère informationnelle [MOOC]. Coursera. <https://www.coursera.org/learn/esprit-critique>
- Bétrancourt, M., Sander, E., & L'association À Seconde Vue. (2023). *Croyez-en mon expérience!* Book-e-Book.
- Birch, H. G., & Rabinowitz, H. S. (1951). The negative effect of previous experience on productive thinking. *Journal of experimental psychology*, 41(2), 121.
- Blanco, F., Matute, H., & Vadillo, M. A. (2013). Interactive effects of the probability of the cue and the probability of the outcome on the overestimation of null contingency. *Learning & Behavior*, 41(4), 333-340. <https://doi.org/10.3758/s13420-013-0108-8>
- Bronner, G. (2007). Chapitre 1. L'erreur cognitive : Un enjeu de connaissance pour la sociologie. In *L'empire de l'erreur* (p. 11-94). Presses Universitaires de France; Cairn.info. <https://www.cairn.info/l-empire-de-l-erreur--9782130562504-p-11.htm>
- Clerc, J., (2023, 31 mars). Facile, Intuitif, Naturel : transfert d'apprentissage, la FIN d'un mythe ? [Épisode de podcast audio]. Dans Mercredi de Pégase. <https://www.polepilote-pegase.fr/ressources/podcast/podcast-mercredis-de-pegase-9/>
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed). L. Erlbaum Associates.
- Dunker, K. (1945). On problem-solving. (L. S. Lees, Trad.). *Psychological Monographs*, 58(5), i-113. <https://doi.org/10.1037/h0093599>
- Elder, L., & Paul, R. (2010). Critical Thinking : Competency Standards Essential for the Cultivation of Intellectual Skills, Part 1. *Journal of Developmental Education*, 34(2), 38-39.
- Ennis, R. H. (1987). A taxonomy of critical thinking dispositions and abilities. In *Series of books in psychology. Teaching thinking skills: Theory and practice* (p. 9-26). New York, NY, US: W H Freeman/Times Books/ Henry Holt & Co.

- Ennis, R. H. (1989). Critical thinking and subject specificity: Clarification and needed research. *Educational researcher*, 18(3), 4-10.
- Ennis, R. H. (2016, May). Definition: A three-dimensional analysis with bearing on key concepts. In *Proceedings of the Ontario Society for the Study of Argumentation Conference* (Vol. 11, p. 150).
<https://scholar.uwindsor.ca/cgi/viewcontent.cgi?article=2292&context=ossaarchive>
- Ennis, R. H. (2018). Critical Thinking Across the Curriculum: A Vision. *Topoi*, 37(1), 165-184.
- Evans, J. St. B. T. (2014). Two minds rationality. *Thinking & Reasoning*, 20(2), 129-146.
<https://doi.org/10.1080/13546783.2013.845605>
- Facione, P. 1990. *The Delphi Report: Critical Thinking: A Statement of Expert Consensus for Purposes of Educational Assessment and Instruction*. Millbrae: California Academic Press.
- Festinger, L. (1957). *A theory of cognitive dissonance*. Stanford, CA: Stanford University Press.
- Gardner, H. (1993). *Frames of mind : The theory of multiple intelligences* ([2nd ed. tenth-anniversary ed.]). Basic Books.
- Gelder, T. V. (2005). Teaching Critical Thinking : Some Lessons From Cognitive Science. *College Teaching*, 53(1), 41-48. <https://doi.org/10.3200/CTCH.53.1.41-48>
- Gentner, D., Holyoak, K. J., & Kokinov, B. N. (Éds.). (2001). *The Analogical Mind : Perspectives from Cognitive Science*. The MIT Press.
<https://doi.org/10.7551/mitpress/1251.001.0001>
- Glaser, E. M. (1941). *An experiment in the development of critical thinking* (No. 843). Teachers College, Columbia University.

- Gros, H., Gvozdic, K., Scheibling-Sève, C. 19-, & Sander, E. (2022b). *Les neurosciences en éducation*. Retz.
- Halpern, D. F. (1998). Teaching critical thinking for transfer across domains: Disposition, skills, structure training, and metacognitive monitoring. *American Psychologist*, 53(4), 449-455.
- Halpern, D. F. (2001). Assessing the effectiveness of critical thinking instruction. *The Journal of General Education*, 50(4), 270- 286.
- Halpern, D. F. (2013). *Thought and knowledge: An introduction to critical thinking*. Psychology Press.
- Houdé, O., & Borst, G. (2018). *Le cerveau et les apprentissages*. Nathan.
- Kahneman, D. (2012). Système 1, système 2 : Les deux vitesses de la pensée. In *Système 1, système 2 les deux vitesses de la pensée*. Flammarion.
- Kahneman, D., & Tversky, A. (1996). On the reality of cognitive illusions. *Psychological Review*, 103(3), 582-591. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.103.3.582>
- Klahr, D., & Chen, Z. (2011). Finding One's Place in Transfer Space : Transfer Space. *Child Development Perspectives*, 5(3), 196-204. <https://doi.org/10.1111/j.1750-8606.2011.00171.x>
- Kruglanski, A. W., & Gigerenzer, G. (2011). Intuitive and deliberate judgments are based on common principles. *Psychological Review*, 118(1), 97-109. <https://doi.org/10.1037/a0020762>
- Kuhn, D. (1999). A developmental model of critical thinking. *Educational researcher*, 28(2), 16-46.
- Kuhn, D. (2015). Thinking together and alone. *Educational researcher*, 44(1), 46-53.
- Kuhn, D. (2019). Critical Thinking as Discourse. *Human Development*, 62, 146-164. <https://doi.org/10.1159/000500171>

- Lai, E. R. (2011). Critical thinking: A literature review. *Pearson's Research Reports*, 6, 40-41.
- Lipman, M. (1988). Critical thinking—What can it be? *Educational Leadership*, 46(1), 38–43.
- Maier, N. R. F. (1931). Reasoning in humans. II. The solution of a problem and its appearance in consciousness. *Journal of Comparative Psychology*, 12(2), 181-194.
<https://doi.org/10.1037/h0071361>
- Matute, H., Blanco, F., Yarritu, I., Díaz-Lago, M., Vadillo, M. A., & Barberia, I. (2015). Illusions of causality : How they bias our everyday thinking and how they could be reduced. *Frontiers in Psychology*, 6, 888. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00888>
- McPeck, J. E. (1990). Critical Thinking and Subject Specificity: A Reply to Ennis. *Educational Researcher*, 19(4), 10-12.
- Messerli, F. H. (2012). Chocolate Consumption, Cognitive Function, and Nobel Laureates. *New England Journal of Medicine*, 367(16), 1562-1564.
<https://doi.org/10.1056/NEJMon1211064>
- Michotte, A.(1946). *La perception de la causalité. (Etudes Psychol.)*.
- Nisbett, R. E. (2015). *Mindware : Tools for smart thinking*. Farrar, Straus and Giroux.
- Pasquinelli, E., & Bronner, G., (2021) *Éduquer à l'esprit critique. Bases théoriques et indications pratiques pour l'enseignement et la formation*, Conseil scientifique de l'Éducation nationale.
- Pasquinelli, E., Farina, M., Bedel, A., Casati, R., *Définir et éduquer l'esprit critique. Rapport produit dans le cadre des travaux du Work Package 1/Projet EEC – Éducation à l'esprit critique (ANR-18-CE28-0018)*, Institut Jean Nicod, 2020.
- Pasquinelli, E., (2024, mars 24). *Écrans, esprit critique et éducation* [Conférence]. Centre Jean Piaget, Université de Genève, Genève, Suisse.
- Paul, R. (1990). *Critical thinking*. Rohnert Park, CA: Sonoma State University.

- Paul, R. (1992). Critical thinking : What, why, and how. *New Directions for Community Colleges*, 1992(77), 3–24. <https://doi.org/10.1002/cc.36819927703>
- Perkins, D. N., & Salomon, G. (1989). Are cognitive skills context-bound?. *Educational researcher*, 18(1), 16-25.
- Phua, D. H., & Tan, N. C. (2013). Cognitive Aspect of Diagnostic Errors. *Annals of the Academy of Medicine, Singapore*, 42(1), 33-41. <https://doi.org/10.47102/annals-acadmedsg.V42N1p33>
- Pronin, E., Gilovich, T., & Ross, L. (2004). Objectivity in the Eye of the Beholder : Divergent Perceptions of Bias in Self Versus Others. *Psychological Review*, 111(3), 781-799. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.111.3.781>
- Rollwage, M., & Fleming, S. M. (s. d.). *Confirmation bias is adaptive when coupled with efficient metacognition*.
- Sander, E. (2008). Les connaissances naïves en mathématiques. In Lautrey, J., Rémi-Giraud, S., Sander, E., & Tiberghien, A. (Eds.), *Les connaissances naïves*. Paris : Armand Collin, p57-102.
- Sander, E. (2018). *Transformer l'inconnu par le connu : Constructions et interventions analogiques pour les apprentissages scolaires* (p. 259-279).
- Sander, E., & Hofstadter, D. (2020). Analogy-making : Fallible, Inevitable, Indispensable. In *Wie entsteht Neues?* (p. 33-66). Brill Fink. https://doi.org/10.30965/9783846765272_005
- Sander, E. (2024). *La psychologie des apprentissages scolaires* (MA752407) [Présentation PowerPoint]. Université de Genève. Repéré sur la plateforme Moodle.
- Scheibling-Sève, C., *Développer l'esprit critique par la catégorisation multiple*, thèse de doctorat, Université de Genève, 2019.

- Scheibling-Sève, C., Pasquinelli, E., Sander, E. (2021). Esprit critique et flexibilité. In E. Clément (Ed.), *La flexibilité cognitive : Pierre angulaire de l'apprentissage*. ITSE Editions. https://www.istegroup.com/wp-content/uploads/2019/11/035_La-flexibilite-cognitive-premiere-partie.pdf.
- Schmaltz, R., & Lilienfeld, S. O. (2014). Hauntings, homeopathy, and the Hopkinstown Goblins : Using pseudoscience to teach scientific thinking. *Frontiers in Psychology*, 5. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00336>
- Shah, A. K., & Oppenheimer, D. M. (2008). Heuristics made easy : An effort-reduction framework. *Psychological Bulletin*, 134(2), 207-222. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.134.2.207>
- Siegler, R. S. (1999). Strategic development. *Trends in Cognitive Sciences*, 3(11), 430-435. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(99\)01372-8](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(99)01372-8)
- Spelke, E. S., Kestenbaum, R., Simons, D. J., & Wein, D. (1995). Spatiotemporal continuity, smoothness of motion and object identity in infancy. *British Journal of Developmental Psychology*, 13(2), 113-142.
- Sperber, D., Clément, F., Heintz, C., Mascaro, O., Mercier, H., Origgi, G., & Wilson, D. (2010). Epistemic Vigilance. *Mind & Language*, 25(4), 359-393. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0017.2010.01394.x>
- Sternberg, R. J. (1986). Critical Thinking: Its Nature, Measurement, and Improvement.
- Vincent-Lancrin, S., González-Sancho, C., Bouckaert, M., De Luca, F., Fernández-Barrerra, M., Jacotin, G., Urgel, J., & Vidal, Q. (2020). *Développer la créativité et l'esprit critique des élèves : Des actions concrètes pour l'école*. OECD. <https://doi.org/10.1787/8ec65f18-fr>
- Walton, D. (2010). Why Fallacies Appear to Be Better Arguments than They Are. *Informal Logic*, 30. <https://doi.org/10.22329/il.v30i2.2868>

Wason, P. C. (1960). On the Failure to Eliminate Hypotheses in a Conceptual Task. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 12(3), 129-140.

<https://doi.org/10.1080/17470216008416717>

Willingham, D. T. (2008). Critical Thinking: Why Is It So Hard to Teach? *Arts Education Policy Review*, 109(4), 21-32.

Wyss, A., Gvozdic, K., Gentaz, É., & Sander, E. (2023). Chapitre 5. Favoriser le transfert d'apprentissage. In *Comment favoriser les apprentissages scolaires* (p. 145-180).

