

Construction et validation d'échelles de mesure de l'activation cognitive pour le cours d'initiation scientifique auprès d'élèves de 5° et 6° année primaire de la région liégeoise

Auteur : Verstrepen, Marie-Francoise

Promoteur(s) : Dupont, Virginie

Faculté : Faculté de Psychologie, Logopédie et Sciences de l'Éducation

Diplôme : Master en sciences de l'éducation, à finalité spécialisée en formation des adultes

Année académique : 2020-2021

URI/URL : <http://hdl.handle.net/2268.2/13763>

Avertissement à l'attention des usagers :

Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.

Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.

Faculté de Psychologie, Logopédie et Sciences de l'Éducation

***Construction et validation d'échelles de mesure de l'activation cognitive
pour le cours d'initiation scientifique auprès d'élèves de 5^e et 6^e année
primaire de la région liégeoise***

Mémoire présenté par

Marie-Françoise VERSTREPEN

En vue de l'obtention du grade de
Master en Sciences de l'Éducation

Promotrice : Virginie DUPONT

Lectrices : Valérie QUITTRE
Amélie AUQUIÈRE

Année académique 2020-2021

Faculté de Psychologie, Logopédie et Sciences de l'Éducation

***Construction et validation d'échelles de mesure de l'activation cognitive
pour le cours d'initiation scientifique auprès d'élèves de 5^e et 6^e année
primaire de la région liégeoise***

Mémoire présenté par

Marie-Françoise VERSTREPEN

En vue de l'obtention du grade de
Master en Sciences de l'Éducation

Promotrice : Virginie DUPONT

Lectrices : Valérie QUITTRE
Amélie AUQUIÈRE

Année académique 2020-2021

REMERCIEMENTS

En préambule à ce mémoire, je souhaite adresser mes remerciements aux personnes qui m'ont accompagnées dans sa rédaction et son aboutissement.

À ma promotrice d'abord, Madame Virginie Dupont, pour le temps qu'elle m'a accordé, sa disponibilité, ses commentaires bienveillants et son soutien tout au long du travail qui a eu une durée inhabituelle.

Aux directions, aux enseignantes et aux élèves des écoles qui m'ont permis de collecter mes données.

Je remercie également Mesdames Valérie Quittre et Amélie Auquière d'avoir accepté d'être lectrices. Je remercie aussi Madame Jaegers pour son aide et la relecture des items.

Je remercie mon amie Françoise pour son implication et ses nombreuses relectures.

Enfin je tiens à remercier chaleureusement mes proches pour leur soutien précieux durant ces longs mois de travail, mon mari et mes enfants pour leur patience et leurs encouragements.

Table des matières

INTRODUCTION	1
FONDEMENTS THÉORIQUES	2
CHAPITRE 1 : L'activation cognitive.....	3
1. Mise en contexte	3
2. L'impact de l'activation cognitive sur les performances des élèves	5
3. Opérationnalisation du concept d'activation cognitive.....	6
3.1. Les caractéristiques de l'activation cognitive	7
3.2. Des échelles de mesure d'activation cognitives dans le domaine des mathématiques	9
4. Conclusions	13
CHAPITRE 2 : La démarche d'investigation en sciences	14
1. De quoi s'agit-il ?.....	14
2. Ses fondements didactiques pour l'apprentissage des sciences	15
3. Deux grands courants	16
3.1. Le courant anglophone.....	16
3.2. Le courant francophone	21
4. Les caractéristiques de chacune des étapes de la démarche d'investigation...	22
4.1. La première étape : appréhender une réalité complexe	24
4.2. La seconde étape : investiguer des pistes de recherche	26
4.3. La troisième étape : structurer les résultats, les communiquer, les valider et les synthétiser.....	28
5. La place de l'argumentation dans le processus d'apprentissage.....	29
5.1. L'argumentation pour faire émerger les conceptions et formuler la question de recherche.....	29
5.2. L'argumentation pour soutenir le changement conceptuel.....	30
5.3. La reformulation pour détecter l'erreur, source d'information pour dépasser l'obstacle	31
5.4. Le rôle de l'enseignant pour soutenir l'argumentation.....	32
6. Conclusion	33
CHAPITRE 3 : Mesurer l'activation cognitive en science	34
PARTIE PRATIQUE	38
CHAPITRE 4 : Question de recherche	39
CHAPITRE 5 : Méthodologie.....	40
1. Présentation générale	40
2. Élaboration du questionnaire de recherche	41

2.1. Présentation du questionnaire	41
2.2. Pré-test du questionnaire en laboratoires cognitifs	43
3. Description de l'échantillon	58
4. Récolte des données	59
CHAPITRE 6 : Présentation des résultats.....	60
1. Analyses statistiques pour l'évaluation des échelles de mesure	60
1.1. L'alpha de Cronbach.....	60
1.2. Analyse factorielle exploratoire.....	63
1.3. Zoom sur certains items	71
2. Conclusion des analyses statistiques.....	74
3. Validation des échelles de mesure d'activation cognitive	75
4. Résultats en termes de pratiques de classe.....	77
4.1. Mesure d'activation cognitive via des tâches stimulantes	78
4.2. Mesure d'activation cognitive via des pratiques discursives ou des échanges argumentatifs.....	78
CHAPITRE 7 : Discussion et conclusion	80
Bibliographie.....	84
Table des illustrations	89
Tables des figures.....	89
Table des Tableaux.....	89
Annexes.....	I
ANNEXE 1 : Extrait du programme d'éveil au cycle 4 de la Fédération de l'Enseignement Fondamental Catholique [FédeFoC].....	I
ANNEXE 2 : La démarche d'investigation raisonnée en sciences promulguée par les textes officiels français (Drouard, 2008, p.2.)	II
ANNEXE 3 : Items du questionnaire à l'attention des enseignants TIMSS 2015, repérés dans Teig, Scherer et Nilsen (2019).....	III
ANNEXE 4 : Questionnaire tel qu'il a été testé en laboratoires cognitifs	V
ANNEXE 5 : Compte rendu des laboratoires cognitifs	VII
ANNEXE 6 : Tableau synthétique des modifications apportées au questionnaire initial.....	XLV
ANNEXE 7 : Questionnaire final soumis à l'échantillon	XLVIII
ANNEXE 8 : Questionnaire avec répartition des items en deux sous-dimensions	LI
ANNEXE 9 : Données brutes des coefficients de corrélation pour l'échelle d'activation cognitive générale.....	LII
ANNEXE 10 : Données brutes des coefficients de corrélation pour l'échelle d'activation cognitive spécifique à la démarche d'investigation	LIV

ANNEXE 11 : Données brutes des coefficients de corrélation pour les 3 échelles d'activation cognitive finales	LVI
--	-----

INTRODUCTION

Selon Klieme et ses collaborateurs (2006 ; 2009), l'efficacité de l'enseignement repose sur trois piliers fondamentaux : la gestion de la classe, un climat soutenant et, l'activation cognitive qui relève de tâches exigeantes et stimulantes sur le plan cognitif. Ces auteurs ont principalement développé une mesure de l'activation cognitive pour le cours de mathématiques et leurs analyses révèlent que l'activation cognitive favorise les progrès des élèves dans ce domaine (Lipowsky, Rakoczy, Pauli, Drollinger-Vette, Klieme et Reuser, 2009). Par ailleurs, ce concept pourrait s'appliquer à d'autres disciplines scolaires avec succès (Hamre, Pianta, Mashburn et Downer, 2007, cités par Fauth, Decristan, Rieser, Klieme et Buttner, 2014, p. 2).

Dans la littérature francophone, quel que soit le domaine d'apprentissage, une échelle d'un tel concept reste peu connue, ce qui fonde l'intérêt de notre recherche. Dès lors, ce mémoire a pour objectif le développement et la validation d'échelles qui visent à mesurer les perceptions qu'ont les élèves de 5^e et 6^e primaire de l'activation cognitive suscitée lors des activités d'apprentissage menées par leur enseignant au cours d'initiation scientifique.

Dans la première partie intitulée « Fondements théoriques », l'activation cognitive sera contextualisée dans l'ensemble du modèle tridimensionnel de Klieme, Pauli et Reusser (2009). Ensuite, elle sera caractérisée à la lumière des théories qui ont orienté l'élaboration des échelles conçues pour la mesurer dans le domaine des mathématiques. Par ailleurs, la démarche scientifique utilisée dans l'enseignement des sciences par investigation, sera développée. Il s'agira de détailler les dimensions de cette approche pédagogique soutenue par les référentiels de la Fédération Wallonie-Bruxelles afin de pouvoir opérationnaliser le concept d'activation cognitive dans le domaine de l'apprentissage des sciences, au cycle 4, en FWB, en particulier.

Ensuite, la partie « pratique », explicitera la manière dont a été élaboré un questionnaire d'abord prétesté auprès d'un petit échantillon d'élève puis, diffusé auprès de 250 élèves de 5^e et 6^e année primaire afin de mesurer leur perception de l'activation cognitive mise en place par leur enseignant d'initiation scientifique. Le dispositif de collecte et d'encodage sera également décrit ainsi que les analyses réalisées pour évaluer les qualités psychométriques des échelles. Enfin, les résultats feront l'objet d'une discussion dans le dernier chapitre de ce mémoire.

FONDEMENTS THÉORIQUES

CHAPITRE 1 : L'activation cognitive

1. Mise en contexte

Notre recherche se base sur le concept d'activation cognitive qui est l'un des piliers du modèle tridimensionnel de Klieme et al. (2009). Afin d'expliquer le cadre dans lequel on parle d'activation, nous commencerons notre revue de littérature par la description de ce modèle.

Selon Klieme et ses collaborateurs (2009), **l'efficacité de l'enseignement repose sur trois piliers fondamentaux** : la gestion de la classe qui doit être claire et structurée, un climat de classe favorable et centré sur l'élève ainsi que l'activation cognitive via des contenus stimulants au point de vue cognitif.

Le premier pilier, la gestion de classe est principalement sous le contrôle de l'enseignant. En effet, afin d'optimiser sa **gestion de classe**, celui-ci peut adopter certains comportements tels qu'établir des routines, clarifier les règles et les objectifs d'apprentissage, maintenir la discipline ou encore, prévenir ou gérer instantanément tout obstacle au bon déroulement des activités. Selon Klieme et al. (2009), une gestion efficace de la classe avec peu de comportements perturbateurs des élèves a un effet significatif sur les deux autres piliers du modèle : le climat de classe et l'activation cognitive. C'est ainsi qu'une bonne gestion de classe peut être considérée comme structurante et soutenir le maintien de l'attention des élèves sur l'objet d'apprentissage, pour plus d'efficacité.

Le second pilier qui consiste à instaurer un **climat de classe** favorable dépend surtout de la relation positive que l'enseignant va entretenir avec chaque élève. À ce titre, il est donc principalement centré sur l'élève. Ce sont les marques de soutien que l'enseignant va témoigner aux élèves qui vont déterminer la qualité du climat de classe. Par exemple, des feedbacks individuels, positifs et constructifs, une approche positive des erreurs conceptuelles et une attitude bienveillante contribuent à évoluer dans un climat de classe favorable et soutenant.

Klieme et ses collègues ont combiné ce second pilier à leur modèle tridimensionnel en s'inspirant de la théorie de l'autodétermination de Deci & Ryan (2000) qui fait état des trois besoins psychologiques fondamentaux de l'apprenant :

- Le besoin d'autonomie : l'élève doit sentir qu'il peut faire des choix et qu'il jouit d'une certaine liberté quant à la stratégie à adopter pour résoudre un problème, par exemple.
- Le besoin de compétence : l'élève doit se sentir capable de réaliser la tâche proposée et de relever des défis.
- Le besoin d'affiliation : l'élève doit sentir qu'il fait partie d'une communauté dans laquelle il est relié aux autres apprenants et à son enseignant.

Deci & Ryan (2000) partent du postulat qu'un enseignement qui rencontre ces trois besoins fondamentaux peut notamment augmenter la motivation à apprendre et stimuler la compréhension conceptuelle d'une matière (Lafontaine, 2020).