Dunod. <https://www.cairn.info/comment-favoriser-les-apprentissages-scolaires--9782100849581-p-145.htm>

Annexes

<u>Annexe A – Énoncés et données supplémentaires issues des tests sur le biais de corrélation-causalité</u>	91
Exercices sur la causalité avec texte CA T	93
Exercices sur la Causalité avec graphique GA G	94
Exercices sur la coïncidence avec texte CO T	95
Exercices sur la coïncidence avec graphique CO G	96
Exercices sur la cause cachée avec texte CC T	98
Exercices sur la cause cachée avec graphique CC G	99
Exercices sur la causalité inversée avec texte CI T	101
Exercice sur le protocole expérimental	103
<u>Annexe B - Énoncés et données supplémentaires issues des tests sur le biais de confirmation</u>	106
Énoncés en français des exercices sur les croyances	106
Énoncés en français des exercices sur la règle du 2-4-6 de Wason (1960)	107
Données complémentaires issues des exercices portant sur les croyances	108
<u>Annexe C - Énoncés et données supplémentaires issues des tests sur le biais d'appel à l'autorité et la validation des sources</u>	114
Énoncés en français des exercices	114
Analyse descriptive complémentaire des données des tests SAA1 pour la validation des sources	119
Analyse descriptive complémentaires des données des tests SAA2 pour la validation des sources	120
<u>Annexe D - Énoncés et données supplémentaires issues des tests sur la flexibilité et la créativité</u>	122
Énoncé en français des exercices de catégorisation multiple d'un objet familier	122
Énoncés en français des exercices de changement de points de vue pour voir différentes choses dans des paréidolies	123
Énoncés en français des exercices de changement de points de vue pour voir différentes choses dans des gros plans	125
Énoncés en français des exercices de changement de points de vue pour voir différentes choses dans des images ambiguës	126
Énoncés en français des exercices sur les analogies	127
Énoncés en français de l'exercice sur la bougie de Duncker	128
<u>Annexe E – Power Point de la leçon 1 en français</u>	129

Annexe A – Énoncés et données supplémentaires issues des tests sur le biais de corrélation-causalité

Les tests étaient divisés en deux sections.

Dans un premier temps, les élèves ont été évalués sur l'identification de différents types de corrélation à travers 2 types d'items :

- Causalité (CA) : une corrélation correspondant à une causalité : relation de cause à effet
 - 1 exercice CA_T avec un texte et une illustration
 - 1 exercice CA_G avec un texte et un graphique
- Coïncidence (CO) : une corrélation correspondant à une coïncidence
 - 1 exercice CO_T avec un texte et une illustration
 - 1 exercice CO_G avec un texte et un graphique
- Cause cachée (CC) : une corrélation mettant en jeu une cause cachée ou variable confondante
 - 1 exercice CC_T avec un texte et une illustration
 - 1 exercice CC_G avec un texte et un graphique
- Cause inverse (CI) : une corrélation correspondant à une causalité inversée : la relation de cause à effet est inverse de celle énoncée ou pouvant être perçue spontanément.
 - 1 exercice CI avec un texte et une illustration

Nous avons évalué les élèves dans leur capacité à identifier correctement la nature de corrélations grâce à deux types d'items : une situation décrite par un texte et une situation décrite par un graphique. Les élèves devaient choisir une des réponses proposées :

- 1 réponse proposant la corrélation correcte,
- 1 ou 2 réponses proposant une corrélation erronée
- éventuellement 1 réponse proposant une absence de lien ou un manque d'information ne permettant pas d'identifier la nature de la corrélation.

Les élèves ne pouvaient choisir qu'une seule réponse. Il aurait été intéressant de poser des questions ouvertes pour pouvoir expliquer leur choix mais pour des raisons de quantités de données à analyser nous avons privilégié le questionnaire à choix.

Les questions 3, 4, 5, 6, 8 du test CC1 sont inspirées de la thèse de Sève-Schiebling (s.d.)².

² Avec son aimable autorisation

Même si à l'issue des prétests, nous avons réalisé que certaines formulations étaient à revoir, nous n'avons opéré aucun changement car il était important de garder identiques les prétests et les posttests afin d'avoir des données exploitables.

Il serait intéressant de réévaluer les apprentissages plus tard à partir des mêmes exemples en demandant cette fois aux élèves d'identifier les variables au préalable, comme demandé dans les devoirs.

Dans un deuxième temps, un exercice inspiré de la thèse de Sève-Schiebling (s.d.) propose un exemple de corrélation reposant sur une coïncidence dans le but d'évaluer leur capacité à établir un protocole pour tester la croyance suivante.

Lors de la leçon sur corrélation-causalité, le travail sur une corrélation relevant d'une coïncidence a servi de support pour introduire la notion de protocole expérimental.

La différence entre croyance, opinion et fait scientifique a été abordée à ce moment-là et reprise dans la leçon sur le biais de confirmation car les élèves sont venus avec de nombreux exemples de croyances pour parler des biais, et aussi dans la leçon sur la fiabilité des sources.

Une leçon à part entière sur la différence entre opinion, croyance, faits, biais et conceptions intuitives ferait du sens si cette expérience devait être prolongée ou renouvelée.

Dans la partie suivante, nous allons présenter les énoncés des exercices en français pour chaque type de corrélation ainsi que certaines des données extraites des exercices. Dans un premier temps, nous avons procédé à une analyse de chaque exercice selon les quatre dispositifs de notre expérimentation mais ce niveau de détails n'apportait pas d'informations très importantes par rapport à la quantité de données. Nous avons donc décidé de présenter les données pour chaque exercice sans tenir compte des dispositifs.

A la suite des énoncés et des tableaux de données, nous avons formulé des remarques sur certains exercices.

Exercices sur la causalité avec texte CA_T

Figure 17

Énoncés en français des exercices avec textes sur la causalité

TEST CC1	Réponses	C o d e	TEST CC2	Réponses	C o d e
Ex 2 Un journal a fait une enquête sur l'évolution de la hausse des températures et la consommation d'eau. On peut constater que les deux augmentent en même temps. Que peux-tu en déduire ?	Causalité : On peut en déduire que la hausse des températures est la cause de l'augmentation de la consommation d'eau.	2	Ex 2 Un journal a fait une enquête sur l'évolution de la hausse des températures et la vente d'éventails. On peut constater que les deux augmentent en même temps. Que peux-tu en déduire ?	Causalité : On peut en déduire que la hausse des températures est la cause de l'augmentation des ventes d'éventails.	2
	Pas de lien : On ne peut rien en déduire, on n'a pas assez d'information.	1		Pas de lien : On ne peut rien en déduire, on n'a pas assez d'information.	1
	Causalité erronée (causalité inversée) : On peut en déduire que l'augmentation de la consommation d'eau est la cause de la hausse des températures.	0		Causalité erronée (causalité inversée) : On peut en déduire que la vente d'éventails est la cause de la hausse des températures.	0

Tableau 13

Données extraites des exercices avec textes sur la causalité

		Nombre de réponses codées 2	Pourcentage de réponses codées 2	Nombre de réponses codées 1	Pourcentage de réponses codées 1	Nombre de réponses codées 0	Pourcentage de réponses codées 0
Prétest	CC1	20	43,5%	5	10,9%	21	45,7%
	CC2	18	38,3%	4	8,5%	25	53,2%
Posttest	CC1	75	39,5%	11	5,8%	9	4,7%
	CC2	62	33,3%	11	5,9%	20	10,8%

Nous avons identifié une conception intuitive à prendre en compte dans l'exercice du test CC2 exercice 2 : la consommation/production de produits a un éventuel impact environnemental et donc un impact sur la hausse des températures. Le choix des éventails et

non des climatiseurs ou ventilateurs électriques avait été fait pour contrer cette préconception. Néanmoins, durant les leçons, elle a été mentionnée plusieurs fois par des élèves. Nous avons pu constater qu'elle était résistante chez certain·es même après la discussion du faible impact environnemental de la fabrication d'un éventail et sa consommation énergétique nulle à l'utilisation par rapport au climatiseur. Cette préconception résistante et limitante a pu empêcher certain.es élèves de percevoir le sens de la relation de cause à effet.

Exercices sur la Causalité avec graphique GA_G

Figure 18

Énoncés en français des exercices avec graphiques sur la causalité

TEST CC1	Réponses	C o d e	TEST CC2	Réponses	C o d e
Ex 3 Voici un graphique. On peut y lire la hauteur de l'herbe en fonction du nombre de jours qui passent. Que peut-on déduire de ce graphique ?	Causalité : Plus les jours passent, plus l'herbe pousse.	2	Ex 3 Voici un graphique. On peut y lire les revenus en dollars des ventes de glaces en fonction de la température extérieure. Que peut-on déduire de ce graphique?	Causalité : Le plus chaud il fait, le plus il y a de ventes de glaces.	2
	Pas de lien : Il n'y a pas de lien entre le nombre de jours qui passent et la taille de l'herbe.	1		Pas de lien : Il n'y a pas de lien réel entre les ventes de glaces et la température extérieure.	1
	Corrélation erronée (causalité inversée) : Plus l'herbe pousse, plus les jours passent.	0		Corrélation erronée (causalité inversée) : Le plus il y a de ventes de glaces, le plus il fait chaud.	0

Tableau 14

Données extraites des exercices avec graphiques sur la causalité

		Nombre de réponses codées 2	Pourcentage de réponses codées 2	Nombre de réponses codées 1	Pourcentage de réponses codées 1	Nombre de réponses codées 0	Pourcentage de réponses codées 0
Prétest	CC1	36	78,3%	4	8,7%	6	13,0%
	CC2	35	74,5%	6	12,8%	6	12,8%
Posttest	CC1	83	87,4%	8	8,4%	4	4,2%
	CC2	82	88,2%	3	3,2%	8	8,6%

Exercices sur la coïncidence avec texte CO_T

Figure 19

Énoncés en français des exercices avec textes sur la coïncidence

TEST CC1	Réponses	Codé	TEST CC2	Réponses	Codé
Ex 4 Un journal a fait une enquête sur le lien entre la taille des enfants de 10 ans et le réchauffement climatique, en France.	Coïncidence : La deuxième répond : Je pense qu'il n'y a pas vraiment de lien, il faudrait vérifier.	2	Ex 4 J'ai mis mes chaussettes préférées avec des chats dessus et j'ai eu une bonne note en maths. Que puis-je déduire de ceci?	Coïncidence : Je ne pense pas qu'il y ait un lien entre ma bonne note et le fait d'avoir mis mes chaussettes préférées avec des chats dessus.	2
La température a augmenté de 3 degrés entre 1910 et aujourd'hui. La taille des enfants de 10 ans a augmenté de 9 cm entre 1910 et aujourd'hui. On demande à trois personnes qui ont lu le journal de répondre à la question : "Pourquoi la taille des enfants a augmenté entre 1910 et aujourd'hui ?" Avec qui es-tu d'accord ?	Causalité erronée (causalité) : La première répond : Je pense que c'est la hausse des températures qui fait que les enfants sont plus grands aujourd'hui. Causalité erronée (causalité) : La troisième répond : Je pense que c'est le fait que les enfants sont plus grands aujourd'hui qui fait que les températures augmentent.	0		Causalité erronée (causalité) : Je pense que j'ai eu une bonne note grâce à mes chaussettes. Elles m'ont porté chance.	0

Tableau 15

Données extraites des exercices avec textes sur la causalité

		Nombre de réponses codées 2	Pourcentage de réponses codées 2	Nombre de réponses codées 0	Pourcentage de réponses codées 0
Prétest	CC1	30	65,2%	16	34,8%
	CC2	40	85,1%	7	14,9%
Posttest	CC1	84	88,4%	11	11,6%
	CC2	86	92,5%	7	7,5%

Exercices sur la coïncidence avec graphique CO_G

Figure 20

Énoncés en français des exercices avec graphiques sur la coïncidence

TEST CC1	Réponses	c o d e	TEST CC2	Réponses	c o d e
Ex 5 Voici un graphique. On peut y lire le nombre de personnes tuées par des araignées dans le monde en fonction du niveau des précipitations (pluie) aux États-Unis. Que peux-tu déduire de ce graphique ?	Coïncidence : Il ne semble pas y avoir de vrais liens entre le fait qu'il pleuve aux États-Unis et le risque de mourir d'une piqûre d'araignée partout dans le monde.	2	Ex 5 Voici un graphique. On peut y lire la moyenne de température mondiale en fonction du nombre de pirates. On peut voir les années qui correspondent avec chaque point. Que peut-on déduire de ce graphique?	Coïncidence : Il n'y a pas de lien réel entre la hausse des températures et la disparition des pirates.	2
	Corrélation erronée (causalité) Plus les gens meurent de piqûres d'araignées dans le monde et plus il pleut aux États-Unis.	0		Corrélation erronée (causalité) La hausse des températures mondiales est la cause de la disparition des pirates.	0
	Corrélation erronée (causalité) Quand il pleut aux États-Unis, on a plus de risques de mourir d'une piqûre d'araignée partout dans le monde.			Corrélation erronée (causalité) : La disparition des pirates est la cause de la hausse des températures mondiales.	

Tableau 16

Données extraites des exercices avec graphiques sur la coïncidence

		Nombre de réponses codées 2	Pourcentage de réponses codées 2	Nombre de réponses codées 0	Pourcentage de réponses codées 0
Prétest	CC1	21	45,7%	25	54,3%
	CC2	29	61,7%	18	38,3%
Posttest	CC1	73	76,8%	22	23,2%
	CC2	70	75,3%	23	24,7%

Nous pouvons ainsi supposer que l'augmentation de l'identification des coïncidences pour l'exercice avec graphique du test 1 peut s'expliquer à la fois par un effet correctif sur la conception intuitive énoncé et par l'effet d'enseignement à la lecture de graphique.

L'amélioration du pourcentage de réponses identifiant une coïncidence pour l'exercice avec graphique du test 2 a été moindre. L'énoncé de l'exercice peut être pris en compte : pour identifier la coïncidence il fallait retenir le détail : « partout dans le monde ». On peut supposer que nombres d'élèves ont retenu : « Quand il pleut aux États-Unis, on a plus de risques de mourir d'une piqûre d'araignée ». C'est d'ailleurs ce qui était ressorti dans les discussions lors de la correction de l'exercice avec les élèves du groupe 2.

Exercices sur la cause cachée avec texte CC_T

Figure 21

Énoncés en français des exercices avec textes sur la cause cachée

TEST CC1	Réponses	Codé	TEST CC2	Réponses	Codé
Ex 6 Un journal a fait une enquête sur le lien entre jouer à des jeux et être fatigué au réveil. Trois personnes qui ont lu le journal proposent une explication pour répondre à la question : "Pourquoi certains enfants sont-ils plus fatigués que d'autres ?"	Cause cachée : La troisième pense que les enfants qui ont fait une activité pendant 3 heures sont plus fatigués que ceux qui ont fait une activité pendant 1 heure.	2	Ex 7 On constate qu'il y a plus de naissances de bébés dans les villages où les cigognes viennent faire leurs nids. Que peux-tu en déduire ?	Cause cachée : Les cigognes préfèrent nicher dans les villages plutôt que dans les grandes villes, et les naissances sont également plus nombreuses dans les villages que dans les villes.	2
	Pas de lien : La deuxième ne voit pas le lien entre le fait de jouer avant d'aller se coucher et le fait d'être fatigué.	1		Pas de lien : Il n'y a pas vraiment de lien entre la présence des cigognes et le nombre de naissances.	1
	Causalité non avérée : La première pense que les enfants qui jouent avant d'aller dormir sont plus fatigués que ceux qui lisent avant d'aller dormir	0		Causalité non avérée : Ce sont les cigognes qui apportent les bébés. Causalité erronée : Ce sont les bébés qui attirent les cigognes.	0

Tableau 17

Données extraites des exercices avec textes sur la cause cachée

		Nombre de réponses codées 2	Pourcentage de réponses codées 2	Nombre de réponses codées 1	Pourcentage de réponses codées 1	Nombre de réponses codées 0	Pourcentage de réponses codées 0
Prétest	CC1	25	27,2%	41	44,6%	26	28,3%
	CC2	45	47,9%	41	43,6%	8	8,5%
Posttest	CC1	98	51,6%	55	28,9%	37	19,5%
	CC2	99	53,2%	79	42,5%	8	4,3%

Exercices sur la cause cachée avec graphique CC _G

Figure 22

Énoncés en français des exercices avec graphiques sur la cause cachée

TEST CC1	Réponses	Codé	TEST CC2	Réponses	Codé
Ex 7 Voici un graphique qui concerne des élèves d'une école primaire. On peut y lire le nombre de fautes d'orthographe dans une dictée en fonction de la taille des pieds des élèves.	Cause cachée : Les élèves qui ont des grands pieds sont plus âgés et c'est pour cela qu'ils font moins de fautes en dictée.	2	Ex 6 Voici un graphique. Il montre que le nombre d'attaques de requins et la quantité de vente de glaces évoluent de la même manière. Que peut-on déduire de ce graphique?	Cause cachée : En juillet, quand il fait chaud, plus de gens mangent des glaces et plus de gens nagent dans l'océan (ce qui augmente les risques d'attaques de requins). Le lien entre ces phénomènes, c'est l'été.	2
	Pas de lien : Je ne pense pas qu'il y ait un lien entre le nombre de fautes en dictée et la taille des pieds des élèves.	1		Pas de lien : Je ne pense pas qu'il y ait de lien réel entre la vente de glaces et les attaques de requins.	1
	Corrélation erronée : (causalité) C'est la taille des pieds qui détermine le nombre de fautes en dictée.	0		Corrélation erronée (causalité) Le plus de glace on mange, le plus de chance on a de se faire attaquer par un requin.	0

Tableau 18

Données extraites des exercices avec graphiques sur la cause cachée

		Nombre de réponses codées 2	Pourcentage de réponses codées 2	Nombre de réponses codées 1	Pourcentage de réponses codées 1	Nombre de réponses codées 0	Pourcentage de réponses codées 0
Prétest	CC1	25	27,2%	41	44,6%	26	28,3%
	CC2	45	47,9%	41	43,6%	8	8,5%
Posttest	CC1	98	51,6%	55	28,9%	37	19,5%
	CC2	99	53,2%	79	42,5%	8	4,3%

Nous pouvons remarquer globalement la part importante de réponses « Pas de lien ». En effet, l'identification d'une variable confondante et donc d'une cause cachée est difficile (voir littérature). L'augmentation du nombre de choix « pas de lien » pour certains exercices peut

refléter une certaine vigilance des élèves. Il serait intéressant de voir avec ces élèves-là, ce qu'il choisirait comme réponse après plusieurs mois.

La formulation de l'exercice avec texte des tests CC1 était assez complexe et nous avons eu beaucoup de discussions lors de la correction de cet exercice en classe avec les élèves des groupes 1. Ce qui expliquerait que cet exercice ait mieux été réussi par les élèves ayant bénéficié de la correction et avec qui nous avons pu expliciter l'énoncé. Une conception intuitive a émergé : les jeux avec écran fatiguent plus que les activités sans écran. A cela s'est ajouté le fait que beaucoup d'élèves ont assimilé « jouer » avec « jouer sur des écrans ». Au test CC2 passé en posttest, nous nous sommes demandé s'il y a un effet de langue ou de culture francophone. Le mot « stork » était inconnu de nombreux élèves. L'oiseau, lui-même, était peu connu.

Dans l'exercice avec graphique du test CC1, le pourcentage d'élèves ayant identifiée la cause cachée est assez faible. On peut se demander si la conception intuitive « un graphique montre forcément une relation de cause à effet entre les deux variables » a joué un rôle. Ici un lien direct de cause à effet entre les deux variables semble tellement absurde que la réponse « Pas de lien » prime.

L'exercice avec graphique du test CC2 a été beaucoup mieux réussi. La formulation des réponses pour CC2 a pu paraître plus claire ce qui laisse penser à un effet de cadre. Pour cet exercice, le pourcentage de réponses codées 0 (Pas de lien) évolue peu entre prétest et posttest. On remarque tout de même une diminution du pourcentage de réponses erronées (codées 0) au bénéfice des réponses identifiant la cause cachée (codées 2). Au contraire des autres questions avec graphique, le facteur « enseignement de la lecture de graphique » ne peut expliquer l'augmentation de l'identification des causes cachées car elles n'apparaissent pas sur le graphique. Cela semble plutôt refléter une certaine vigilance des élèves face à des graphiques montrant des variables corrélées.

Exercices sur la causalité inversée avec texte CI_T

Figure 23

Énoncés en français des exercices avec textes sur la causalité inversée

TEST CC1	Réponses	Codé	TEST CC2	Réponses	Codé
Ex 8 Un journal a fait une enquête sur le lien entre la taille et le fait d'être un joueur de basket professionnel. On demande à trois personnes qui ont lu l'article de répondre à la question suivante : "Pourquoi les joueurs de basket professionnels sont-ils plus grands que la moyenne des hommes?" Avec qui es-tu d'accord ?	Causalité inversée : La troisième personne répond qu'être grand est un avantage au basket, et donc quand on est grand c'est plus facile de devenir une basketteur professionnel.	2	Ex 8 Un journal enquête sur le lien entre la taille et le fait d'être un jockey professionnel. 3 personnes qui ont lu l'article ont répondu à la question suivante : "Pourquoi les jockeys professionnels sont-ils plus petits que la moyenne?" Avec qui es-tu d'accord?	Causalité inversée : La troisième personne répond qu'être petit est un avantage quand on monte à cheval, donc quand on est plus petit, il est plus facile de devenir jockey professionnel.	2
	Pas de lien : La deuxième personne répond qu'il n'y a pas de lien entre la taille et le fait d'être un bon basketteur.	1		Pas de lien : La deuxième personne répond qu'il n'y a pas de lien entre la taille et le fait d'être un jockey professionnel.	1
	Corrélation erronée : La première personne répond que c'est parce que plus on joue au basket et plus on devient grand. Les basketteurs professionnels se sont beaucoup entraînés et ils sont donc plus grands que la moyenne.	0		Corrélation erronée : La première personne répond que l'on grandit moins car on monte à cheval. Les jockeys professionnels se sont beaucoup entraînés, alors ils sont moins grands que la moyenne.	0

Tableau 19

Données extraites des exercices avec graphiques sur la causalité inversée

		Nombre de réponses codées 2	Pourcentage de réponses codées 2	Nombre de réponses codées 1	Pourcentage de réponses codées 1	Nombre de réponses codées 0	Pourcentage de réponses codées 0
Prétest	CC1	16	34,8%	6	13,0%	8	17,4%
	CC2	19	40,4%	19	40,4%	9	19,1%
Posttest	CC1	65	68,4%	17	17,9%	13	13,7%
	CC2	42	45,2%	34	36,6%	17	18,3%

Pour les élèves du groupe 1, lors de la correction de l'exercice en classe, nous avons utilisé l'exemple de Stephan Curry, basketteur talentueux de la NBA mais pas très grand comparé à ses coéquipiers. Notre objectif était de montrer que malgré un entraînement intensif dès son plus jeune âge, sa taille adulte est petite comparée aux autres basketteurs professionnels. Cet entraînement intensif n'a donc pas eu pour effet de le faire grandir. Les discussions en classe ont pu amener certains élèves à s'interroger et à ne plus considérer cet énoncé comme une causalité inversée. Le nombre de réponses identifiant la corrélation inversée pour les élèves du groupe 1 ayant baissé aux posttests, nous nous sommes demandé si cet exemple avait apporté de la confusion ou si c'est plutôt le concept statistique de régression vers la moyenne, (introduit par Francis Galton en 1886) qui était rentré en jeu dans ce cas. Il aurait fallu refaire passer cet exercice quelques temps plus tard pour le savoir.

Pour cet exercice, nous avons aussi pu constater l'importance d'une formulation. La conception intuitive « l'entraînement semble précéder la croissance et donc avoir un impact dessus » a été très présente dans les discussions dans les classes du groupe 1. Cette conception intuitive semble plus prégnante à propos du basket, sport plus familier que l'équitation, et pour laquelle l'importance de la taille est mieux connue.

Exercice sur le protocole expérimental

Figure 24

Énoncés en français sur le protocole expérimental

Partie 1	Réponses	C o d e	Partie 2	Réponses	C o d e
Ta grand-mère pense qu'en soufflant sur les dés avant de les lancer, elle obtiendra un meilleur score. Qu'en penses-tu ?	T : Je pense qu'elle a tort de penser cela	2	Ex10 Explique comment vous pourriez vérifier si elle a raison ou tort de penser cela?	Ne sait pas	0
				Explications diverses et variées	
	Q : Je ne sais pas quoi en penser	1		Répéter l'expérience plusieurs fois	1
	R : Je pense qu'elle a raison de penser cela	0		Groupe contrôle	2
				Répéter l'expérience plusieurs fois + Groupe contrôle	3

Un énoncé présentant une croyance est proposé aux élèves et ils doivent énoncer un protocole de vérification

Il s'agit du même énoncé dans les deux tests.