Le troisième pilier est celui de **l'activation cognitive** via des contenus stimulants qui suscitent des conflits (socio-) cognitifs. Il s'agit d'un enseignement qui vise une compréhension en profondeur des concepts. Pour cela, l'enseignant va proposer des tâches défis dans la ZPD¹ des élèves, les amener à travailler à un niveau métacognitif et, les inviter à comparer leurs stratégies pour résoudre des problèmes. Ce sont les travaux de Piaget sur le constructivisme cognitif et de Vygotsky sur le socioconstructivisme qui ont considérablement influencé ce concept d'activation cognitive qui soutient les élèves dans la construction de leurs connaissances.

Ce modèle théorique retient toute notre attention car il fait l'objet d'un large consensus dans la communauté scientifique anglo-saxonne (Lafontaine, 2020). De surcroît, il est intégrateur à plus d'un titre. D'abord, parce qu'il combine les acquis de différents paradigmes de recherche et ensuite parce que c'est bien la combinaison des trois piliers qui fait qu'un enseignement peut être considéré comme étant de qualité. En effet, dans une classe peu structurée, il paraît difficile d'engager les élèves dans des activités qui suscitent l'activation cognitive et donc, l'un ne va pas sans l'autre. Aussi, tout au long de notre recherche, même si nous nous focaliserons principalement sur l'activation cognitive, nous devons constamment la considérer comme étant dépendante des autres piliers du modèle tridimensionnel de Klieme et al. (2009).

¹ ZPD= Zone Proximale de Développement, concept-clé développé par Vygotsky (socio-constructivisme)

2. L'impact de l'activation cognitive sur les performances des élèves

Afin de mesurer l'impact des trois dimensions fondamentales du modèle de Klieme et al. (2009) sur la compréhension d'un concept mathématique, Lypowsky, Rakoczy, Pauli, Drollinger-Vetter, Klieme et Reusser (2009), ont mené une recherche quasi expérimentale fondée sur des observations filmées. L'échantillon était constitué de 38 classes allemandes et suisses avec des élèves dont l'âge moyen était légèrement inférieur à 15 ans. En ce qui concerne l'activation cognitive, cette étude confirme qu'elle a un effet sur les performances en mathématiques. Les auteurs expliquent « qu'un niveau d'instruction stimulant les capacités cognitives des élèves stimule l'engagement avec le contenu et conduit ainsi à une compréhension plus approfondie du contenu mathématique » (p. 8). Cependant, ces résultats montrent aussi que les progrès des élèves sont corrélés avec leur intérêt pour le domaine des mathématiques et donc, que l'activation cognitive ne profiterait pas de la même manière à tous les élèves.

Cette conclusion fait l'objet d'une hypothèse de l'étude longitudinale menée en Allemagne dans le cadre de Pisa 2003, par Atlay, Tieben, Hilmmert et Fauth (2019). Ces chercheurs ont récolté des données auprès de 194 classes, soit 3738 élèves du grade 9 suivis ensuite au grade 10 avec le même professeur, pour tenter de mesurer l'impact des 3 piliers de la qualité de l'enseignement sur les inégalités sociales de réussite. Et en effet, cette hypothèse est confirmée : l'activation cognitive profite davantage aux élèves favorisés. Elle aurait donc tendance à augmenter les inégalités sociales. Cependant, les auteurs concluent ainsi :

« Ces résultats ne suggèrent en aucun cas qu'une approche telle que l'activation cognitive devrait être abandonnée par les enseignants. Il est important d'être conscient que les étudiants issus de milieux socio-économiques défavorisés ne sont pas toujours à l'aise avec certaines méthodes en classe. Dans ce cas, offrir une préparation spécifique aux étudiants issus de milieux socio-économiques défavorisés peut améliorer leurs résultats en mathématiques [...] La combinaison de méthodes d'activation cognitive avec un soutien individuel adapté peut être un moyen d'atteindre simultanément "l'équité et l'excellence" dans l'éducation. » (Atlay et al. ,2019, p.8).

Ces propos confirment que c'est en combinant les piliers entre eux plutôt qu'en les considérant séparément qu'il est possible de viser une meilleure qualité de l'enseignement. D'ailleurs, cette étude confirme que la gestion de la classe a un effet significatif sur les résultats des élèves étant donné que :

« [...] les élèves des classes dans lesquelles les enseignants empêchaient efficacement les perturbations, minimisaient le gaspillage de temps d'apprentissage et, instaurent un climat structuré et disciplinaire, obtenaient de meilleurs résultats au test de réussite en mathématiques que les élèves des classes dont les enseignants n'étaient pas aussi efficaces à cet égard. » (Atlay et al., 2019, p.5).

Dès lors, une bonne gestion de la classe est une condition nécessaire à la mise en place de l'activation cognitive. Ces deux piliers étant également tributaires du climat favorable, c'est bien la combinaison de ces 3 piliers qui fera la qualité de l'enseignement (Lafontaine, 2020).

Par ailleurs, l'impact de l'activation cognitive sur l'engagement et les performances des élèves met en évidence l'intérêt d'étudier plus spécifiquement cette dimension afin d'en maîtriser davantage les tenants et les aboutissants. C'est ce que nous allons tenter de faire dans les paragraphes suivants via l'opérationnalisation du concept d'activation cognitive.

3. Opérationnalisation du concept d'activation cognitive

Opérationnaliser un concept revient à le rendre observable et mesurable. Souvent, une définition du concept facilite cette opérationnalisation. Cependant, nous n'avons pas trouvé de définition de l'activation cognitive dans la littérature scientifique. Généralement, les auteurs la contextualisent et en donnent quelques caractéristiques en fonction de leurs observations ou de leur champ de recherche. C'est donc principalement sur ces caractéristiques que nous fonderons notre opérationnalisation du concept d'activation cognitive.

3.1. Les caractéristiques de l'activation cognitive

Dans le cadre de leurs recherches, Klieme et ses collègues ont développé une mesure de l'activation cognitive sur base, notamment, des travaux de Mayer (2004) qui étudient les aspects d'une réelle activité cognitive cohérente avec une vision constructiviste de l'apprentissage. En effet, l'élève a besoin de dépasser la simple mise en activité pour construire ses connaissances car comprendre les concepts en profondeur implique une activité cognitive de l'apprenant (Mayer, 2004).

C'est ainsi que pour soutenir un niveau d'activation cognitive optimal au sein de la classe, **la nature de la tâche proposée aux élèves a toute son importance**. Elle doit être suffisamment complexe, ouverte et stimulante sur le plan cognitif pour permettre aux élèves de s'engager activement dans le sujet (Klieme, Lipowsky, Rakoczy et Ratska, 2006 ; Lipowsky et al., 2009).

Elle doit tenir compte et s'appuyer sur les connaissances préalables des apprenants pour les pousser à remettre leurs croyances en question (Baumert, Kunter, Blum, Brunner, Voss, Jordan, Klusmann, Krauss, Neubrand et Tsai, 2010).

Enfin, cette tâche doit susciter des échanges argumentatifs avec l'enseignant et entre les élèves qui sont amenés à justifier leurs stratégies voire, à apporter des preuves du bienfondé de leur raisonnement pour résoudre la tâche en question (Baumert et al., 2010 ; Klieme et al., 2006 ; Lipowsky et al., 2009).

Les caractéristiques principales des tâches qui suscitent l'activation cognitive sont détaillées ci-dessous afin d'en explorer toutes les subtilités.

3.1.1. Le caractère complexe, ouvert et stimulant de la tâche proposée

Une tâche est dite complexe, ouverte et stimulante dès lors qu'elle est **exigeante d'un point de vue cognitif**, qu'elle ne se limite pas à une seule voie de résolution possible et, qu'elle suscite l'intérêt des apprenants parce qu'elle représente un défi ou qu'elle leur paraît utile et significative (Klieme et al., 2006 ; Lipowsky et al., 2009). Une tâche de ce type se distingue d'une simple application des acquis ou d'une transmission de savoirs dans ce sens où c'est une tâche pour laquelle l'apprenant n'a pas encore automatisé les différentes procédures de base, utiles à sa réalisation. C'est via des tâches stimulantes, proposées à une cadence adéquate, que les élèves vont s'engager en classe pour construire efficacement leurs connaissances (Praetorius et al.,

2018). A contrario, une tâche apparemment complexe et stimulante risque de ne déclencher aucune activation cognitive si l'enseignant valide ou non les propositions des élèves sans les pousser à le faire par eux-mêmes ou, s'il omet de les encourager à explorer d'autres solutions (Baumert et al., 2010). Le soutien de l'enseignant dans les activités d'apprentissage est donc fondamental pour obtenir une compréhension en profondeur des concepts via des conflits cognitifs et le développement des compétences métacognitives de l'élève (Lipowsky et al., 2009).

3.1.2. Proposer des tâches qui s'appuient sur les connaissances préalables

L'intérêt de proposer **une tâche qui s'appuie sur les connaissances préalables** des élèves est de les activer **pour les faire évoluer**, les remettre en question (Baumert et al., 2010) et favoriser une réflexion de haut niveau (Praetorius, Pauli, Reusser, Rakoczy et Klieme, 2014). Lipowsky et al. (2009) parlent de « soutenir le changement conceptuel » (p. 6) et relèvent à nouveau l'importance du rôle de l'enseignant dans cette démarche puisqu'il peut augmenter la probabilité d'activation cognitive en établissant un lien entre le nouveau contenu et les connaissances antérieures de ses élèves.

C'est également dans ce cadre que l'erreur est considérée comme une opportunité d'apprentissage (Klieme et al., 2006).

3.1.3. Proposer des tâches qui suscitent des échanges argumentatifs

Une tâche qui suscite des échanges argumentatifs est orientée sur le processus qui vise la compréhension conceptuelle **en soutenant** chez les élèves, un **discours lié au contenu d'apprentissage** (Lipowsky et al., 2009). En effet, Les élèves qui peuvent justifier leurs réponses montrent qu'ils ont pu s'engager dans un processus de réflexion de haut niveau qui conditionne l'activation cognitive (Praetorius et al., 2018). Par ailleurs, les élèves qui participent activement aux discussions en classe stimulent leur traitement cognitif au service d'une réelle compréhension conceptuelle (Walshaw et Anthony, 2008, cités par Atlay et al., 2019, p. 2).

3.1.4. Le rôle de l'enseignant

Au-delà de la nature de la tâche proposée, le niveau d'activation cognitive dépend aussi fortement de la posture que l'enseignant va adopter au sein de la classe

car, « La troisième dimension, l'activation cognitive se concentre sur l'aide de l'enseignant à l'engagement des étudiants dans la réflexion de haut niveau » (Klieme et al., 2009 ; Lipowsky et al., 2009 ; Brophy, 2000 ; Hiebert et Grouws, 2007 ; Mayer, 2004 ; Reusser, 2006, cités par Praetorius et al., 2014, p. 3). En effet, une tâche qui s'inscrit dans la zone proximale de développement ²stimule une réflexion de niveau plus élevé chez l'apprenant (Praetorius et al., 2014).

3.2. Des échelles de mesure d'activation cognitives dans le domaine des mathématiques

Pour déterminer comment les élèves perçoivent l'activation cognitive, Rakoczy, Buff et Lipowsky (2005) ont élaboré des échelles d'évaluations pour lesquelles les élèves devaient indiquer leur degré d'accord sur une échelle de Likert à quatre échelons et ce, juste après avoir vécu une série de trois activités filmées en classe. Celles-ci avaient pour sujet le théorème de Pythagore.

Parmi les 11 items de cette échelle, la plupart visent à mesurer le niveau de compréhension des élèves quant aux explications de l'enseignant ou aux différentes étapes de résolution du problème (Lipowsky et al., 2009). Cet objectif de compréhension est capital, au même titre que celui de maintenir l'attention et la motivation des élèves car ces trois objectifs éducatifs, lorsqu'ils sont atteints, constituent les bases de l'enseignement et de l'apprentissage, au-delà de la matière enseignée (Diederich et Tenorth, 1997, cités par Praetorius et al., 2018, p. 3). En effet, c'est en s'appuyant sur sa **compréhension des concepts** et des règles de base que l'élève sera à même de suivre les explications qui lui permettront ensuite de développer son raisonnement par lui-même (Praetorius et al., 2018).