Dans un premier temps, les élèves doivent évaluer la validité de cette croyance.

Dans un deuxième temps, ils doivent proposer une méthode de vérification de la validité de cette croyance. Dans les leçons en classe, nous avons abordé le concept de protocole expérimental.

Le même exercice est proposé à la fin des tests 1 et 2.

Les critères d'évaluation de cet item sont la multiplication des observations et la présence d'un groupe contrôle.

Le thème du protocole expérimental est inconnu des élèves à ce stade et a été abordé lors de la leçon 2 à travers l'exemple des chaussettes et des notes en maths (J'ai mis mes chaussettes avec des chats dessus et j'ai eu une bonne note en maths. Mes chaussettes m'ont porté chance. Elles sont la cause de ma bonne note)

Le critère de réussite de la partie 1 est l'identification de la coïncidence. Pour la partie 2, aux prétests, le critère de réussite était la proposition de multiplier les observations. Lors des post-tests, nous avons ajouté le critère de la présence d'un groupe contrôle.

Tableau 20*Identification de la coïncidence dans l'exercice sur le protocole expérimental*

	Pourcentage de réponses « Elle a tort »	Pourcentage de réponses « Je ne sais pas »	Pourcentage de réponses « Elle a raison »
Prétest (Nréponses =93)	44,1%	37,6%	18,3%
Posttest (Nréponses =188)	51,1%	38,8%	10,1%

Nous avons identifié la conception intuitive suivante : deux évènements qui sont liés temporellement ont un lien de cause à effet. Ceci est ressorti lors de la correction en classe. Nous observons que l'identification de la coïncidence a peu progressé entre les prétests et les posttests.

Tableau 21*Répartitions des pourcentages de réponses codées 0-1-2-3 pour les prétests et les posttests – Exercice sur le protocole expérimental*

	Pourcentage de réponses codées 3	Pourcentage de réponses codées 2	Pourcentage de réponses codées 1	Pourcentage de réponses codées 0
Prétest (Nréponses =93)	1,1%	0,0%	4,3%	94,6%
Posttest (Nréponses =188)	0,5%	3,7%	10,1%	83,0%

Nous avons remarqué que le fait d'avoir proposé deux fois le même exercice aux élèves en posttest a soulevé des remarques et un effet de lassitude.

Le concept de protocole expérimental a été très peu intégré par les élèves. Il faudrait qu'il soit concrètement mis en place. Avec plus de temps, il aurait été intéressant de le faire vivre en classe aux élèves.

Il serait aussi intéressant de faire le lien avec le curriculum de sciences pour mettre en place un tel protocole dans d'autres contextes. Par exemple la germination des graines, pourrait permettre de mettre en évidence les variables (eau, terre, lumière), un groupe contrôle, et la taille de l'échantillon.

Plutôt que de laisser une question ouverte au post-test, on pourrait proposer différents types de réponses :

1. Elle a tort, ce n'est pas la peine de tester.
2. Elle a raison, ce n'est pas la peine de tester
3. On ne peut pas savoir.
4. On peut effectuer un grand nombre d'essais en soufflant et voir combien de fois on obtient un double 6.
5. On peut effectuer un grand nombre d'essais sans souffler et voir combien de fois on obtient un double 6.
6. On peut faire un groupe contrôle qui lance les dés quelques fois sans souffler et faire un groupe expérimental qui lance les dés le même nombre de fois en soufflant. On compare ensuite le nombre de double 6 obtenus dans chaque groupe.
7. On peut faire un groupe contrôle qui lance les dés de nombreuses fois sans souffler et faire un groupe expérimental qui lance les dés le même nombre de fois en soufflant. On compare ensuite le nombre de double 6 obtenus dans chaque groupe.

Annexe B - Énoncés et données supplémentaires issues des tests sur le biais de confirmation

Énoncés en français des exercices sur les croyances

Figure 25

Énoncés en français des exercices sur les croyances pour le biais de confirmation

BC1	Réponses	C o d e	BC2	Réponses	C o d e
Ex2 Ma voisine pense qu'il faut planter ses légumes en fonction de la lune pour qu'ils poussent plus vite. Quel article lui conseilles-tu de lire pour vérifier s'il a raison de croire ça ?	Challenge le biais de confirmation (CBC) Jardiner avec la lune, est-ce que ça marche vraiment ?	2	Ex2 Mon ami pense que l'on utilise seulement 10% de notre cerveau. Quel article lui conseilles-tu de lire pour vérifier si ce qu'il pense est vrai.	Challenge le biais de confirmation (CBC) Les fausses idées sur le cerveau	2
	Rien à voir (RAV) Comment placer vos légumes dans votre potager	1		Rien à voir (RAV) Comment bien alimenter son cerveau	1
	Subit le biais de confirmation (SBC) Comment bien jardiner avec la lune	0		Subit le biais de confirmation (SBC) Comment utiliser plus de 10% de notre cerveau	0
Ex 3 Mon voisin pense que la Terre est plate. Quelle recherche sur internet lui conseilles-tu de lancer ?	Challenge le biais de confirmation (CBC) Preuves que la terre est ronde	2	Ex3 Mon amie pense que les garçons sont meilleurs en maths que les filles. Quelle recherche sur internet lui conseilles-tu de faire ?	Challenge le biais de confirmation (CBC) Les filles sont meilleures en maths que les garçons	2
	Subit le biais de confirmation (SBC) Preuves que la terre est plate	0		Subit le biais de confirmation (SBC) Les garçons sont meilleurs en maths que les filles	0

Énoncés en français des exercices sur la règle du 2-4-6 de Wason (1960)

Figure 26

Énoncés en français des exercices sur la règle du 2-4-6 de Wason pour le biais de confirmation

BC1	Réponses Challengeant le biais de confirmation	Réponses Subissant le biais de confirmation
Ex4 J'ai inventé une règle. Voici une suite de nombres qui respecte ma règle : 2 - 4 - 6. Tu dois essayer de deviner ma règle en me proposant des suites de nombres pour voir si elles respectent ma règle ou pas. Tu as le droit d'en choisir 2 parmi celles proposées : 8-10-12 / 6-4-2 / 1-3-5 / 14-20-50	2 binômes challengent la règle intuitive «compter de 2 en 2» 6-4-2 et 8-10-12 6-4-2 et 1-3-5 3 binômes challengent la règle « compter dans l'ordre croissant » 6-4-2 et 14-20-50 6-4-2 et 8-10-12 6-4-2 et 1-3-5	1 binôme confirme la règle intuitive «compter de 2 en 2» 8-10-12 et 1-3-5 3 binômes confirment la règle « compter dans l'ordre croissant » 8-10-12 et 14-20-50 1-3-5 et 14-20-50 8-10-12 et 1-3-5

BC2	Réponses Challengeant le biais de confirmation	Réponses Subissant le biais de confirmation
J'ai inventé une règle. Voici une suite de lettres : B - D - F. Tu dois essayer de deviner ma règle en me proposant des suites de lettres pour voir si elles respectent ma règle ou pas. Tu as le droit d'en choisir 2 parmi celles proposées : G-P-W / H-J-L / A-C-E / F-D-B I've invented a rule. Here's a sequence of letters that respects my rule : B - D - F. You must try to guess my rule by proposing sequences of letters to see if they respect my rule or not. You're allowed to choose 2 of the following : G-P-W / H-J-L / Z-M-A / A-C-E	2 binômes challengent la règle intuitive «nommer les lettres de 2 en 2» A-C-E et Z-M-A H-J-L et Z-M-A ou A-C-E et F-D-B H-J-L et F-D-B 3 binômes challengent la règle « nommer les lettres dans l'ordre alphabétique» G-P-W et Z-M-A A-C-E et Z-M-A H-J-L et Z-M-A ou A-C-E et F-D-B H-J-L et F-D-B G-P-W et F-D-B	1 binôme confirme la règle intuitive «nommer les lettres de 2 en 2» A-C-E et H-J-L 3 binômes confirment la règle nommer les lettres dans l'ordre alphabétique» G-P-W et H-J-L G-P-W et A-C-E H-J-L et A-C-E

Données complémentaires issues des exercices portant sur les croyances

Pour les exercices 3, nous n'avons pas proposé de réponses « Rien à voir » car celles qui nous venaient à l'esprit ne faisaient vraiment pas de sens et ne nous apparaissaient pas pertinentes. Néanmoins, peut-être aurait-il fallu en proposer afin d'homogénéiser les énoncés.

Dans un premier temps, nous allons observer les données montrant que les élèves challengent le biais de confirmation (réponses codées 2)

Le tableau ci-dessous présente les pourcentages de réponses CBC pour chaque exercice pour le dispositif « correction »

Tableau 22

Pourcentages de réponses CBC pour chaque exercice – Dispositif « correction »

Sous-groupe	Prétest	Exercices	Prétest % CBC	Posttest	Exercices	Posttest % CBC	Dif % test
1A	CC1 $N_{rép} = 22$	légumes	59,1%	CC1 $N_{rép} = 27$	cerveau	66,7%	7,6%
		Terre	90,9%		maths	88,9%	-2,0%
2A	CC2 $N_{rép} = 25$	cerveau	36,0%	CC2 $N_{rép} = 24$	légumes	54,2%	18,2%
		maths	44,0%		Terre	62,5%	18,5%
Moyennes			57,5%			68,1%	10,6%

Le tableau ci-dessous présente les pourcentages de réponses CBC pour chaque exercice pour le dispositif « transfert pur »

Tableau 23

Pourcentages de réponses CBC pour chaque exercice – Dispositif « transfert pur »

Sous-groupe	Prétest	Exercices	Prétest % CBC	Posttest	Exercices	Posttest % CBC	Dif % test
1A	CC1 $N_{rép} = 22$	légumes	59,1%	CC2 $N_{rép} = 23$	cerveau	69,6%	10,5%
		Terre	90,9%		maths	87,0%	-4,0%
2A	CC2 $N_{rép} = 25$	cerveau	36,0%	CC1 $N_{rép} = 22$	légumes	68,2%	32,2%
		maths	44,0%		Terre	81,8%	37,8%
Moyennes			57,5%			76,6%	19,1%

Le tableau ci-dessous présente les pourcentages de réponses CBC pour chaque exercice pour le dispositif « intervention »

Tableau 24

Pourcentages de réponses CBC pour chaque exercice – Dispositif « intervention »

Sous-groupe	Prétest	Exercices	Prétest % CBC	Posttest	Exercices	Posttest % CBC	Dif % test
1B	CC2 $N_{rép} = 22$	cerveau	50,0%	CC2 $N_{rép} = 23$	Cerveau	56,5%	6,5%
		maths	40,9%		maths	78,3%	37,4%
2B	CC1 $N_{rép} = 30$	légumes	76,7%	CC1 $N_{rép} = 23$	légumes	69,6%	-7,1%
		Terre	80,0%		Terre	82,6%	2,6%
Moyennes			61,9%			71,7%	9,8%

Le tableau ci-dessous présente les pourcentages de réponses CBC pour chaque exercice pour le dispositif « transfert biaisé »

Tableau 25

Pourcentages de réponses CBC pour chaque exercice – Dispositif « transfert biaisé »

Sous-groupe	Prétest	Exercices	Prétest % CBC	Posttest	Exercices	Posttest % CBC	Dif % test
1B	CC2 $N_{rép} = 22$	cerveau	50,0%	CC1 $N_{rép} = 21$	légumes	66,7%	16,7%
		maths	40,9%		Terre	85,7%	1,8%
2B	CC1 $N_{rép} = 30$	légumes	76,7%	CC2 $N_{rép} = 22$	cerveau	45,5%	8,0%
		Terre	80,0%		maths	81,8%	1,8%
Moyennes			61,9%			69,9%	8,0%

Dans un second temps, nous allons observer les données montrant que les élèves subissent le biais de confirmation (réponses codées 0)

Le tableau ci-dessous présente les pourcentages de réponses SBC pour chaque exercice pour le dispositif « correction »

Tableau 26

Pourcentages de réponses SBC pour chaque exercice – Dispositif « correction »