Par ailleurs, d'autres items de cette échelle explorent l'apparition de liens explicites qui se tisseraient entre les connaissances préalables et les nouvelles découvertes qui les feraient évoluer ou qui permettraient de réinvestir les nouveaux acquis dans d'autres situations « [...] à partir des explications de l'enseignant, j'ai imaginé mon propre exemple. » ³; « [...] j'ai réfléchi à la façon de mémoriser cette nouvelle

² Définition de la zone proximale de développement (ZPD) : « différence entre le niveau de résolution de problèmes sous la direction et avec l'aide d'adultes et celui atteint seul » (Vygotsky, 1935/1985, p.108, cité par Allal, 2002, p.86)

³ « [...] habe ich mir bei der Erklärung der Lehrerin ein eigenes Beispiel vorgestellt. »

*matière. »*⁴; « [...] j'ai réfléchi à d'autres circonstances où je pourrais appliquer la nouvelle formule/règle. »⁵.

Un item en particulier fait clairement référence à l'aspect de la tâche qui suscite des échanges argumentatifs : « [...] j'ai bien participé à la discussion sur la résolution des tâches. »⁶ Cependant, il est difficile dans cette échelle d'identifier des items qui illustrent le caractère complexe, ouvert et stimulant de la tâche. Dans cette étude longitudinale menée par Klieme et son équipe, les chercheurs se sont appuyés sur des **observations en classe** pour évaluer dans quelle mesure les enseignants proposaient des activités ouvertes et stimulantes, qui demandaient une certaine réflexion de la part de l'élève (Lipowsky et al., 2009).

L'étude de Atlay, Tieben, Hilmer et Fauth (2019) mesure par contre l'activation cognitive en ciblant davantage le caractère complexe, ouvert et stimulant de la tâche proposée au cours de mathématique.

Les 16 items de l'échelle proposée aux élèves de 15 ans sont explicitement consacrés à la perception des élèves quant à la nature de la tâche et à leur sentiment d'autonomie pour la résoudre. Des items tels que « *Notre professeur de mathématiques pose des questions auxquelles on ne peut pas répondre spontanément, mais qui nécessitent une réflexion plus approfondie.* »⁷; [...] *attribue des tâches qui ne demandent pas seulement de calculer mais aussi de trouver la bonne approche.* »⁸; [...] *assigne des tâches pour lesquelles on a besoin de temps et de réflexion supplémentaire.* »⁹; [...] *assigne des tâches variées, de sorte que l'on puisse reconnaître ce que l'on a compris.* »¹⁰; [...] *attribue des tâches pour lesquelles on devrait trouver plus d'une solution.* »¹¹, etc. », nous laissent supposer qu'il est question de tâches complexes et ouvertes qui nécessitent un haut niveau de pensée avec des capacités de réflexion assez élevées (Lipowsky et al., 2009).

⁴ « [...] habe ich überlegt, wie ich mir den neuen Stoff einprägen könnte. »

⁵ « [...] habe ich überlegt, wo ich die neue Formel/Regel auch noch anwenden könnte. »

⁶ « [...] bin ich bei der Besprechung der Aufgaben gut mitgekommen. »

⁷ « Our math teacher asks questions, which cannot be answered spontaneously, but requires further thinking. »

⁸ « [...] assigns tasks which not only require calculation but also finding the correct approach. »

⁹ « [...] assigns tasks for which one needs time and further thinking. »

¹⁰ « [...] assigns varying tasks, so that one recognizes what s/he understood. »

¹¹ « [...] assigns tasks for which one should come up with more than one solution. »

Par ailleurs, quelques items tels que « *Au cours de mathématiques, [...] nous faisons des exercices pour lesquels nous utilisons souvent des choses que nous avons apprises auparavant* ¹² ; [...] *nous avons des tâches avec lesquelles nous pouvons voir si nous avons vraiment compris le concept.* ¹³ » mesurent aussi le fait que pour résoudre la tâche, il est nécessaire de mobiliser des connaissances antérieures qu'il est utile de questionner en cours d'apprentissage en les réinvestissant régulièrement dans de nouvelles situations.

Avec le sentiment d'autonomie, la place de l'erreur dans l'apprentissage est aussi considérée comme le suggère l'item suivant : « *Notre professeur de mathématiques accepte parfois nos erreurs et nous permet de continuer jusqu'à ce que nous remarquions que quelque chose ne va pas* ¹⁴. »

Enfin, dans cette échelle, deux items ont clairement trait à la pratique discursive exigée au service de l'activation cognitive pour le changement conceptuel : « *Notre professeur de mathématiques nous permet souvent d'expliquer pleinement nos façons de penser* ¹⁵ ; [...] *nous oblige souvent à justifier en détail les étapes de notre travail.* ¹⁶ »

Conscients qu'opérationnaliser la qualité de l'enseignement n'est pas chose aisée et que certaines nuances apparaissent selon les auteurs, Praetorius et ses collègues (2018) ont utilisé Education Resources Information Center (ERIC), une base de données bibliographiques spécialisée dans le domaine de l'éducation, pour tenter d'avoir un aperçu général des études en cours sur les dimensions de la qualité de l'enseignement.

Ainsi, sept sous-dimensions de 2 à 3 items ont été identifiées en ce qui concerne l'activation cognitive : « Challenging tasks and questions ; Exploring and activating prior knowledge ; Exploration of the students' ways of thinking/ elicit student thinking; Receptive/transmissive understanding of learning of the teacher (negative indicator);

¹² « [...] we do exercises for which we often use things that we learned before. »

¹³ « [...] we have tasks with which we can see if we really understood the concept. »

¹⁴ « Our math teacher sometimes accepts our mistakes and allows us to go on until we notice that something is not right. »

¹⁵ « Our math teacher often allows us to fully explain our ways of thinking. »

¹⁶ « [...] often requires us to justify the steps of our work in detail. »

Discursive and co-constructive learning; Genetic-socratic teaching; Supporting metacognition » (Praetorius et al., 2018, Annexe B).

Parmi ces sous-dimensions, la plupart ont été mesurées via des observations en classe ou à l'aide de leçons filmées et décryptées par des observateurs extérieurs.

Les sous-dimensions qui ont également été mesurées d'après la perception des élèves restent quasi identiques mais se précisent. C'est le cas de la sous-dimension intitulée « *Tâches et questions stimulantes* ¹⁷ ». Outre la tâche, c'est le type de questionnement de l'enseignant qui doit être stimulant cognitivement comme l'illustre l'item suivant : « *L'enseignant pose des questions ouvertes qui stimulent la réflexion* ¹⁸ ».

Par ailleurs, le fait de susciter la réflexion de l'élève est à nouveau mesuré dans une autre sous-échelle avec des indicateurs tels que : « *L'enseignant demande aux élèves leur processus de réflexion lorsqu'ils ont des difficultés de compréhension.* ¹⁹ » ; « *L'enseignant essaie de comprendre la façon de penser des élèves en leur demandant comment ils sont arrivés à certaines réponses.* ²⁰ » ; « *L'enseignant demande aux élèves de trouver des explications supplémentaires pour leurs réponses.* ²¹ ». Ces items s'avèrent utiles pour savoir dans quelle mesure l'enseignant prendrait une posture de guide auprès de l'élève pour le soutenir dans sa démarche. Par contre, dans cette étude, les items qui concernent l'autonomie d'apprentissage de l'élève et le statut de l'erreur ont été utilisés pour mesurer le climat de soutien, autre pilier d'un enseignement de qualité du modèle de Klieme et al., (2006).

Enfin, un indicateur négatif de l'activation cognitive fait son apparition. Il concerne le caractère transmissif de l'enseignement avec des propositions qui pourraient inspirer des items inversés : « *L'enseignant impose la manière exacte dont les tâches doivent être résolues.* ²² » ; « *L'enseignant pose des questions par petites étapes (par exemple, des questions qui n'exigent que des réponses d'un mot).* ²³ »

¹⁷ « Challenging tasks and questions »

¹⁸ « The teacher poses open questions which stimulate contemplation »

¹⁹ « The teacher asks students for their thinking processes when they have difficulties understanding »

²⁰ « The teacher tries to understand the students' ways of thinking by asking how they came to certain answers »

²¹ « The teacher asks students to find further explanations for their answers »

²² « The teacher prescribes how exactly tasks have to be solved »

²³ « The teacher asks small step questions (e.g., questions that require only one word answers) »

4. Conclusions

Dans leur modèle intégrateur, au même titre que la gestion de classe et le climat favorable, Klieme et son équipe désignent donc l'activation cognitive comme l'un des trois piliers fondamentaux d'un enseignement efficace qui vise à favoriser la compréhension conceptuelle au service de meilleures performances (Klieme et al., 2006 ; Klieme et al., 2009 ; Lipowsky et al., 2009 ; Praetorius, Klieme, Herbert et Pinger, 2018).

À notre connaissance il n'existe pas de définition de l'activation cognitive. Cependant, dans la mesure où elle trouve ses fondements dans le constructivisme, il est possible de la caractériser à la lumière de cette théorie de la connaissance. Aussi, les chercheurs observent que les enseignants favorisent l'activation cognitive lorsqu'ils accompagnent leurs élèves dans la réalisation de tâches complexes qui s'appuient sur leurs connaissances préalables dans le but de les faire évoluer. Par ailleurs, en suscitant des pratiques discursives et argumentatives au sujet du contenu d'apprentissage en classe, les enseignants stimulent les élèves à s'engager activement dans la construction de connaissances élaborées.

Le concept d'activation cognitive a été développé principalement dans des classes de secondaire, dans le domaine des mathématiques (Baumert et al., 2010). Cependant, selon de nombreux auteurs (Fauth et al., 2014 ; Praetorius et al., 2018 ; Teig, Scherer, & Nilsen, 2019), il est applicable à d'autres niveaux d'études et dans d'autres domaines d'apprentissage, celui des sciences, notamment.

Dans le chapitre suivant, nous tenterons d'identifier les différents aspects qui caractérisent l'activation cognitive dans le domaine des sciences en général et dans celui de la démarche d'investigation en particulier.

CHAPITRE 2 : La démarche d'investigation en sciences

1. De quoi s'agit-il ?

La démarche d'investigation également appelée démarche scientifique est la méthode de recherche utilisée par tout scientifique qui doit résoudre un problème ou donner une réponse explicative à une question.

Dans le champ scolaire, la démarche d'investigation est l'approche pédagogique recommandée depuis les années 2000 par les référentiels de la plupart des pays tant au niveau primaire qu'au niveau secondaire pour l'enseignement-apprentissage des sciences (Orange, 2009).

Dans les pays anglo-saxons, on parle d'enquête (Inquiry) pour désigner le concept d'investigation et donc, plus largement, d'« Inquiry-Based Science Education », (IBSE).

La démarche d'investigation fait l'objet de diverses définitions dont celle-ci, régulièrement citée par les chercheurs en didactique des sciences :

« Par définition, une investigation est un processus intentionnel de diagnostic des problèmes, de critique des expériences réalisées, de distinction entre les alternatives possibles, de planification des recherches, de recherche d'hypothèses, de recherche d'informations, de constructions de modèles, de débat avec des pairs et de formulation d'arguments cohérents. » (Linn, Davis et Bell (2004, p.4) cités par Cariou 2015 ; Coquidé et al., 2009 ; Hersant et Orange-Ravachol, 2015)

La démarche d'investigation est fondée sur l'épistémologie des sciences, c'est-à-dire sur la manière dont se construisent les nouvelles connaissances scientifiques, la façon de concevoir les sciences et les méthodes de travail des chercheurs en général. L'objectif poursuivi par cette approche pédagogique est de développer la réflexion scientifique de l'élève, d'en faire un scientifique en herbe, curieux et motivé par la recherche et l'élaboration de modèles explicatifs « qui disent non seulement comment le monde est organisé mais aussi pourquoi il ne peut en être autrement » (Orange, 2009, p. 197).

« L'investigation, comme mise en situation de recherche de l'élève [...] s'inscrit dans une tradition pédagogique issue de Dewey, Bruner, Wallon, Freinet, Piaget, où l'élève est actif » (Coquidé et al., 2009, p.57). C'est donc par l'action que l'élève va construire ses connaissances. Cependant, il n'est pas question d'agir gratuitement. Dans cette perspective, « l'enseignant crée les conditions pédagogiques pour stimuler les activités de l'élève et ainsi, l'amener à résoudre les problèmes auxquels il sera confronté. » (Coquidé et al., 2009, p.59).

C'est dans cet ordre d'idées que, l'Arrêté du Gouvernement de la Communauté française déterminant les compétences terminales et savoirs requis à l'issue de la section de transition des humanités générales et technologiques en mathématiques, en sciences de base et en sciences générales (FW-B, 2014), définit la démarche d'investigation, en considérant la classe comme une communauté scientifique active et, en précisant le rôle de l'enseignant :

« Cette démarche est un processus au cours duquel, les élèves ont l'occasion de pratiquer soit l'observation, l'expérimentation, le débat ou encore la consultation de documents ou d'experts. Ils élaborent alors, sous la direction de l'enseignant, des réponses à des questions de recherche et construisent leur propre compréhension de concepts scientifiques. » (FW-B, 2014, p. 12)

2. Ses fondements didactiques pour l'apprentissage des sciences

L'enseignement-apprentissage des sciences basé sur la démarche d'investigation préconisé par les textes officiels rompt avec une culture transmissive de l'objet du savoir en classe de sciences (Bächtold, 2012). « Il s'agit de laisser plus d'autonomie aux élèves en proposant des tâches plus ouvertes et des activités de plus haut niveau cognitif » (Boilevin, 2013, p. 237). La mise en place de tâches inspirées du mouvement « Hands'on minds on »²⁴ sont ainsi recommandées dans les classes pour faire en sorte que l'élève s'engage réellement dans une recherche stimulante. Ces activités permettent de rendre les élèves actifs, tant physiquement, par la manipulation qu'intellectuellement puisqu'ils sont amenés à se questionner face à une problématique, à émettre des hypothèses et à investiguer pour établir de nouvelles connaissances. « Ce cheminement intellectuel suivi par les élèves est supposé leur permettre de « construire » eux-mêmes les connaissances scientifiques » (Bächtold,

²⁴ Traduit en français par « La main à la pâte ».

2012, p. 3). Finalement, c'est parce que la démarche d'investigation est censée permettre à l'élève de construire ses connaissances scientifiques qu'elle est considérée comme « constructiviste ».

Étant donné que le constructivisme est une théorie de la connaissance et que la démarche d'investigation est une approche pédagogique, nous devons admettre que la transposition de la théorie de la connaissance à l'approche pédagogique n'est pas directe. Dès lors, la démarche d'investigation ne rend pas transparentes les stratégies didactiques efficaces, ce qui peut être source de difficulté pour les enseignants amenés à concevoir leur dispositif d'enseignement-apprentissage avec la démarche d'investigation (Hindryckx & Quittre, 2019).

Dans les prochains paragraphes, à la lumière de la littérature anglophone et de la littérature francophone, nous allons tenter d'identifier les conditions nécessaires à l'activation cognitive dans l'apprentissage par investigation au cours de sciences.

3. Deux grands courants

3.1. Le courant anglophone

Aux États-Unis, en 1996, le National Research Council [NRC] publie les « normes nationales d'enseignement scientifique »²⁵ et, c'est l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation qui est au cœur de cette grande réforme pédagogique pour les niveaux d'enseignement primaire et secondaire.

Afin de mesurer les effets de l'enseignement des sciences par investigation répondant à ces standards, Furtak, Seidel, Iverson et Briggs (2012) ont réalisé une méta-analyse. Ils ont analysé 37 études expérimentales et quasi-expérimentales menées entre 1996 et 2006, soit une décennie après la réforme. Cette méta-analyse fournit un cadre de référence à l'enseignement des sciences par investigation qui comporte deux dimensions principales à mettre en œuvre lors des activités au cours de sciences pour un apprentissage efficace. D'une part, les quatre caractéristiques cognitives en jeu lors de l'activité de l'élève y sont développées et d'autre part, le niveau de guidage mis en place par l'enseignant pour soutenir l'activité de l'élève y est largement considéré (Furtak et al., 2012).

²⁵ National Science Education Standards (NRC, 1996) cité par Furtak et al. (2012), p. 320.

3.1.1. Les caractéristiques cognitives de l'activité de l'élève au cours de sciences.

Selon Furtak et al. (2012), différentes facettes doivent apparaître dans le dispositif mis en place par l'enseignant pour un effet positif sur l'apprentissage des sciences.

a) La facette conceptuelle :

Comme évoqué précédemment par Baumert et al. (2010), Furtak et al. (2012) soutiennent également que tout apprentissage s'appuie sur les connaissances préalables de l'élève. En effet, celui-ci n'arrive pas totalement ignorant, au cours de sciences. Sur base de ses expériences quotidiennes, l'élève se construit des explications « naïves » des phénomènes qu'il rencontre (Vosniadou, 2007). L'enjeu du cours de sciences sera dès lors de faire émerger ces conceptions dans un premier temps pour ensuite, les faire évoluer afin que l'élève puisse développer ses connaissances scientifiques. Ceci relève de la théorie du changement conceptuel qui fera l'objet d'un prochain paragraphe.

b) La facette épistémique :

Cette facette consiste à montrer comment les connaissances scientifiques se construisent au fil du temps et au fil des découvertes.

Ce qui fait qu'une théorie est scientifique, c'est qu'elle peut être remise en question. En effet, d'un point de vue scientifique, une généralisation peut être rapidement remise en cause. A ce sujet, Lepeltier (2013) souligne, concernant « La logique de la découverte scientifique de Karl Popper », qu'il ne peut être considéré qu'une théorie soit fondée scientifiquement, que jusqu'au jour où elle peut être réfutée. Cela signifie que même après un nombre incalculable d'observations qui vont dans le même sens, une seule observation contraire suffit à remettre en question ce qui, jusque-là, était présumé vrai. « Ainsi, la proposition « tous les cygnes sont blancs » n'est pas vérifiable, mais simplement réfutable : il suffit de trouver un cygne noir. » (Lepeltier, 2013, p. 152).

Dès lors, en sciences, toute tentative d'explication raisonnée face à un phénomène du réel se révèle provisoire. Elle reste possible et plausible, jusqu'à ce qu'on se rende compte que ce n'est pas toujours comme ça que ça fonctionne ou que

ce n'est pas toujours ce qui est observé. L'esprit critique est donc de mise pour le scientifique qui ne pourra envisager quelque information que ce soit pour argent comptant. Il lui faudra questionner ses sources, comparer et confronter ses données afin de les objectiver.

De plus, étant donné que le savoir scientifique est d'ordre explicatif, le scientifique va chercher à apporter une réponse à une ou plusieurs questions c'est-à-dire à résoudre un problème. Aussi, lorsqu'il est amené à observer un phénomène, son observation est critériée : chaque élément observé constituant une variable explicative ou à expliquer.

Le domaine épistémique recouvre donc tous ces aspects liés à la manière dont la connaissance scientifique se construit ainsi que le sens des méthodes utilisées par les scientifiques eux-mêmes. Cette facette fait partie intégrante de l'apprentissage de l'élève qui, conscient de la manière dont les connaissances scientifiques sont générées, développe aussi son mode de réflexion scientifique (Furtak et al., 2012).

c) La facette sociale :

Cette facette cognitive consiste à faire en sorte que les élèves travaillent en groupe, communiquent et collaborent. Elle se manifeste surtout par la « participation aux discussions de classe, l'argumentation et le débat d'idées scientifiques » (Furtak et al., 2012, p.309).

La facette sociale est intimement liée à la facette épistémique puisque c'est en confrontant leurs idées que les élèves sont amenés à construire ensemble, tel une communauté de chercheurs, une explication potentielle d'un phénomène observé.

Par ailleurs, conformément à la manière de construire des connaissances scientifiques, c'est dans cette composante sociale qu'est soulignée « l'importance pour les élèves de rendre leurs idées publiques à travers l'argumentation, la modélisation et d'autres modes de représentation pour les aider à apprendre à examiner et à évaluer le développement de leur compréhension en science » (Duschl, 2003, cité par Furtak et al., 2012, p. 305).

Furtak et al. (2012) en concluent que pousser les élèves à développer des explications et à les justifier, est essentiel pour les aider à apprendre les sciences.

d) La facette procédurale :

La facette procédurale découle aussi de la facette épistémique dans le sens où elle décrit les méthodes scientifiques de collecte de données, de manipulations ou d'expérimentations mises en place pour répondre aux questions de recherche posées.

3.1.2. Le guidage par l'enseignant de l'activité de l'élève

Selon les résultats de cette méta-analyse, « les études impliquant des activités dirigées par les enseignants avaient des effets de taille moyenne d'environ 0,40 plus grands que celles dirigées par les élèves. » (Furtak et al. 2012, p.300). Ces auteurs proposent dès lors de situer le niveau de guidance de l'enseignant sur ce continuum :

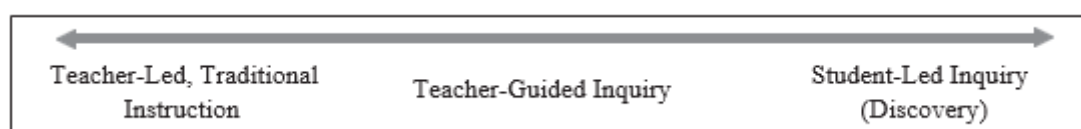


Figure 1 : *Continuum of guidance in inquiry-based science teaching reforms (Furtak et al., 2012, p. 306)*

L'extrême gauche (Traditional Instruction) représente l'enseignement traditionnel totalement dirigé par l'enseignant. Considéré alors comme seul responsable de l'apprentissage, c'est l'enseignant qui instruit les élèves en leur inculquant les réponses qu'ils sont censés apprendre (Furtak et al., 2012).

A l'extrême droite, c'est l'élève qui est considéré comme responsable du processus. « L'apprentissage par la découverte pure " (Discovery), est défini comme un enseignement non guidé et basé sur des problèmes. » (Kirschner, Sweller & Clark, 2006, p.5).

Au centre, « Nous reconnaissons un terrain intermédiaire d'investigation guidée par l'enseignant dans lequel l'enseignant guide activement les activités des élèves dans une leçon de sciences axée sur la réforme. » ²⁶(Furtak et al. 2012, p. 306)

Dès lors, le rôle joué par l'enseignant dans la démarche d'investigation est considéré comme crucial par ces auteurs. En effet, pour que l'élève puisse construire de nouvelles connaissances en science, c'est l'enseignant qui doit le guider activement dans le processus. Sans tomber dans les extrêmes du continuum, l'enseignant doit soutenir l'apprentissage tout en laissant une certaine place à l'autonomie de l'élève

²⁶ « We recognize a middle ground of *teacher-guided inquiry* in which the teacher actively guides students' activities in a reform-oriented science lesson. »

chercheur pour lui laisser l'opportunité de découvrir peu à peu, les réponses à ses questions. C'est dans ce sens que la démarche d'investigation est faite de va et vient : une question se pose, des recherches s'imposent mais ces dernières doivent être guidées par l'enseignant qui sait ce qu'il fait et ce qu'il peut mettre en place pour soutenir l'apprentissage des élèves. Au départ, les questions que l'élève se pose sont disparates et manquent de clarté. C'est au fur et à mesure de la démarche qu'elles peuvent se préciser et faire en sorte que peu à peu, les concepts se construisent et se structurent. Conscient que l'élève n'a pas le bagage théorique du scientifique, l'enseignant ne peut pas lui demander de tenir ce rôle qui consiste à rester attentif à la fois, à la démarche d'investigation mais aussi, aux réponses qu'elle suscite. Sans soutien adéquat, l'élève, confronté à trop de choses à gérer en même temps peut vite se retrouver en difficulté voire en surcharge cognitive. C'est donc à l'enseignant à jouer ce rôle de guide pour que la recherche de réponses aux questions de l'élève se fasse de manière efficace.