Sous-groupe	Prétest	Exercices	Prétest % CBC	Posttest	Exercices	Posttest % CBC	Dif % test
1A	CC1 $N_{rép} = 22$	légumes	18,2%	CC1 $N_{rép} = 27$	cerveau	22,2%	4,0%
		Terre	9,1%		maths	11,1%	2,0%
2A	CC2 $N_{rép} = 25$	cerveau	40,0%	CC2 $N_{rép} = 24$	légumes	20,8%	-19,2%
		maths	52,0%		Terre	37,5%	-14,5%
Moyennes			29,8%			22,9%	-6,9%

Le tableau ci-dessous présente les pourcentages de réponses SBC pour chaque exercice pour le dispositif « transfert pur »

Tableau 27

Pourcentages de réponses CBC pour chaque exercice – Dispositif « transfert pur »

Sous-groupe	Prétest	Exercices	Prétest % CBC	Posttest	Exercices	Posttest % CBC	Dif % test
1A	CC1 $N_{rép} = 22$	légumes	18,2%	CC2 $N_{rép} = 27$	cerveau	22,2%	4,0%
		Terre	9,1%		maths	11,1%	2,0%
2A	CC2 $N_{rép} = 25$	cerveau	40,0%	CC1 $N_{rép} = 24$	légumes	20,8%	-19,2%
		maths	52,0%		Terre	37,5%	-14,5%
Moyennes			29,8%			22,9%	-6,9%

Le tableau ci-dessous présente les pourcentages de réponses SBC pour chaque exercice pour le dispositif « intervention »

Tableau 28

Pourcentages de réponses SBC pour chaque exercice – Dispositif « intervention »

Sous-groupe	Prétest	Exercices	Prétest % CBC	Posttest	Exercices	Posttest % CBC	Dif % test
1B	CC2 $N_{rép} = 22$	cerveau	40,9%	CC2 $N_{rép} = 23$	Cerveau	17,4%	-23,5%
		maths	59,1%		maths	21,7%	-37,4%
2B	CC1 $N_{rép} = 30$	légumes	16,7%	CC1 $N_{rép} = 23$	légumes	17,4%	0,7%
		Terre	20,0%		Terre	17,4%	-2,6%
Moyennes			34,2%			18,5%	-15,7%

Le tableau ci-dessous présente les pourcentages de réponses CBC pour chaque exercice pour le dispositif « transfert biaisé »

Tableau 29

Pourcentages de réponses SBC pour chaque exercice – Dispositif « transfert biaisé »

Sous-groupe	Prétest	Exercices	Prétest % CBC	Posttest	Exercices	Posttest % CBC	Dif % test
1B	CC2 $N_{rép} = 22$	cerveau	40,9%	CC1 $N_{rép} = 21$	légumes	9,5%	-31,4%
		maths	59,1%		Terre	14,3%	-1,8%
2B	CC1 $N_{rép} = 30$	légumes	16,7%	CC2 $N_{rép} = 22$	cerveau	27,3%	-16,9%
		Terre	20,0%		maths	18,2%	-1,8%
Moyennes			34,2%			17,3%	-16,9%

Exercices sur l'activité de la règle du 2-4-6 de Wason

Dans les tests de la série 1, la tâche de Wason a été proposée aux élèves.

Dans les tests de la série 2, nous avons proposé une tâche miroir avec des lettres.

Une erreur a été commise dans l'énoncé de BC2 puisque la réponse permettant de challenger les règles intuitives n'était pas la même entre BC2 FRA (F-D-B) et BC2 ENG (Z-M-A). Il est difficile de dire si cela a eu un réel impact mais cela fausse quand même la rigueur des résultats. Dans les séances sur le biais de confirmation, la tâche de Wason originale a été expérimentée dans toutes les classes. Ainsi, nous avons dû utiliser des sous-groupes différents pour mesurer les effets.

Les élèves pouvaient choisir 2 triplets parmi 4 proposés.

Pour le test BC1, nous avons observé l'évolution du nombre de binômes de réponses incluant le triplet 6-4-2. Pour le test BC2, nous avons observé l'évolution du nombre de binômes de réponses incluant soit le triplet Z-M-A soit le triplet F-D-B.

Tableau 30

Pourcentage de réponses challengeant le biais de confirmation dans les exercices autour de l'activité de la tâche de Wason

	Prétest	Posttest	Différence
Tests BC1 (% réponses incluant le triplet 6-4-2)	44,2% (N=52)	28,7% (N=94)	-15,5%
Tests BC2 (% réponses incluant le triplet Z-M-A ou F-D-B)	10,6% (N=47)	20,6% (N=97)	+10%

Pour les tests BC1, on constate une diminution de -15,5% du pourcentage de réponses challengeant le biais de confirmation.

Nous pensons que le choix du triplet 6-4-2 a été choisi par les élèves en prétest car ils retrouvaient les mêmes chiffres que dans l'énoncé. On suppose qu'il y a eu un biais d'habillage qui a complètement faussé les résultats.

Pour les tests BC2, on constate une augmentation de 10% du pourcentage de réponses challengeant le biais de confirmation. Ceci rend l'analyse difficile.

Afin d'affiner ces observations, nous avons calculé les pourcentages de réponses incluant un des triplets challengeant le biais de confirmation.

Tableau 31

Pourcentages de réponses incluant les triplets CBC aux prétests et posttests BC pour les exercices autour de la tâche de Wason

	Prétest	Posttest
Dispositif « correction » (% réponses incluant le triplet 6-4-2)	44,2% (N=52)	30,0% (N=50)
Dispositif « intervention » (% réponses incluant le triplet Z-M-A ou F-D-B)	10,6% (N=47)	17,0% (N=47)
Dispositif « transfert pur » (% réponses incluant le triplet 6-4-2 au prétest et incluant le triplet Z-M-A ou F-D-B au posttest)	44,2% (N=52)	24,4% (N=45)
Dispositif « transfert biaisé » (% réponses incluant le triplet Z-M-A ou F-D-B au prétest et incluant le triplet 6-4-2 au posttest)	10,6% (N=47)	27,9% (N=43)

On observe de grandes disparités dans les effets, dues certainement à l'effet d'habillage pour l'exercice des tests 1.

Nous pouvons tout de même remarquer un effet d'intervention (seul effet ne prenant pas en compte les données des tests 1) positif (+6,4%).

Conclusion

Les données des exercices autour de la tâche de Wason ne sont finalement pas vraiment exploitables du fait de la mauvaise conception des exercices :

- Potentiel effet d'habillage pour les tests 1
- Triplets différents selon la langue pour les tests 2.

L'expérimentation de la tâche de Wason en classe avait beaucoup plu aux élèves qui avaient bien participé et interagi. Nous avons pu leur faire relever les réactions de surprise ou d'incompréhension quand un camarade proposait un triplet qui allait à l'encontre de la règle qu'ils/elles pensaient avoir découvert.

Nous n'avons pas tenu compte de ces données dans nos analyses globales.

Annexe C - Énoncés et données supplémentaires issues des tests sur le biais d'appel à l'autorité et la validation des sources

Énoncés en français des exercices

Les tests sont inspirés d'une activité de la Main à la pâte « Le bracelet du pouvoir » (voir le site <https://fondation-lamap.org>) proposée à des élèves de fin de cycle 3 en France, ce qui correspond à l'âge de notre échantillon.

L'objectif est d'évaluer la capacité des élèves à distinguer les opinions personnelles de celles fondées sur une démarche scientifique, de différencier les types de « preuves » à l'appui d'une affirmation (sous forme de témoignage rapporté) et à les classer sur la base de leur qualité.

Pour cela, à partir de la considération d'un objet prétendument doté de vertus miraculeuses (le bracelet du pouvoir), les élèves doivent considérer différents arguments le concernant apportés par des personnes-sources variées. Ils doivent décider à qui faire confiance et sur la base de quels critères.

Ils/elles doivent sélectionner les arguments pertinents pour évaluer la confiance qu'ils/elles peuvent accorder ou pas à chaque personnage-source

La dernière question leur demande de choisir parmi les différentes personnes-sources de l'avis de qui ils/elles auraient besoin pour décider de l'éventuel achat d'un bracelet ?

Il leur est spécifié qu'ils/elles peuvent choisir une ou plusieurs personnes-sources.

Le message principal à retenir de l'activité proposées par lamap est le suivant : « Il n'est pas toujours possible de vérifier une affirmation par soi-même, par une expérience. On se tourne alors vers les autres, mais il est important de reconnaître, parmi toutes les sources, celles qui sont fiables. Elles doivent être multiples à aller dans le même sens, fondées sur l'expérience scientifique et portées par des experts dans le domaine.

Afin de faciliter l'analyse, nous avons codé les critères. Exemple : P+ signifie est populaire, P- n'est pas populaire ; ES+ signifie s'appuie sur des études scientifiques, ES- signifie ne s'appuie pas sur des études scientifiques ; etc... (figure 27)

Figure 27*Codage des critères de fiabilité des arguments*

Critères de fiabilité des arguments		
Popularité	P+	P-
Expérience personnelle - Utilisation	EP+	EP-
Rentre dans le domaine d'expertise	DE+	DE-
Intérêt Commercial	IC+	IC-
Se réfère à des études scientifiques	ES+	ES-
Inventeur / Vendeurs	IV	
Avis personnel	AP	
Je les connais	C+	C-
Nombre	N+	

Ensuite, les arguments ont été classés selon leur pertinence pour accorder la confiance à la personne-source ou susciter la méfiance envers elle (figure 28).

Figure 28*Classement des critères selon leur pertinence pour accorder la confiance ou susciter la méfiance*

Arguments pertinents pour accorder sa confiance			DE+	IC-	ES+				
Arguments non pertinents pour accorder sa confiance	P+ / P-	EP+				IV	AP	C+	N+
Arguments pertinents pour ne pas accorder sa confiance		EP+ Si exclusif	DE-	IC+	ES-				
Arguments non Pertinents pour ne pas accorder sa confiance	P- / P+	EP-						C-	

Les critères de réussite au test sont :

- Identification correcte des personnes-sources fiables (personnes-sources en jaune fluo) en fonction des trois arguments pertinents pour accorder sa confiance (en vert foncé)
 - La personne-source se réfère à des études scientifiques
 - Le bracelet rentre dans le domaine d'expertise de la personne-source
 - La personne-source n'a pas d'intérêt commercial dans le produit

- Choix de plusieurs sources (dernière question) et éventuellement besoin de plus d'information.

TEST SAA1

En vert les deux personnages-sources en qui les élèves peuvent accorder leur confiance.

Les critères pertinents à sélectionner apparaissent en couleur, en fonction du classement illustré dans la figure 28.

Figure 29

Énoncés en français des exercices sur le biais d'appel à l'autorité et la validité des sources – Test SAA1 FR

	T1S1 Cristolfo est un célèbre joueur de football. Il a plein de gens qui le suivent sur les réseaux sociaux. Il déclare utiliser régulièrement le bracelet et avoir remarqué des effets positifs. Il n'a participé à aucune étude scientifique pour évaluer les bienfaits du bracelet. Il se base uniquement sur son expérience personnelle.		T1S2 Kate Morris, l'inventrice du bracelet, l'utilise régulièrement. Elle n'est pas sur les réseaux sociaux et ne cherche pas à être connue. Elle a un intérêt commercial dans le bracelet car elle gagne de l'argent pour chaque bracelet vendu. Elle n'est pas intéressée à faire des études scientifiques sur le bracelet, son opinion lui suffit. Elle a inventé des tas de produits différents.		T1S3 Madame Clark, la professeure de sciences de mon école, est très appréciée de ses élèves et de ses collègues. Elle n'utilise pas les réseaux sociaux et ne cherche pas à être connue. Elle n'a jamais mis le bracelet. Elle s'est intéressée aux études scientifiques sur le bracelet. En tant que professeure de Sciences, elle se tient au courant des avancées scientifiques et elle pense pouvoir donner son avis dessus.		T1S4 Le Dr Giwindi est un médecin reconnu, il beaucoup suivi sur les réseaux sociaux. Il a écrit des livres et gagné des prix. Il n'a jamais porté le bracelet. Il n'a aucun intérêt commercial dans le bracelet. Il s'intéresse aux études scientifiques sur le bracelet. En tant que médecin, il connaît bien le genre d'études qui permettent de mesurer les effets des médicaments sur des caractéristiques physiques comme la force.		T1S5 Mon amie utilise les réseaux sociaux et elle a beaucoup de followers. Elle m'a dit avoir utilisé le bracelet et avoir trouvé qu'il avait des effets positifs. Elle ne connaît pas d'études scientifiques sur le bracelet. Elle n'a aucun intérêt personnel à faire la pub du bracelet. Elle a son opinion personnelle et n'en a pas discuté avec d'autres personnes.	
Suscite ma confiance Codage : 1	Il est populaire	P+	Elle ne cherche pas à être populaire	P-	Elle ne cherche pas à être populaire	P-	Il est connu sur les réseaux sociaux	P+	Elle est populaire et je la connais	P+
	Il fait référence à son expérience personnelle	EP+	Elle se réfère à son expérience personnelle	EP+	Elle a lu des études scientifiques sur le sujet	ES+	Il a les connaissances nécessaires pour pouvoir juger si le bracelet marche	DE+	Elle l'a utilisé et a son opinion personnelle	EP+
	Le produit rentre dans son domaine d'expertise	DE+	C'est l'inventrice	IV	Le produit rentre dans son domaine d'expertise	DE+	Il n'a pas d'intérêt financier	IC-	Elle n'a pas d'intérêt financier	IC-
	Il n'a pas d'intérêt commercial	IC-								
Ne suscite pas ma confiance Codage : 0	Il ne parle pas de de son expérience personnelle	EP+	Elle a un intérêt commercial	IC+	Elle n'a jamais porté le bracelet	EP-	N'a jamais porté le bracelet	EP-	Elle a seulement son opinion personnelle	EP+
	Il ne se réfère pas à des études scientifiques	ES-	Elle ne veut pas d'études scientifiques	ES-	Elle n'est pas sur les réseaux sociaux	P-	Je ne le connais pas	P-	Elle n'a pas lu d'études scientifiques	ES-
	Il n'est pas expert dans le domaine	DE-			Elle est prof de Sciences pas spécialiste du bracelet	DE ?			Elle n'est pas experte dans le domaine.	DE-

On pourrait distinguer des niveaux de pertinence des critères de choix. Par exemple, le critère « a lu des études scientifiques sur le sujet » semble plus pertinent à sélectionner pour accorder sa confiance que le critère « ne cherche pas à être populaire ».

TEST SAA2

Figure 30

Énoncés en français des exercices sur le biais d'appel à l'autorité et la validité des sources – Test SAA2 FR

	T251 Kerry Petty est une chanteuse connue. Elle a plein de gens qui la suivent sur les réseaux sociaux. Elle dit qu'elle a entendu parler du bracelet mais ne l'a jamais utilisé. Elle a aucun intérêt commercial, et elle ne connaît pas la compagnie qui le fabrique. Elle a son avis personnel sur le bracelet mais n'a pas cité d'étude scientifique. En tant que chanteuse, elle n'est pas intéressée par la force physique, donc le bracelet n'est pas dans son domaine d'expertise.		T252 Les vendeurs du bracelet forment un groupe et travaillent pour différentes compagnies sur Internet. Ils sont anonymes, personne ne sait qui ils sont. Ils disent ne pas utiliser le bracelet en dehors du travail. Ils ont un intérêt commercial dans le produit, car ils gagnent de l'argent pour chaque bracelet qu'ils vendent. Ils ne sont pas au courant d'études scientifiques sur le bracelet. Ils vendent beaucoup de produits différents.		T253 "Les sciences, c'est facile" est une émission de télévision connue. Les présentateurs n'utilisent pas les bracelets, et ils n'ont aucun intérêt commercial dans le bracelet. Ils invitent des scientifiques qui travaillent sur le bracelet. Ils s'assurent de la fiabilité de l'information et de l'expertise de leurs invités.		T254 Dr. Mia Damidon est la première femme Afro-Américaine à aller dans l'espace. Sa dernière publication sur Instagram a été aimée 800 fois. Dans un interview, elle a dit utiliser le bracelet dans l'espace dans le cadre d'une expérience scientifique. Elle n'a aucun intérêt commercial dans le bracelet. Elle base son avis sur plusieurs études scientifiques expérimentales. Elle considère le bracelet du pouvoir dans son domaine d'expertise : elle est astronaute, ingénieure, mais aussi docteure, et elle est intéressée dans les effets du voyage dans l'espace sur le corps humain.		T255 L'équipe de sport de mon école Elle est connue à mon école et a gagné beaucoup de compétitions. Les membres de l'équipe ont utilisés le bracelet. Ils ont trouvés que le bracelet avait un effet négatif: il réduisait leur force. Ils n'ont aucun intérêt à critiquer le bracelet. Ils n'ont pas dit être au courant d'études scientifiques sur le bracelet, ils n'ont pas testé le bracelet de manière rigoureuse, ils l'ont seulement utilisé. Tous les membres de l'équipe partagent le même avis. Ils considèrent le bracelet du pouvoir être dans leur domaine d'expertise: en tant qu'athlètes, augmenter leur force et l'évaluer fait partie de leur expérience.	
Suscite ma confiance	Elle est populaire	P+	Ils ne cherchent pas à être populaires	P-	Ils passent à la télévision	P+	Elle est connue sur les réseaux sociaux	P+	Ils sont populaires	P+
	Elle fait référence à son expérience personnelle	E	Ils se réfèrent seulement à leur expérience personnelle	EP+	Ils ont lu des études scientifiques sur le sujet	ES+	Elle a les connaissances nécessaires pour évaluer si le bracelet fonctionne	DE+	Ils l'ont utilisé	EP+
	Elle n'a pas d'intérêt commercial	IC-	Ils le vendent, donc ils doivent savoir si le bracelet marche ou pas	V	Ils n'ont pas d'intérêt commercial	IC-	Elle n'a pas d'intérêt commercial	IC-	Ils se disent experts dans le domaine	DE ?
			Ils sont plusieurs	N+	Ils sont plusieurs	N+	Elle base son avis sur son expérience personnelle	EP+	Ils ont tous le même avis	N+
							Elle base son avis sur plusieurs études scientifiques expérimentales	ES+	Ils n'ont aucun intérêt à critiquer le bracelet	
Ne suscite pas ma confiance	Elle n'a jamais porté le bracelet	EP-	Ils ont un intérêt commercial	IC+	Ils n'ont jamais porté le bracelet	EP-	Elle base son avis sur son expérience personnelle	EP-	Ils n'ont pas testé le bracelet de manière rigoureuse	EP
	Elle ne se réfère pas à des études scientifiques	ES-	Ils ne veulent pas d'études scientifiques	ES-	Je ne regarde pas cette émission	C-	Elle n'est pas connue sur les réseaux sociaux	p.	Ils ne sont pas au courant d'études scientifiques sur le bracelet	ES-
	Elle n'est pas experte	DE-	Ils mentionnent le bracelet seulement au travail	EP-	Ils ne sont pas sur les réseaux sociaux	P-	Je ne la connais pas	C-	Je ne pense pas qu'ils soient réellement des experts dans le domaine	DE-
			Vendent beaucoup de produits différents		Ils ne sont pas experts eux-mêmes	DE-				
			Je ne les connais pas	C-						

Analyse descriptive complémentaire des données des tests SAA1 pour la validation des sources

Le tableau 32 montre le pourcentage de réponses identifiant correctement la validité des sources.

Tableau 32

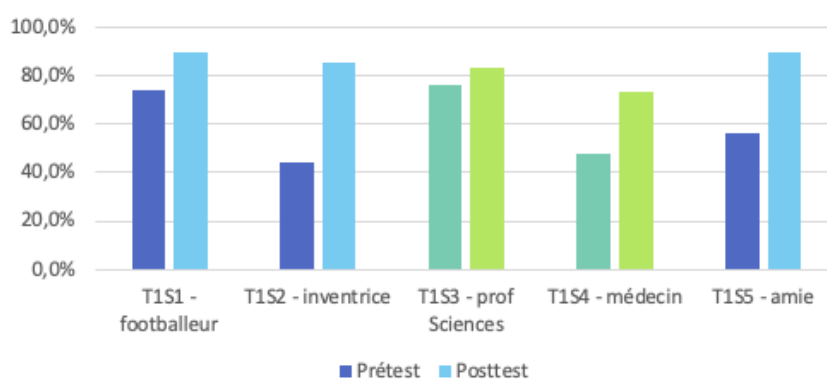
Pourcentage de réponses identifiant correctement la validité de chaque source pour les tests SAA1

Source	Prétest	Posttest	Différence %
	N _{réponses} = 50	N _{réponses} = 95	
T1S1 - footballeur	74,0%	89,5%	15,5%
T1S2 - inventrice	44,0%	85,3%	41,3%
T1S3 - prof Sciences	76,0%	83,2%	7,2%
T1S4 - médecin	48,0%	73,7%	25,7%
T1S5 - amie	56,0%	89,5%	33,5%
Moyenne T1	59,6%	84,2%	24,6%

La figure 31 illustre les données du tableau 32.

Figure 31

Pourcentage de réponses identifiant correctement la validité de chaque source pour les tests SAA1



Dans le graphique, la couleur bleue permet d'identifier les sources devant susciter la méfiance et la couleur verte les sources devant susciter la confiance.

Les couleurs foncées renvoient aux prétests et les couleurs claires aux posttests.

Pour le footballeur et l'amie, des critères pertinents sont proposés à la fois pour susciter la confiance et susciter la méfiance.

Le nombre et la valeur des critères permettent d'estimer préférable de ne finalement pas faire confiance à cette personne-source.

L'augmentation est la plus marquée pour l'inventrice ce qui laisse supposer une meilleure reconnaissance des arguments reposant sur l'intérêt commercial (IC+) et le manque de référence à des études scientifiques (ES-) comme arguments pertinents pour ne pas accorder sa confiance. Ces scores laissent aussi supposer une meilleure reconnaissance des arguments reposant sur l'expérience personnelle, le fait d'avoir inventé le produit, l'intérêt commercial de ne pas se référer à des études scientifiques comme des arguments devant susciter la méfiance.

Analyse descriptive complémentaires des données des tests SAA2 pour la validation des sources

Le tableau 33 montre le pourcentage de réponses identifiant correctement la validité des sources

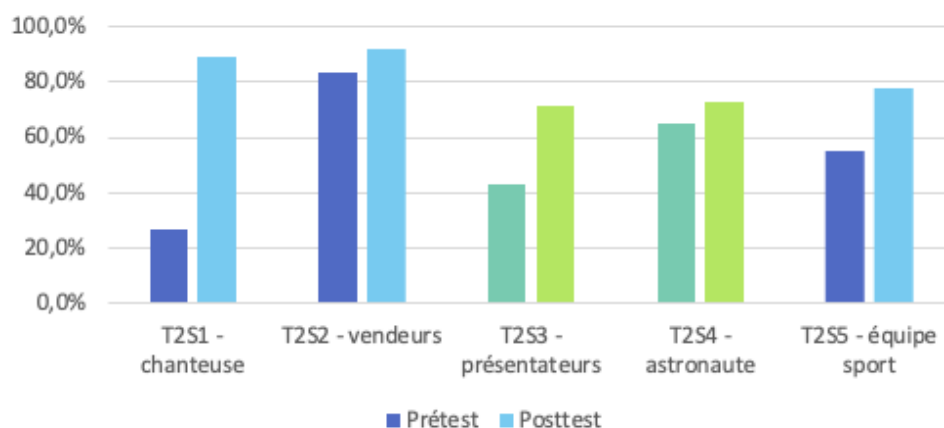
Tableau 33

Pourcentage de réponses identifiant correctement la validité de chaque source pour les tests SAA2

Source	Prétest N _{réponses} =49	Posttest N _{réponses} =91	Différence %
T2S1 - chanteuse	26,5%	89,0%	62,5%
T2S2 - vendeurs	83,7%	92,3%	8,6%
T2S3 - présentateurs	42,9%	71,4%	28,6%
T2S4 - astronaute	65,3%	72,5%	7,2%
T2S5 - équipe sport	55,1%	78,0%	22,9%
Moyenne T2	54,7%	80,7%	22,9%

Figure 32

Pourcentage de réponses identifiant correctement la validité de chaque source pour les tests SAA2



Dans le graphique, la couleur bleue permet d'identifier les sources devant susciter la méfiance et la couleur verte les sources devant susciter la confiance.