3.1.3. Conclusion

En cherchant à réévaluer les effets des réformes américaines de 1996 concernant l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation, Furtak et al. (2012), ont indiqué l'efficacité de cette approche pédagogique sur l'apprentissage des élèves. Cependant, certaines conditions doivent être respectées afin d'obtenir un effet positif. D'abord, l'enseignant doit jouer un rôle important de guidage de l'activité de l'élève. Ensuite, plusieurs composantes d'activation cognitive doivent être réunies pour l'apprentissage des sciences.

Ces résultats confirment les théories de Klieme et ses collègues dans la mesure où l'appui sur les connaissances antérieures est perçu dans la facette conceptuelle et, la mise en place de tâches stimulantes, ouvertes et complexes, dans les facettes procédurale et épistémique mises en évidence par Furtak et al. (2012). Par ailleurs, dans la facette sociale désignée par ces auteurs, il existe de nombreuses similitudes avec les caractéristiques des activités qui suscitent des pratiques discursives dont il a été question dans notre premier chapitre.

En outre, dans le cadre décrit par Furtak et ses collègues pour l'apprentissage des sciences basé sur l'investigation, il apparaît clairement que la composante sociale reste incontournable. En effet, Furtak et al. (2012) mesurent un effet plus important

des composantes épistémiques et sociales et non négligeable des composantes procédurales, épistémiques et sociales réunies sur l'efficacité de l'apprentissage des sciences par investigation. L'importance de cette composante sociale de l'apprentissage, quel que soit le domaine, est également soulignée par les différents auteurs cités précédemment (Klieme et al., 2006 ; Lipowsky et al, 2009 ; Praetorius et al., 2018) car, c'est par son discours que l'élève va pouvoir apporter des preuves du bienfondé de son raisonnement ou, donner des indices de ce qu'il a compris et de ce qu'il peut expliquer du sujet d'apprentissage.

Cette étude confirme également, comme c'est le cas pour le modèle tridimensionnel de Klieme et al. (2009), que c'est bien la combinaison de différentes facettes cognitives qui intervient dans la qualité et l'efficacité de l'enseignement des sciences par investigation. Comme il est vain de ne compter que sur un seul pilier, il est inutile de ne s'appuyer que sur une seule facette cognitive pour apprendre efficacement.

3.2. Le courant francophone

Dans la littérature scientifique francophone, il n'existe pas, à notre connaissance, d'étude de cette envergure cherchant à évaluer les effets de l'apprentissage des sciences par la démarche d'investigation.

Le courant francophone a plutôt tendance à modéliser la mise en place d'une démarche d'investigation en classe. En effet, chaque programme officiel propose un schéma qui décrit le déroulement de la démarche préconisée pour l'apprentissage des sciences (Cf. Annexes 1, 2 et 3). En Belgique francophone, ce sont les socles de compétences en initiation scientifique (Fédération Wallonie-Bruxelles [FW-B], 1999) qui définissent les compétences de base à développer dans ce cadre, par tous les élèves en Fédération Wallonie-Bruxelles. Ce référentiel, tel qu'il est rédigé, n'échappe pas à cette règle puisqu'il soutient explicitement l'enseignement et l'apprentissage en sciences par une démarche scientifique également appelée démarche d'investigation (Hindryckx & Poffé, 2018).

Dans les paragraphes suivants, c'est sur base de ce référentiel et des programmes des deux réseaux²⁷ qui en découlent que nous caractériserons les moments forts de cette démarche sur base des théories qui les sous-tendent.

4. Les caractéristiques de chacune des étapes de la démarche d'investigation

Telle qu'elle est prônée par les socles de compétences (FW-B, 1999), la démarche d'investigation en initiation scientifique « comprend trois moments importants qui se réalisent en plusieurs phases. Dans toute démarche de construction des savoirs, ces trois étapes apparaissent nécessairement ; certaines des phases qui les composent peuvent cependant ne pas être développées lors de chaque séance d'apprentissage. » (Évrard & Amory, 2012, p.29).

Ces 3 étapes de la démarche illustrées dans le programme FédEFoC (Cf. Annexe 1) sont :

- 1) **Appréhender une réalité complexe** par le questionnement et l'émission d'hypothèses. Cette première étape permet de faire émerger les conceptions de l'élève et de poser les bases du problème à résoudre (Lhoste, 2018).
- 2) **Investiguer des pistes de recherche** par l'expérimentation, l'observation, la modélisation, la recherche documentaire et, la consultation d'une personne ressource. Cette seconde étape sera l'occasion de susciter des échanges argumentatifs susceptibles de remettre en question ces conceptions et, de les faire évoluer (Baumert, et al., 2010).
- 3) **Structurer les résultats, les communiquer, les valider et les synthétiser.**

Cette troisième étape sera particulièrement propice à la structuration des apprentissages.

²⁷ Le programme des études de l'enseignement fondamental de Wallonie-Bruxelles Enseignement (2009) pour l'enseignement officiel et, le programme d'éveil du cycle 4 de la Fédération de l'Enseignement Fondamental Catholique (2013) pour l'enseignement libre.

Par ailleurs, dans le programme des études de l'enseignement fondamental de Wallonie-Bruxelles Enseignement (2009), la démarche scientifique est schématisée à l'aide des 8 phases utiles au développement des compétences scientifiques des élèves (cf. figure 2).

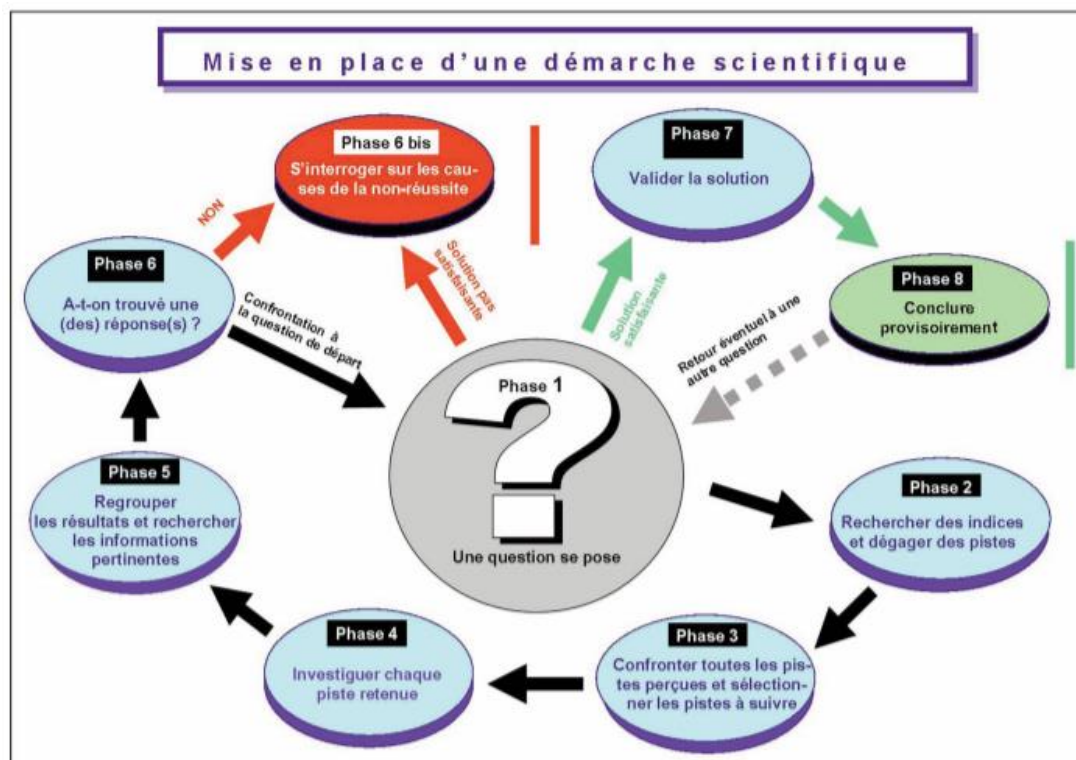


Figure 2 : Mise en place d'une démarche scientifique (FW-B, 2009, p. 61)

D'emblée, ce schéma présente de nombreuses flèches qui témoignent du fait que les étapes d'une démarche scientifique ne correspondent pas à celles d'une recette ou d'un mode d'emploi à suivre pas à pas dans un ordre précis mais, qu'il est recommandé de faire de nombreux aller-retour pour multiplier les opportunités d'apprentissage nécessaires à la construction du savoir (Saltiel, 2007 ; Drouard, 2008)²⁸.

Chaque phase n'en est pas moins importante mais la première « Une question se pose », retiendra toute notre attention dans le paragraphe qui suit car non seulement, elle tient une place particulière dans la démarche mais qu'en plus, elle est reliée à plusieurs autres étapes de celle-ci.

²⁸ Cf. Annexe 2

4.1. La première étape : appréhender une réalité complexe

4.1.1. Le questionnement

Intitulée « Une question se pose », la phase 1 de la démarche scientifique tient une place centrale sur ce schéma (cf. figure 2, page 23). Effectivement, « Pour un esprit scientifique, toute connaissance est une réponse à une question. S'il n'y a pas eu de question, il ne peut y avoir connaissance scientifique. » (Bachelard, 1970, cité par Giot et Quittre, 2006, p. 7). Cette première phase est donc essentielle car elle permet de poser les bases du « problème à résoudre » (Daro, Hindryckx, et Poffé, 2013, p. 145). Elle donnera le caractère complexe, ouvert et stimulant à la tâche, comme cela l'a été évoqué dans le premier chapitre et cela, dans la mesure où il s'agit de la situation de départ qui permettra de susciter l'étonnement, la curiosité et, le questionnement de l'apprenant (Saltiel, 2007). Les socles de compétences (FW-B, 1999), précisent à ce sujet que la construction de savoirs et savoir-faire via une démarche scientifique aura tendance à permettre aux élèves « [...] d'être les premiers acteurs de leurs apprentissages en partant de situations qui les incitent à s'impliquer dans la recherche. » (p.34). C'est ainsi que l'élève sera amené à développer la compétence socle : « Formuler des questions à partir de l'observation. » (FW-B, 1999, p. 49).

Puisqu' une connaissance scientifique relève généralement d'une réponse à une question, le scientifique cherche à expliquer un phénomène plutôt qu'à le décrire. Dans le cadre scolaire, au cours de sciences, les élèves sont donc idéalement amenés à se poser des questions auxquelles la classe, telle une communauté de recherche peut tenter d'apporter des réponses afin d'apprendre (Shneeberger & Vérin, 2009). Ces réponses auront une vocation explicative du phénomène observé plutôt qu'une fonction descriptive. Le type de question posée est donc déterminant pour déboucher sur l'un ou l'autre type de réponse. Selon Garcia-Debanc (1998), le discours de l'enfant sera d'autant plus explicatif qu'il devra justifier sa prise de position ou qu'il répondra à une question contenant des mots interrogatifs tels que « pourquoi » ou « comment ». En effet, une question qui vise à construire l'explication d'un phénomène portera sur son fonctionnement (« comment ? ») et l'explication qui en résulte pourra se justifier à partir d'une question du type : « Que va-t-il se passer si...²⁹ ? » (Orange, 2009, p.204 et p.346). Ces justifications et donc, ces questions

²⁹ Les points de suspension sous entendent « si on modifie telle ou telle variable ».

justificatives jalonnent la démarche scientifique dans la mesure où l'enjeu du cours de sciences ne se limite pas à observer pour savoir ce qu'il se passe ; il faut aussi expliquer et comprendre pour quelles raisons le phénomène étudié évolue comme ça et pour quelles raisons il n'en est pas autrement. Selon Osborne (2010), en sciences, savoir ce qui est faux importe autant que savoir ce qui est vrai. C'est à force de se poser des questions sur eux et leur environnement et surtout, de chercher à y apporter des réponses précises que les élèves, tels qu'inscrits dans une communauté discursive scientifique, pourront explorer le champ des possibles et de ce qui ne l'est pas (Orange, 2009).

4.1.2. Emettre des hypothèses ou, faire émerger les conceptions

La seconde phase du schéma « Rechercher des indices et dégager des pistes », consiste à faire en sorte que les élèves explorent le problème, une fois ciblé. Il s'agit de formuler les idées et les réflexions que la problématique inspire ainsi que les interrogations et les discussions qu'elle suscite. De cette manière, chaque élève sera amené à formuler des hypothèses, « c'est-à-dire, une explication possible provisoire qu'il faudra vérifier » (Daro et al., 2009, p.13).