Les couleurs foncées renvoient aux prétests et les couleurs claires aux posttests.

L'augmentation est la plus marquée pour la chanteuse (différence de 62,5 points entre prétest et posttest) ce qui laisse supposer une meilleure reconnaissance des arguments reposant sur la popularité (P+) et la référence à seulement son expérience personnelle (EP+) comme arguments non pertinents pour accorder sa confiance.

Pour l'équipe de sport, les arguments « Ils se disent experts dans le domaine » et « Je ne pense pas qu'ils soient réellement experts dans le domaine » mettent en avant et questionnent la reconnaissance de l'expertise.

Annexe D - Énoncés et données supplémentaires issues des tests sur la flexibilité et la créativité

Énoncé en français des exercices de catégorisation multiple d'un objet familier

Figure 33

Énoncé en français de l'exercice sur la catégorisation multiple d'un objet usuel dans les tests FC1



Figure 34

Énoncé en français de l'exercice sur la catégorisation multiple d'un objet usuel dans les tests FC2



Énoncés en français des exercices de changement de points de vue pour voir différentes choses dans des paréidolies

Une introduction commune apparaissait dans chaque texte pour expliquer l'exercice

Figure 35

Introduction aux exercices sur les paréidolies - Tests FC1 et FC2

Je peux voir différentes choses
sur cette image



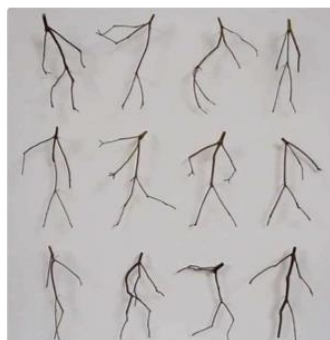
Par exemple:
Je vois :
un homme avec une canne
un homme qui tient un tuyau

Quatre paréidolies étaient proposées aux élèves

Figure 36

Paréidolies proposées dans le test FC1

Image 1



Que vois-tu sur l'image 1 ?
Tu as la possibilité de donner jusqu'à 5 réponses.

Image 2



Que vois-tu sur cette image ?
Tu as la possibilité de donner jusqu'à 5 réponses si tu le souhaites.

Image 3



Que vois-tu sur cette image ?
Tu peux donner jusqu'à 5 réponses si tu le souhaites

Image 5



Que vois-tu sur cette image ?
Tu peux donner jusqu'à 5 réponses si tu le souhaites

Figure 37
Paréidolies proposées dans le test FC2

Image 1



Que vois-tu sur l'image 1 ?
Tu as la possibilité de donner jusqu'à 5 réponses.

Image 2



Que vois-tu sur l'image 2 ?
Tu as la possibilité de donner jusqu'à 5 réponses.

Image 3



Que vois-tu sur l'image 3 ?
Tu as la possibilité de donner jusqu'à 5 réponses.

Image 5



Que vois-tu sur l'image ?
Tu as la possibilité de donner jusqu'à 5 réponses.

Énoncés en français des exercices de changement de points de vue pour voir différentes choses dans des gros plans

Figure 38

Images de gros plans proposées dans le test FC1

Image 6

Que vois-tu sur cette image ?
Tu peux donner jusqu'à 5 réponses si tu le souhaites



Image 7

Que vois-tu sur cette image ?
Tu peux donner jusqu'à 5 réponses si tu le souhaites



Figure 39

Images de gros plans proposées dans le test FC2

Image 6

Que vois-tu sur l'image ?
Tu as la possibilité de donner jusqu'à 5 réponses.



Image 7

Que vois-tu sur l'image ?
Tu as la possibilité de donner jusqu'à 5 réponses.



Énoncés en français des exercices de changement de points de vue pour voir différentes choses dans des images ambiguës

Figure 40

Image ambiguë proposée dans le test FC1

Image 4

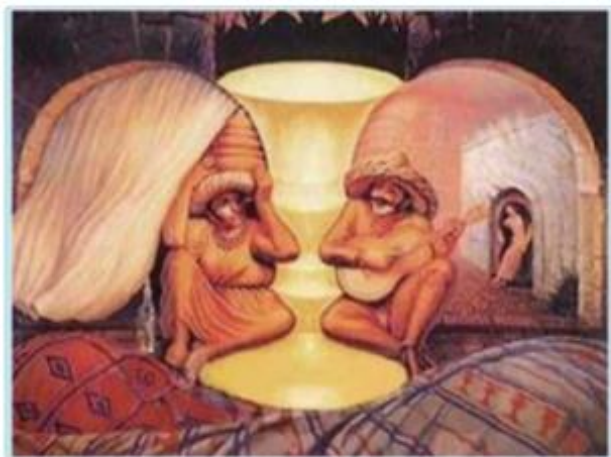


Que vois-tu sur cette image ?
Tu peux donner jusqu'à 5 réponses si tu le souhaites.

Figure 41

Image ambiguë proposée dans le test FC2

Image 4



Que vois-tu sur l'image ?
Tu as la possibilité de donner jusqu'à 5 réponses.

Énoncés en français des exercices sur les analogies

Cette section était divisée en deux exercices, compléter des analogies proportionnelles et en inventer une. La figure 42 montre les énoncés en français des analogies à compléter.

Figure 42

Énoncés en français des exercices sur les analogies proportionnelles dans les tests FC1 et FC2

TEST	Analogie	Difficultés	Réponses valides Analogie de structure	Réponses non valides Analogie de surface
FC1	La sécheresse/désert et l'humidité/ ? La sécheresse est au désert ce que l'humidité est à/au Dry/desert and Wet/ ? Dry is to desert as wet is to ...	Assimilation	Lieu humide - Codage 1 : Marais/swamp, océan/ocean, rivière/river, mer/sea, mare/puddle, lac	Codage 0 : pluie/rain, eau/water ou pas un lieu ou rien à voir
	Paume/main et semelle/? La paume est à la main ce que la semelle est à/au... palm/hand and sole/? Palm is to hand as sole is to ...	« au » a pu induire pied	Codage 1 : chaussure/shoe	Codage 0 : pied/foot, leg, toe, ou rien à voir
FC2	Sucre/sucré et citron/? Le sucre est au sucré ce que le citron est à... Sugar/sweet and Lemon/? Sugar is to sweet as lemon is to	Confusion amer/acide, nous avons donc validé les deux réponses	Codage 1 : Acid- sour- amer - bitter	Codage 0 : sucré, sweet, ou rien à voir
	Venus/planète et caniche/? Vénus est à planète ce que caniche est à... Venus/planet and poodle/? Venus is to planet as poodle is to...	Puddle mot inconnu pour les anglophones confondu parfois avec paddle	Codage 1 : chien/dog	Codage 0 : animaux, ou autre réponse

Énoncés en français de l'exercice sur la bougie de Duncker

Figure 43

Énoncé en français sur la bougie de Duncker dans les tests FC1 et FC2

Énigme

46

Tu disposes d'une bougie,
d'allumettes et d'une boîte
remplie de punaises, comme
sur l'image.

Tu dois fixer la bougie contre
le mur.

Une fois allumée, la cire ne
doit pas pouvoir couler sur la
table.

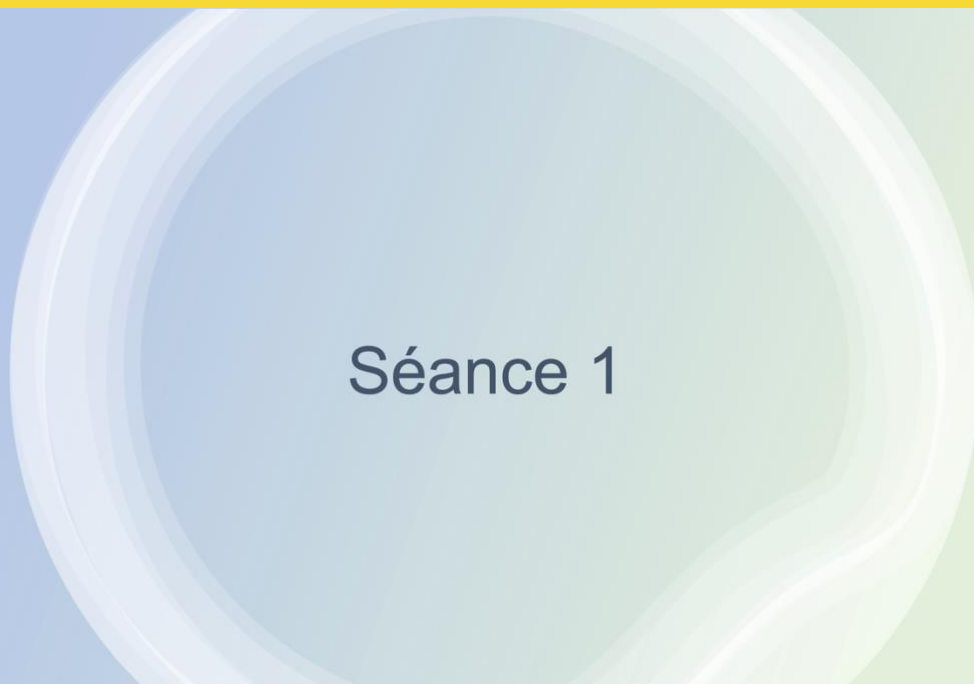
Comment penses-tu faire ?



Leçon 1



Séance 1





Quelques éléments de compréhension sur notre fonctionnement mental

- Au cours du temps, notre cerveau a développé des **automatismes** de pensée pour être plus efficace : cela nous permet de prendre des décisions rapidement sans avoir besoin de trop réfléchir.
- Nous essayons naturellement de trouver des régularités, des « **patterns** », des modèles. Cela nous aide à comprendre le monde. L'un de ces modèles est la relation de cause à effet, la causalité.

Exemple : Je constate que j'éprouve une sensation de douleur à chaque fois que je me cogne. Le choc est la cause de ma douleur. J'en déduis que je dois éviter de me cogner afin de ne pas ressentir de sensation de douleur.

- Cela fonctionne bien la plupart du temps mais pas toujours

Objectif : Comprendre ce qu'est le biais de corrélation-causalité pour mieux le contrôler

Savoirs et Vocabulaire :

- Qu'est-ce qu'une **variable** ?

- C'est ce qui n'est pas fixe, qui change, qui varie, qui évolue

- Qu'est-ce qu'une **corrélation** ?

- Quand deux variables évoluent ensemble (*soit elles augmentent en même temps, soit elles diminuent en même temps, soit l'une augmente en même temps que l'autre diminue...*)
- Quand deux événements sont liés

- Qu'est-ce qu'une **causalité** ?

- *Quand une variable agit directement sur l'autre*
- *Quand un événement est la cause de l'autre*

Attention : Ce n'est pas parce qu'il y a corrélation qu'il y a causalité !!

- Attitudes / Savoir-être

- Exercer notre **vigilance**  pour reconnaître quand le biais de corrélation-causalité est trompeur
- Reconnaître nos préjugés
- Faire preuve d'ouverture d'esprit

- Compétences / Savoir-faire

- Savoir reconnaître les fausses corrélations
- Savoir identifier un lien de cause à effet (quand une variable est la cause d'une autre / quand un événement est la cause d'un autre)

Correction du Prétest 1

2

Un journal a fait une enquête sur l'évolution de la hausse des températures et la consommation d'eau. On peut constater que les deux augmentent en même temps. Que peux-tu en déduire ? *



☐ On ne peut rien en déduire, on n'a pas assez d'information.
☐ On peut en déduire que la hausse des températures est la cause de l'augmentation de la consommation d'eau.
☐ On peut en déduire que l'augmentation de la consommation d'eau est la cause de la hausse des températures.

Nous avons ici deux causalités : les variables sont corrélées, c'est-à-dire qu'elles évoluent ensemble **et** que l'une est la cause de l'autre.

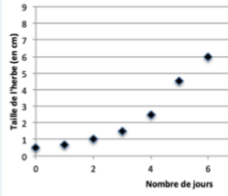
Attention à bien lire un graphique !

2

Voici un graphique.

On peut y lire la hauteur de l'herbe en fonction du nombre de jours qui passent.