L'hypothèse doit être cohérente avec la situation problème aussi, l'élève, en formulant une hypothèse, donne un indice sur la façon dont il se représente le problème (Saltiel, 2007). Il fonde son hypothèse sur des déjà-là, des connaissances préalables qu'il va activer. Selon la vision constructiviste, l'apprentissage se fait au départ des conceptions. Ces conceptions vont être déstabilisées et réorganisées pour évoluer progressivement. Selon Astolfi, dont les travaux ont nourri bien des chercheurs en didactique des sciences (Peterfalvi & Schneeberger, 2014), tout élève, lorsqu'il est face à un phénomène, a des représentations, appelées aussi conceptions préalables qui sont en fait, des interprétations ou des suppositions de ce que l'élève croit pouvoir expliquer de son milieu. Ces conceptions peuvent être erronées et constituer un obstacle à l'apprentissage. Il y a donc lieu de les faire émerger et de les questionner pour les faire évoluer au service d'une réelle compréhension conceptuelle du phénomène (Asolfi et Peterfalvi, 1993). D'où l'intérêt de développer des compétences (FW-B, 1999) qui consistent non seulement à formuler des hypothèses explicatives³⁰

³⁰ Une hypothèse explicative répond à la question : « Comment expliquer que ? » (Daro et al., 2009, p. 14)

mais aussi, comme suggéré par la phase 3 du schéma, à savoir confronter toutes ces pistes au sein du groupe classe pour ensuite, les critiquer et, sélectionner les plus pertinentes ; celles qui feront l'objet de la recherche, comme il en est question dans l'étape suivante de la démarche.

4.2. La seconde étape : investiguer des pistes de recherche

Afin de répondre aux questions retenues et éventuellement, de tester les hypothèses formulées, la phase 4 du schéma (cf. figure 2, page 23) issu du programme des études de l'enseignement fondamental (FW-B, 2009), invite à cibler une démarche qui permettra aux élèves de recueillir les informations utiles à la résolution du problème. Il s'agit d'élaborer un protocole de recherche.

4.2.1. Etablir un protocole de recherche

Dans le milieu scolaire, lorsqu'on parle de mettre un protocole de recherche en place, on pense généralement à établir un protocole expérimental. Cependant, l'expérience, même si elle est souvent utilisée par les scientifiques, n'est pas la seule méthode pour récolter l'information dont on a besoin pour résoudre un problème. Les élèves peuvent donc également avoir recours à l'observation, la modélisation, la recherche documentaire et, la consultation d'une personne ressource ou l'organisation d'une visite (Daro et al., 2009 ; Drouard, 2008 ; Saltiel, 2007).

Toutes ces démarches ne seront pas aussi exigeantes d'un point de vue cognitif. C'est surtout dans l'interaction entre les élèves qui auront l'opportunité de vivre des activités variées, susceptibles de les informer et de faire évoluer leurs conceptions que les apprentissages seront les plus significatifs.

Les compétences développées dans ce cadre relèveront plutôt de tâches complexes qu'il faudra mener à bien, en groupe ou individuellement. La complexité réside aussi dans le fait que les élèves devront percevoir et accepter « le caractère provisoire et nécessairement partiel des résultats de leurs recherches » (Programme W-BE, 2009, p. 60).

En effet, les élèves, guidés par leur enseignant, devront faire des va-et-vient entre les différentes alternatives qui s'offrent à eux pour tenter de répondre à leurs questions. A cette fin, ils seront amenés à développer des compétences telles que « Concevoir ou adapter une procédure expérimentale », « Recueillir des informations

par des observations qualitatives et quantitatives » ou encore « Repérer et noter correctement une information issue d'un écrit à caractère scientifique » (FW-B, 1999).

Dès lors, les élèves entrent dans ce que Furtak et al. (2012) appellent la facette procédurale (p.19). Il s'agit principalement de collecter des données ou des informations et de les mettre en corrélation avec d'autres afin de donner une réponse explicative à la question posée. Aussi, dans les référentiels officiels, ces termes reviennent souvent : « expliquer, verbaliser, exprimer, justifier, etc. ». Ils suggèrent que le langage, qu'il soit écrit ou oral, accompagne l'expérience et à ce titre, joue un rôle prépondérant dans la construction des concepts scientifiques (Giot et Quittre, 2006). Tel que ça se pratique dans une communauté scientifique, toute réponse sera soumise à l'examen critique des pairs : « Il est indispensable de mener une réflexion critique quant à la solution proposée : est-elle reproductible ? est-elle fiable ? ... » (Programme W-BE, 2009, p. 60). Des échanges auront dès lors lieu au sein de la classe et plutôt que de « trancher », les élèves vont surtout négocier des explications acceptables pour le groupe tout entier. C'est en évoluant ainsi dans le développement de leurs explications jusqu'à ce qu'ils s'accordent sur leurs significations, que les élèves vont progresser et développer leurs connaissances scientifiques (Shneeberger et Vérin, 2009). C'est de cette forme de conflit socio-cognitif que va s'opérer le changement conceptuel. Très largement étudiés par bon nombre de chercheurs tant francophones qu'anglophones, ce sont ces concepts qui seront développés dans le paragraphe suivant.

4.2.2. Une opportunité de conflit cognitif au service du changement conceptuel

C'est au moment où les élèves sont amenés à objectiver leurs observations et à confronter les informations récoltées à leurs conceptions et au regard de leurs pairs que le conflit (socio-) cognitif apparaît. En effet, il peut y avoir conflit entre ce que l'élève avait formulé comme hypothèse et les résultats de son expérience ou de sa recherche qui ne valide pas tout à fait l'hypothèse initiale. Il peut également y avoir conflit entre les conceptions et les positions défendues par les pairs. C'est en gérant ces conflits (socio-)cognitifs, en faisant des aller-retours entre la question posée et l'information trouvée et surtout, en confrontant les perceptions que les conceptions des élèves ont le plus de chances d'évoluer. En réalité, le conflit (socio-)cognitif est une

opportunité de faire évoluer les conceptions, synonyme de changement conceptuel. C'est de ce changement conceptuel qu'il est particulièrement question dans les travaux d'Astolfi (Peterfalvi & Schneeberger, 2014). Dans le modèle constructiviste qu'il soutient, on essaie de donner du sens aux apprentissages en considérant qu'il est nécessaire que l'élève prenne une part active dans la construction de ses connaissances. Ce modèle privilégie donc « *l'association d'activités d'investigation, supposant la formulation et la résolution de problèmes et d'activités de structuration des connaissances.* » (Peterfalvi & Schneeberger, 2014, p.11). Une attention toute particulière est alors portée aux obstacles, à leur repérage, leur fissuration et leur dépassement (Astolfi & Peterfalvi, 1993). Dépasser les obstacles revient dès lors à structurer les connaissances dans le sens où les représentations initiales, une fois identifiées, vont être bousculées, requestionnées et idéalement, corrigées ou précisées. C'est à cette fin que les socles (FW-B, 1999) conduisent à développer des compétences dans le cadre des phases 5 et 6 du schéma (cf. figure 2) qui consistent à se communiquer mutuellement les résultats de la recherche et, à vérifier collectivement les réponses aux questions.

4.3. La troisième étape : structurer les résultats, les communiquer, les valider et les synthétiser

La dernière étape de la démarche d'investigation scientifique a un enjeu particulier : « A partir des informations divergentes récoltées au cours des étapes précédentes de la démarche, aboutir à un savoir organisé et structuré qui ait du sens pour l'élève. » (Daro et al., 2009, p. 37). Dans un premier temps, comme il en est question dans les compétences 12 à 14 des socles (FW-B, 1999), il s'agit de comparer, trier des éléments en vue de les classer de manière scientifique. En d'autres termes, il est nécessaire de faire preuve de rigueur et d'objectivité et donc, de déterminer des critères de classement pertinents afin de pouvoir organiser les informations dans un tableau, par exemple. Une synthèse peut aussi être rédigée ou un schéma peut être réalisé pour tenter d'expliquer ce qui a été observé mais, quelques soient les méthodes utilisées pour structurer les connaissances, les pratiques langagières tiennent une place prépondérante tout au long de la démarche (Daro et al., 2009 ; Drouard, 2008 ; Giot et Quittre, 2006). En effet, l'activité langagière, qu'elle soit écrite ou orale, facilite l'objectivation des contenus afin de pouvoir confronter les informations récoltées et retenir celles qui répondent à la question de départ. Enfin, à chaque étape du processus,

l'activité langagière permet de faire le point sur ce que l'élève a appris (Schneeberger & Vérin, 2009).

5. La place de l'argumentation dans le processus d'apprentissage.

Tout au long de la démarche d'investigation telle que les référentiels suggèrent de la vivre au cours d'initiation scientifique, il est souvent question de mettre en place des échanges argumentatifs, que ce soit entre élèves ou, avec l'enseignant. Selon bon nombre de chercheurs en didactique des sciences (Asolfi & Peterfalvi, 1993 ; Osborne, 2010 ; Garcia-Debanc, 1998), la pratique de l'argumentation représente un intérêt certain dans le cadre d'apprentissages menés en sciences, tant elle est proche des habitudes de travail des communautés scientifiques. En effet, cette pratique est courante chez les scientifiques de terrain dans la mesure où ils sont régulièrement amenés à confronter leurs nouvelles idées, à les soumettre à l'examen critique de leurs pairs et à argumenter pour les défendre afin de les voir éventuellement précisées ou validées (Osborne, 2010).

En classe, par le biais de l'argumentation les élèves sont amenés à comprendre les propositions des autres et à préciser les leurs afin de se mettre d'accord sur une explication commune d'un phénomène questionné (Weisser, Masclet, & Remigny, 2003).

Les échanges argumentatifs ont dès lors une fonction épistémique (Furtak et al., 2012) dans la mesure où ils visent à comprendre le concept en profondeur, c'est-à-dire à pouvoir exprimer pour quelles raisons ça fonctionne comme ça et pas autrement, comme un scientifique serait capable de l'expliquer.

5.1. L'argumentation pour faire émerger les conceptions et formuler la question de recherche

Dans les études qu'ils ont menées sur le terrain, Garcia-Debanc (1998) et Weisser et al. (2003) ont choisi d'analyser, dans une classe de fin de primaire, un échange argumentatif qui s'est déroulé tout au début de la séance d'apprentissage. Les élèves ont d'abord représenté leurs conceptions sur la relation qu'il y aurait entre le système digestif et l'appareil circulatoire par un schéma et, lors du débat mené par l'enseignant, ils ont confronté leurs représentations (Garcia-Debanc, 1998). Les élèves, une fois qu'ils ont partagé leurs représentations acceptent de les voir discutées

et remises en question (Weisser et al., 2003). Appelés à justifier ce qu'ils avaient représenté ou à réfuter les explications d'autrui, celles auxquelles ils n'arrivaient pas à adhérer parce qu'ils les considéraient erronées ou qu'ils ne parvenaient pas à les comprendre, cette situation a permis à l'enseignant de demander aux élèves d'explicitier et de préciser leurs conceptions (Garcia-Debanc, 1998 ; Weisser et al., 2003). Ainsi ébranlées, ces différentes conceptions ouvrent une véritable problématique qui fait en sorte qu'un conflit cognitif s'installe. Cette première confrontation se déroule avant qu'un dispositif d'expérimentation ou de modélisation ne puisse amener des données observables qui permettraient de trancher (Weisser et al., 2003). Les représentations initiales sont dès lors exprimées, questionnées et précisées afin de permettre la formulation d'hypothèses claires et cohérentes avec une question de recherche significative pour chacun.

5.2. L'argumentation pour soutenir le changement conceptuel

Osborne (2010) recommande la pratique de l'argumentation en classe afin de faire évoluer les conceptions des élèves et permettre ainsi l'apprentissage conceptuel des notions de sciences qui sont abordées. Parallèlement, les propos suivants laissent penser que cette pratique donnerait une opportunité à l'enseignant d'accéder à la pensée de l'élève ou du moins, à ce qu'il est susceptible d'en exprimer. En effet, « Pour J.-P. Astolfi, la prise en charge des obstacles à l'accès à des savoirs scientifiques dans les dispositifs didactiques est essentielle pour permettre la construction des savoirs. Comprendre la logique interne des idées des élèves est pour cela incontournable. » (Peterfalvi & Schneeberger, 2014, p.13). C'est à force de proposer, d'argumenter, de réfuter, de reformuler, de préciser...que les élèves, tels qu'inscrits dans une communauté discursive scientifique, pourront explorer le champ des possibles et de ce qui ne l'est pas (Orange, 2009). Effectivement, l'argumentation en sciences occasionne des conflits (socio-)cognitifs qui vont non seulement aider l'élève à remettre en cause ses propres conceptions, susceptibles de faire obstacle à l'apprentissage (Orange, 2009) mais également, le pousser à entrer dans une communauté discursive scientifique dans la mesure où il sera amené à reconnaître et à tenir compte du discours de ses pairs, à se prononcer sur sa légitimité ou encore, à le reformuler ou le contester par des arguments convaincants (Schneeberger & Vérin, 2009).

Dans cette perspective, Weisser et al. (2003) se sont intéressés aux différentes fonctions des échanges argumentatifs en sciences et ce, selon le moment où ils sont menés dans la séquence d'apprentissage. C'est ainsi qu'ils ont organisé un nouvel échange argumentatif à l'issue de la phase de recueil d'informations qui se fait comme précisé précédemment, par expérimentation, observation, modélisation ou, éventuellement, recours à un expert. Lors de cette phase, les élèves perçoivent un certain nombre d'informations qui vérifient ou non leurs hypothèses de départ. A ce moment précis, on peut constater de manière assez flagrante que tous les élèves n'interprètent pas de la même manière, des informations pourtant identiques. C'est ainsi que ce nouvel échange argumentatif se justifie. C'est parce que « *il ne suffit pas toujours de percevoir un fait (par la mesure, par la lecture, ...) pour lui donner un sens : informer n'est pas former.* » (Weisser et al., 2003, p.30) qu'il est bon de tenter de s'accorder sur une compréhension commune du phénomène pour construire des savoirs. Certains élèves, plus que d'autres, verront ainsi leurs représentations profondément ancrées, de nouveau remises en question, leur offrant ainsi une nouvelle chance de tenter de franchir l'obstacle à l'apprentissage qui nous intéresse.

5.3. La reformulation pour détecter l'erreur, source d'information pour dépasser l'obstacle

Les obstacles aux apprentissages sont autant de conceptions ancrées chez l'apprenant, qui font réellement sens pour lui et que l'enseignant doit pouvoir identifier afin d'agir de la manière la plus adéquate possible pour tenter de faire en sorte que l'élève puisse les dépasser. Afin d'identifier les obstacles, Peterfalvi et Schneeberger (2014) remarquent qu'il est courant pour les chercheurs, d'analyser les arguments formulés par les élèves lors de leurs échanges argumentatifs.

C'est ainsi que Garcia-Debanc (1998) s'est montrée particulièrement attentive notamment aux reformulations « qui jouent un rôle important dans ce processus permanent de construction et de déconstruction des objets de discours dans l'interaction orale. » (Garcia-Debanc, 1998, p.98). Que ce soit pour construire des connaissances ou s'appropriier le lexique propre à la notion scientifique abordée, deux types de reformulation sont principalement repérés :

Les hétéro-reformulations, quand un intervenant reformule l'énoncé d'autrui et , les auto-reformulations, quand un intervenant reformule son propre énoncé.

Analyser ces reformulations permet parfois d'identifier des erreurs dans les propos des élèves. Ces erreurs peuvent être considérées comme des indicateurs d'obstacles auxquels les élèves seraient encore confrontés. (Peterfalvi & Schneeberger, 2014).

Par ailleurs, selon Garcia-Debanc (1998), ces reformulations sont très peu initiées par des élèves ; c'est souvent l'enseignant qui les suscite. Ceci nous amène à considérer le rôle déterminant de l'enseignant dans la gestion des échanges argumentatifs pour identifier les obstacles et tenter de les dépasser pour un apprentissage conceptuel optimal.

5.4. Le rôle de l'enseignant pour soutenir l'argumentation

Dans les études de Albe (2006) et Weisser et al. (2003), l'accent est mis sur la nécessité et la difficulté de l'enseignant de passer du rôle de l'expert, celui qui sait ou qui valide les bonnes réponses, à un rôle plus modérateur qui, au même titre que les élèves, peut questionner l'assemblée ou interpellé l'une ou l'autre personne en particulier. Et pourtant, c'est en suscitant la controverse et en contrôlant au maximum son verbal, avec notamment des reformulations de qualité mais aussi son non verbal, que l'enseignant pourra laisser les élèves construire leurs apprentissages en confrontant leurs représentations jusqu'à une compréhension commune du phénomène (Garcia-Debanc, 1998).

Conformément à cela, Weisser et al. (2003) ainsi qu'Orange (2009), s'accordent sur l'importance de la fonction de régulation de l'enseignant, lors des échanges argumentatifs. Parce que bon nombre d'idées peuvent être échangées, l'enseignant doit veiller à réguler les interventions afin d'une part, permettre à chacun de prendre la parole et maintenir un climat de classe qui permette aux plus timides ou aux élèves moins à l'aise de s'exprimer aussi. Et d'autre part, la régulation devrait également s'opérer par rapport à la construction du savoir en jeu comme par exemple, relever les points d'accord ou, recentrer le raisonnement sur l'explication afin de structurer l'apprentissage.

6. Conclusion

Comme l'évoque le titre de ce rapport de recherche mené en FW-B, « Faire des sciences en classe entre 10 et 14 ans, c'est mener une démarche d'investigation » Daro et al. (2009).

Tout au long de ce chapitre, divers éléments ont été mis en évidence pour faire en sorte que les étapes de la démarche d'investigation soient considérées comme de réelles opportunités d'apprentissage en science. Ils s'articulent sont tirés de la littérature scientifique tant francophone qu'anglophone qui se complète plutôt que de s'opposer. Par conséquent, nous pouvons considérer que les composantes et caractéristiques de la démarche d'investigation prônée par les socles de compétence (FW-B, 1999) sont tout à fait cohérentes avec les aspects de l'activation cognitive énoncés dans le premier chapitre.

CHAPITRE 3 : Mesurer l'activation cognitive en science

Fauth, Decristan, Rieser, Klieme et Büttner (2014) ont mené une étude basée sur le modèle tridimensionnel de la qualité de l'enseignement auprès de 1556 élèves allemands, dans 89 classes de 3^{ème} année primaire. Pour mesurer la perception des élèves de l'activation cognitive mise en place par leur enseignant au cours de sciences, ces chercheurs ont élaboré un questionnaire de 7 items. Ceux-ci sont majoritairement centrés sur les tâches stimulantes qui suscitent une réflexion de haut niveau (*In our science class, « we are working on tasks that I have to think about very thoroughly ». Our science teacher « gives us tasks I like to think about », « asks questions that I have to think about very thoroughly », « gives us tasks that seem to be difficult at a first glance »*). Par ailleurs, cette échelle comporte un item qui traite de l'activation des connaissances préalables : *« Our science teacher « asks what we know about a new topic »*. Quant à eux, deux autres items portent sur ce que les auteurs appellent « l'exploration du processus de pensée de l'élève ³¹ ». Il s'agit d'items relatifs aux pratiques discursives ou du moins, relatifs à ce que l'élève sera susceptible d'exprimer en classe : *« Our science teacher « asks me what I have understood and what I haven't », « wants me to be able to explain my answers »*.

Les résultats de cette étude montrent que la perception des élèves de 8 à 9 ans de l'activation cognitive et du climat soutenant au cours d'éveil scientifique ont un impact positif sur leur motivation et leur intérêt pour les sciences. C'est leur perception d'une gestion de classe structurée qui influence directement leurs performances en sciences (Fauth et al. 2014).

Bien que l'étude de Fauth et ses collaborateurs (2014) soit centrée sur l'IBSE ou l'enseignement-apprentissage basé sur la démarche d'investigation, les items qui visent à mesurer la perception de l'activation cognitive au cours de sciences sont relativement généraux et ressemblent assez à ceux qui avaient été formulés pour la mesurer dans le cadre du cours de mathématique par la même équipe de chercheurs allemands, dirigée par Klieme (2009). En effet, malgré le nombre limité d'items soumis aux élèves dans le cadre de cette recherche, Fauth et al. (2014), ballaient

³¹ Exploration of students' way of thinking

chacune des 3 caractéristiques principales des tâches qui suscitent l'activation cognitive, quel que soit le domaine d'apprentissage envisagé.

Par contre, « Dans le cadre de PISA 2015, cette dimension de l'activation cognitive a été mesurée au travers d'items portant sur la perception des élèves de la fréquence à laquelle des activités de recherche et d'investigation en sciences leur étaient proposées. » (Quittre, Dupont et Lafontaine, 2018, p.24). Dès lors, parmi les 9 items présentés aux élèves de 15 ans, un seul d'entre eux relève de l'activation cognitive en général : « *On donne aux élèves l'occasion d'expliquer leurs idées* » tandis que les autres, sont davantage liés à l'enseignement-apprentissage des sciences par la démarche d'investigation. Il s'agit principalement d'items qui se rapportent au caractère ouvert, complexe et stimulant de la tâche comme « *demander aux élèves de mener une recherche* », « *concevoir leurs propres expériences* », « *les réaliser en laboratoire* » et, « *en tirer des conclusions* ». 2 autres items s'apparentent aux tâches qui suscitent des pratiques discursives et des échanges argumentatifs comme « *On débat en classe des projets de recherche* » ou, « *Les élèves doivent construire des argumentations sur des questions scientifiques* ». Par ailleurs, figurent dans ce questionnaire des items qui mesurent la fréquence de pratiques d'enseignement davantage centrées sur l'activité de l'enseignant : « *Le professeur explique comment un principe de sciences peut s'appliquer à divers phénomènes* », « *Le professeur explique clairement à quoi les concepts scientifiques sont importants dans notre vie* ».

À ce sujet, les résultats de PISA 2015 révèlent qu'aussi bien en FW-B qu'en moyenne dans les autres pays de l'OCDE, les élèves de 15 ans déclarent qu'ils sont davantage amenés à fournir des explications ou à écouter celles de leur professeur, qu'à vivre des activités directement en lien avec la démarche d'investigation (Quittre et al., 2018). En effet, en FW-B, il y a plus de 60 % des élèves qui déclarent qu'ils ont l'occasion d'expliquer leurs idées à chaque cours ou à la plupart des cours de sciences ou, à la même fréquence, à entendre leur professeur expliquer comment un principe de sciences peut s'appliquer à divers phénomènes. Par contre, ils sont moins de 20 % à déclarer qu'ils ont aussi régulièrement l'occasion de mener une recherche, concevoir leurs propres expériences ou passer du temps en laboratoire pour réaliser des expériences pratiques.

Dans le cadre de l'étude TIMSS 2015, ce sont les enseignants qui ont été interrogés quant à la fréquence à laquelle leurs élèves de 4e année primaire, étaient confrontés à des situations d'apprentissage propices à l'activation cognitive au cours d'éveil scientifique. Les 22 items³² proposés aux enseignants dans le cadre de cette étude retiendront toute notre attention pour la suite de notre recherche car selon nous, ils décrivent pour la plupart, des situations d'enseignement-apprentissage assez proches de celles décrites dans l'apprentissage des sciences basé sur la démarche d'investigation tel qu'il est préconisé par nos référentiels. En effet, ces 22 items sont répartis en deux échelles distinctes. L'une contient 8 items concernant l'activation cognitive générale comme, relier le nouveau contenu aux connaissances antérieures des élèves ou, encourager les discussions en classe, tandis que les autres items sont liés à l'activation cognitive spécifique à la démarche d'investigation comme par exemple, présenter les données d'une expérience, les interpréter et, en tirer des conclusions.