Que peut-on déduire de ce graphique ? *



☐ Plus les jours passent, plus l'herbe pousse
☐ Plus l'herbe pousse, plus les jours passent
☐ Il n'y a pas de lien entre le nombre de jours qui passent et la taille de l'herbe

Ici on a deux **coïncidences** : les variables sont corrélées, c'est-à-dire qu'elles évoluent ensemble mais l'une n'est pas la cause de l'autre.

Elles évoluent de façon indépendante : ce n'est pas l'une qui fait changer l'autre.

3

Un journal a fait une enquête sur le lien entre la taille des enfants de 10 ans et le réchauffement climatique, en France.

La température a augmenté de 3 degrés entre 1910 et aujourd'hui.

La taille des enfants de 10 ans a augmenté de 9 cm entre 1910 et aujourd'hui.

On demande à trois personnes qui ont lu le journal de répondre à la question : pourquoi la taille des enfants a augmenté entre 1910 et aujourd'hui ?

Avec qui es-tu d'accord ? *



Aujourd'hui
+ 3 degrés
1910



Aujourd'hui
+ 9 cm
1910

☐ La première répond : Je pense que c'est la hausse des températures qui fait que les enfants sont plus grands aujourd'hui.

☐ La deuxième répond : Je pense qu'il n'y a pas vraiment de lien, il faudrait vérifier.

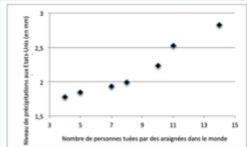
☐ La troisième répond : Je pense que c'est le fait que les enfants sont plus grands aujourd'hui qui fait que les températures augmentent.

4

Voici un graphique.

On peut y lire le nombre de personnes tuées par des araignées dans le monde en fonction du niveau des précipitations (pluie) aux États-Unis.

Que peux-tu déduire de ce graphique ? *



☐ Quand il pleut aux États-Unis, on a plus de risques de mourir d'une piqûre d'araignée partout dans le monde.

☐ Il ne semble pas y avoir de vrais liens entre le fait qu'il pleuve aux États-Unis et le risque de mourir d'une piqûre d'araignée partout dans le monde.

☐ Plus les gens meurent de piqûres d'araignées dans le monde et plus il pleut aux États-Unis.

Devoirs

Pour jeudi 5 octobre, essaie de trouver :

- Un exemple de **coïncidence** : 2 événements qui se produisent en même temps ou l'un après l'autre mais qui n'ont aucun lien entre eux.

(Pensez aux exemples discutés en classe : le nombre de morsures d'araignées dans le monde/la quantité de pluie aux USA ou l'augmentation de la taille des enfants/l'augmentation de la température)

- Un exemple de **corrélacion avec causalité** : 2 événements se produisent en même temps et l'un est la cause de l'autre.

OU 2 événements se produisent l'un après l'autre et le premier est la cause du second.

- Challenge : Peux-tu trouver un exemple de corrélation sans causalité ?



Séance 2

Rappel

- Quizz Vocabulaire (Formative)
- FRANÇAIS : **SBYT8H**
- ENGLISH : **24BGPR**

Question ouverte :

- Pourquoi est-ce important d'apprendre à reconnaître le biais de corrélation- causalité dans notre vie de tous les jours ?

- Ici on a des **causes cachées** : les deux variables sont corrélées mais l'une n'est pas la cause de l'autre.
- En fait c'est **une troisième variable** qui est la cause commune :
 - l'heure du coucher
 - l'âge des élèves

5

Un journal fait une enquête sur le lien entre jouer à des jeux et être fatigués au réveil. Trois personnes qui ont lu le journal proposent une explication pour répondre à la question : Pourquoi certains enfants sont-ils plus fatigués que d'autres ? *

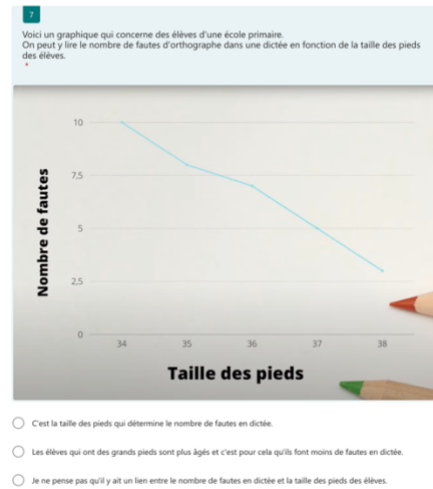
Des enfants de 8 ans dînent à 19h puis lisent un livre pendant 1h avant d'aller se coucher.

Au réveil, ils ne sont pas fatigués.

Des enfants de 8 ans dînent à 19h puis jouent pendant 3h avant d'aller se coucher.

Au réveil, ils sont fatigués.

☐ La première pense que les enfants qui jouent avant d'aller dormir sont plus fatigués que ceux qui lisent avant d'aller dormir.
☐ La deuxième ne voit pas le lien entre le fait de jouer avant d'aller se coucher et le fait d'être fatigué.
☐ La troisième pense que les enfants qui ont fait une activité pendant 3 heures sont plus fatigués que ceux qui ont fait une activité pendant 1 heure.



7

Un journal a fait une enquête sur le lien entre la taille et le fait d'être un joueur de basket professionnel.

On demande à trois personnes qui ont lu l'article de répondre à la question suivante : Pourquoi les joueurs de basket professionnels sont-ils plus grands que la moyenne des hommes ?

Avec qui es-tu d'accord ?

En moyenne, les hommes mesurent 1m75 en France.

Taille : 1m75
Homme moyen

Et les joueurs de basket de l'équipe de France mesurent en moyenne 2m.

Taille : 2m
Joueur de basket

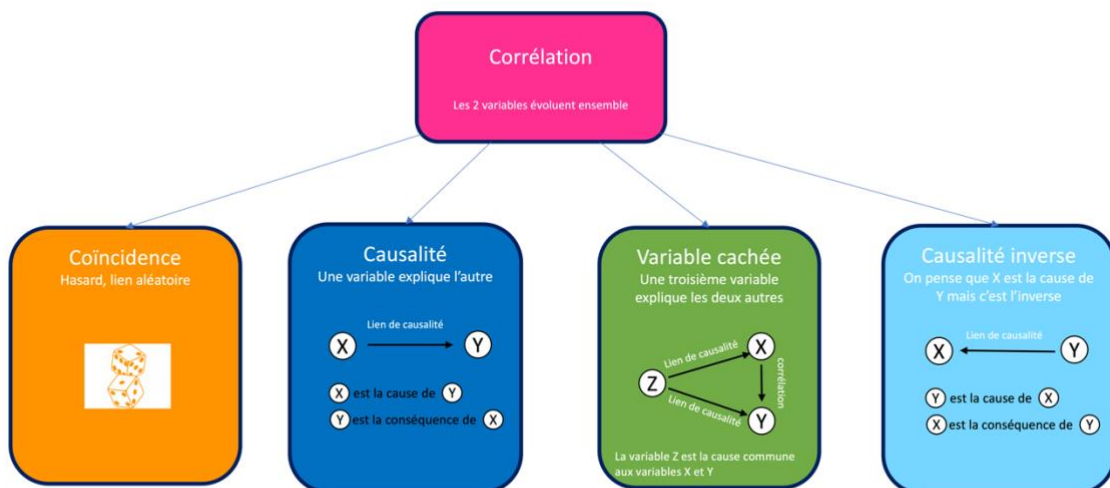
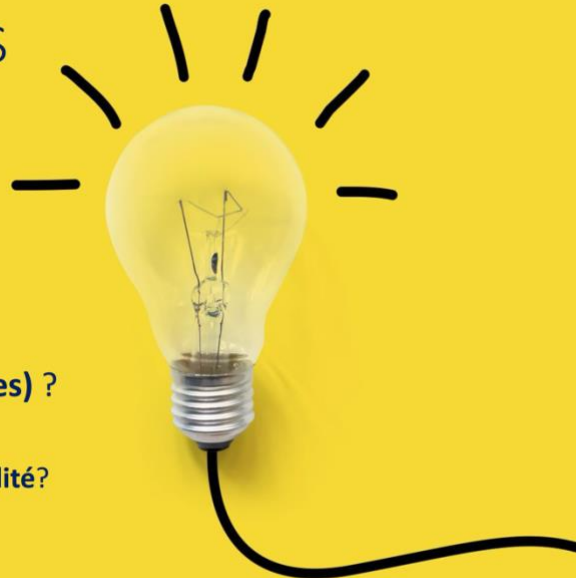
☐ La première personne répond que c'est parce que plus on joue au basket et plus on devient grand. Les basketteurs professionnels se sont beaucoup entraînés et ils sont donc plus grands que la moyenne.
☐ La deuxième personne répond qu'il n'y a pas de lien entre la taille et le fait d'être un bon basketteur.
☐ La troisième personne répond que être grand est un avantage au basket, et donc quand on est grand c'est plus facile de devenir une basketteur professionnel.

Ici, on a une **causalité inversée** :
 Ce n'est pas le fait de beaucoup jouer beaucoup et bien au basket (comme les basketteurs professionnels) qui est la cause de la grande taille.
 C'est la grande taille qui est la cause d'avoir plus de chance de devenir basketteur professionnel.

JE RETIENS

Quand j'ai l'impression qu'il y a un lien entre deux variables ou que deux évènements sont liés, j'exerce ma **vigilance**  en me posant des questions :

- Quelles sont les **variables** ?
- Ont-elles un **lien** (= sont-elles **corrélées**) ?
- Si oui :
 - L'une est-elle la cause de l'autre = **causalité** ?
 - S'agit-il d'une **coïncidence** ?
 - Y-a-t-il une **cause cachée** ?
 - S'agit-il d'une **causalité inversée** ?



Protocole expérimental



J'ai un rhume depuis trois jours. J'ai dormi avec mon bonnet et le lendemain j'étais guéri.e

J'en déduis que dormir avec un bonnet guérit les rhumes. Qu'en penses-tu ?

Variables :

- je guéris vite / je ne guéris pas vite
- je dors avec un bonnet / je dors sans bonnet

Biais de corrélation-causalité : Le port du bonnet est la cause de la guérison.

Je me renseigne : mon docteur me dit qu'un rhume guérit généralement tout seul en 3 jours.

➤ Pour en être sûr.e je peux mettre en place un **protocole d'expérimental** :

Je fais 2 groupes :

- 1 groupe enrhumé dort avec un bonnet
- 1 groupe enrhumé dort sans bonnet

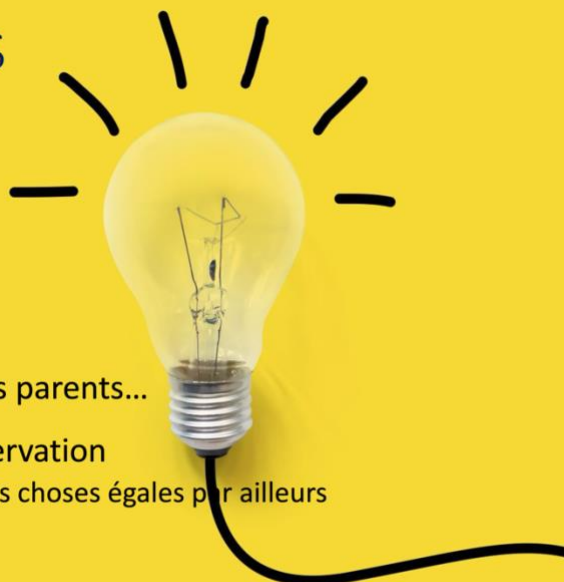
Je mesure à chaque fois le temps de guérison des membres de chaque groupe et j'observe si il y a une différence.

JE RETIENS

J'apprends à exercer ma vigilance.

En cas de doute, je peux :

- Chercher plus d'informations
- Demander conseil à un enseignant, mes parents...
- Utiliser un protocole scientifique d'observation
 - Je refais l'expérience plusieurs fois, à toutes choses égales p r ailleurs
 - Je fais un groupe contrôle
 - Je compare les deux groupes



Devoirs : Exerçons notre vigilance avec d'autres exemples

- Quelles sont les variables ?
- Pas de corrélation
- Corrélation
 - Causalité
 - Coïncidence
 - Cause cachée
 - Cause inverse

Showbie class : BQF8P

Rappel : les caractéristiques d'un penseur critique / d'une penseuse critique :

- . Rechercher la vérité
- . Être ouvert.e d'esprit
- . Être analytique
- . Être sensé.e, raisonnable