Teig et al. (2019), ont utilisé ces données pour mesurer l'impact du sentiment d'auto-efficacité des enseignants norvégiens et des contraintes de temps perçues par ceux-ci sur leur disposition à mettre en œuvre ou pas, des stratégies d'activation cognitive, dans leur classe au cours d'éveil scientifique.

Selon ces auteurs, les résultats de l'enquête TIMSS 2015 révèlent que les enseignants du primaire se disent moins confiants en leurs capacités à enseigner les sciences que leurs collègues du secondaire. Une majorité d'entre eux pourrait donc se sentir mal à l'aise pour engager leurs élèves dans des cours de sciences stimulants sur le plan cognitif (Teig et al., 2019).

Par ailleurs, ces auteurs avancent que la contrainte de temps perçue par les enseignants peut avoir un impact significatif sur leurs pratiques pédagogiques et d'autant plus dans le domaine des sciences puisque la mise en place de l'activation cognitive spécifique à la démarche d'investigation requiert davantage de temps. En effet, comme nous l'avons précisé précédemment (p. 25), la démarche d'investigation est faite de différentes étapes qui nécessitent de nombreux aller-retour avant de pouvoir résoudre le problème formulé pour structurer ses connaissances. Cela peut décourager certains enseignants qui considèreraient la démarche d'investigation comme un

³² Cf. Annexe 3.

obstacle et auraient donc tendance à éviter la mise en place de dispositifs didactiques favorisant l'activation cognitive spécifique à la démarche d'investigation.

Selon Daro et al. (2013), des études montrent en effet qu'il subsiste de nombreuses craintes de la part du corps enseignant francophone qui se sent peu outillé, armé ou compétent dans le domaine pour se lancer dans des activités scientifiques. Mais force est de constater qu'en FW-B, nous ne disposons pas de données précises quant aux pratiques de classe ni au temps consacré aux apprentissages en science dans l'enseignement fondamental. De plus, le concept d'activation reste peu connu pour les enseignants et lorsqu'il s'agit de s'intéresser à la qualité de notre enseignement au niveau primaire, les perceptions des élèves quant aux pratiques d'enseignement-apprentissage sont peu considérées, contrairement à ce qui se fait par exemple en Allemagne (Fauth et al., 2014).

C'est sur ces constats que s'appuie notre recherche. Ils nous ont inspiré la question de recherche qui sera développée dans la partie pratique de ce mémoire.

PARTIE PRATIQUE

CHAPITRE 4 : Question de recherche

L'objectif de notre recherche est de **construire** et de valider **des échelles en langue française qui visent à mesurer les perceptions d'élèves de 5^e et 6^e année primaire de la région liégeoise de l'activation cognitive mise en place par leur enseignant au cours d'éveil scientifique.**

Pour construire ces échelles, nous nous appuyons sur notre revue de littérature afin de rédiger des items qui visent à mesurer d'une part, l'activation cognitive générale mobilisable pour l'apprentissage des sciences également (Klieme et al., 2009 ; Baumert et al., 2010 ; Fauth et al., 2014 ; Praetorius et al., 2018) et d'autre part, l'activation cognitive spécifique à la démarche d'investigation. Pour cet aspect, nous nous basons sur les socles de compétences en initiation scientifique (FW-B, 1999), le programme des études de l'enseignement fondamental de Wallonie-Bruxelles Enseignement (2009), le programme d'éveil au cycle 4 de la Fédération de l'Enseignement Fondamental Catholique (FédEFoC, n.d.), des items extraits de TIMSS 2015 (Martin, Mullis, & Foy, 2013) et, présentés dans les travaux de Teig et al. (2019).

Ensuite, nous tâchons de répondre à la question suivante : « **Les échelles construites ont-elles des qualités psychométriques permettant leur validation ?** ».

Dans la littérature francophone, une échelle de perception d'activation cognitive reste peu connue, ce qui fonde l'intérêt de notre recherche.

Par ailleurs, nous la développons dans un autre domaine d'apprentissage que celui du cours de mathématique qui a principalement fait l'objet des études de Klieme et ses collègues (2006 ; 2009).

En outre, nous postulons que le fait de construire et valider ces échelles de mesure de perceptions des élèves, incite non seulement à décrire mais aussi à approfondir la compréhension du concept d'activation cognitive en général, auprès d'élèves de 5^e et 6^e primaire au cours d'éveil scientifique, en particulier.

CHAPITRE 5 : Méthodologie

1. Présentation générale

Afin de répondre à notre question de recherche « Les différentes échelles construites en langue française, qui visent à mesurer les perceptions d'élèves de 5^e et 6^e année primaire de la région liégeoise de l'activation cognitive mise en place par leur enseignant au cours d'éveil scientifique, ont-elles des qualités psychométriques qui permettent leur validation ? », nous avons d'abord favorisé une approche qualitative pour élaborer les échelles et ensuite, une approche quantitative pour tenter de les valider.

Dès lors, dans un premier temps, nous avons élaboré un questionnaire dans le respect des règles techniques et des recommandations en matière de construction d'items et de questionnaires (Lafontaine, 2019).

Dans un second temps, nous avons prétesté ce questionnaire en laboratoires cognitifs auprès d'un échantillon réduit d'élèves invités à verbaliser leurs pensées pendant qu'ils répondent au questionnaire. Ces laboratoires cognitifs, qui se déroulent sous forme d'entretiens, visent à améliorer la validité, la fidélité et la praticabilité du questionnaire.

Ensuite, nous avons soumis le questionnaire finalisé à l'intégralité de l'échantillon. Un dispositif de collecte et d'encodage des données a alors été mis en place.

Enfin, nous avons réalisé les analyses statistiques adéquates pour évaluer les qualités psychométriques des échelles construites afin de tenter de les valider.

Ces différentes étapes de notre recherche sont détaillées dans les paragraphes suivants.

2. Élaboration du questionnaire de recherche

2.1. Présentation du questionnaire

Dans un premier temps, afin de mesurer les perceptions des élèves de 5^e et 6^e primaire de l'activation cognitive mise en place par leur enseignant au cours d'initiation scientifique, nous nous sommes basée sur les éléments développés dans notre revue de littérature pour concevoir une échelle qui se compose de **23 items**. Celle-ci doit faire l'objet de laboratoires cognitifs afin de l'optimiser en vérifiant auprès d'un échantillon de 5 élèves de P5 et P6, la stricte compréhension de chaque item. Ce questionnaire, tel qu'il a été soumis aux élèves participants aux laboratoires cognitifs, se trouve à l'annexe 4.

Les 23 items y sont répartis en **3 parties** distinctes, selon qu'ils ont trait aux connaissances préalables (4 items), aux tâches ouvertes, complexes et stimulantes (11 items) ou encore, aux pratiques discursives et aux échanges argumentatifs (8 items). Au sein de chaque partie du questionnaire, nous distinguerons les 15 items qui concernent **l'activation cognitive en général (ACG)** des 8 items propres à **l'activation cognitive spécifique à la démarche d'investigation (ACDI)**³³.

La perception de se voir proposer des tâches qui activent et s'appuient sur ses connaissances préalables sera questionnée par 4 items (1 ACG et 3 ACDI). En effet, les items 1 à 3 visent à mesurer l'activation cognitive spécifiques à la démarche d'investigation puisqu'ils sont en lien avec le questionnement et l'émission d'hypothèses développés dans la première étape de la démarche d'investigation menée en classe (cf. figure 2, page 23). Par ailleurs, l'item 4 est inspiré de deux items issus du questionnaire contextuel soumis aux enseignants en sciences dans le cadre de l'étude TIMSS 2015³⁴, dans la catégorie « Activation cognitive en général ».

Le caractère complexe, ouvert et stimulant de la tâche (11 items dont 6 ACG et 5 ACDI) est surtout opérationnalisé avec les deux étapes suivantes de la démarche d'investigation qui consistent à investiguer des pistes de recherche et, à structurer et communiquer les résultats (cf. figure 2, page 23). Ce sont essentiellement

³³ Pour faciliter la lecture, ACG désignera dorénavant les items qui visent à mesurer l'Activation Cognitive en Général tandis que ACDI sera utilisé pour désigner l'Activation Cognitive spécifique à la Démarche d'Investigation.

³⁴ Cf. Annexe 3.

les travaux de Atlay et al. (2019) et, Praetorius et al. (2018), qui ont mené à la rédaction des items 5, 6 et 7 qui concernent l'activation cognitive en général tandis que les socles de compétences (FW-B, 1999) ont inspiré les items 8, 9 et 14 pour l'activation cognitive spécifique à la démarche d'investigation. Par ailleurs, les items 10, 11, 12, 13 et 15 proviennent de l'étude TIMSS 2015³⁵. Les 3 premiers items concernaient l'activation cognitive en général tandis que les deux suivants se rapportaient à l'activation cognitive spécifique à la démarche d'investigation en sciences.

La dimension « Tâche qui suscite des pratiques discursives ou des échanges argumentatifs » (8 items ACG) est caractérisée par la place de l'argumentation dans le processus d'apprentissage en sciences développée dans le chapitre 2 des fondements théoriques et soutenus par les travaux de Altay et al. (2019) ; Baumert et al. (2010) ; Klieme et al. (2006), Lipowsky et al. (2009) et, Rakoczy et al. (2005). A ce titre, les items 17 à 23³⁶ sont considérés comme relevant de l'activation cognitive en général, tout comme l'item 16 qui a été traduit d'un item soumis aux enseignants en sciences lors de l'étude TIMSS 2015³⁷.

Selon Lafontaine (2019), la création d'échelles de Lickert se prête particulièrement bien à l'évaluation de valeurs subjectives ou de perceptions comme il en est question ici. D'autre part, lorsque les questions portent sur un sujet bien connu des répondants, il est recommandé d'éviter une tendance centrale afin de faire en sorte que ces derniers se positionnent réellement (Lafontaine, 2019). Parce que le questionnaire porte sur la perception qu'a l'élève de ce qui est mis en place ou de ce qu'il vit au cours de sciences, il paraît plausible que le répondant ait un avis sur la majorité des items proposés. Aussi, c'est une échelle à quatre niveaux d'accord ou de fréquence qui a été créée. C'est en fonction de leur nature que les items ont été répartis dans les différentes échelles. C'est ainsi que les items 1 à 9 relèvent de l'échelle d'accord (1= Pas du tout d'accord, 2= Pas d'accord, 3= D'accord, 4= Tout à fait d'accord) tandis que les items 10 à 23, quant à eux, relèvent d'une échelle de fréquence (1= Jamais ou presque jamais, 2= Une fois par mois, 3= Moins d'une fois par semaine,

³⁵ Cf. Annexe 3.

³⁶ Les items 17 à 23 ont été construits par l'étudiante-chercheuse (Cf. Annexe 4)

³⁷ Cf. Annexe 3.

4= À chaque cours d'éveil scientifique). Remarquons que l'échelle de Lickert est présentée de manière ascendante car c'est plus logique et naturel pour l'enfant.

À nouveau, selon les recommandations de Lafontaine (2019), ce questionnaire a été mis à l'essai via des laboratoires cognitifs. C'est ce cas particulier de mise à l'essai d'un questionnaire qui fera l'objet des paragraphes suivants.

2.2. Pré-test du questionnaire en laboratoires cognitifs

Afin d'améliorer la validité, la fidélité et la praticabilité du questionnaire, il est préconisé de le prétester (Lafontaine, 2019). Cette démarche a pour buts principaux de vérifier la clarté des items et d'éliminer les ambiguïtés dans leur formulation. Par ailleurs, cette phase de prétest permet également d'obtenir un feedback sur les représentations des répondants quant aux différentes questions qui leur sont posées afin de vérifier la cohérence entre leurs réponses et les objectifs poursuivis.

C'est dans cette optique que des laboratoires cognitifs ont été mis en place auprès d'un échantillon réduit d'élèves de 5^e et 6^e année primaire pour mettre le questionnaire à l'essai par une approche qualitative.

2.2.1. Description de l'échantillon

Au sein d'un établissement scolaire liégeois, un appel a été lancé dans une classe du cycle 4 réunissant aussi bien des élèves de 5^e que des élèves de 6^e primaire afin d'inviter des volontaires à participer à la recherche. Avant de remettre les lettres explicatives et les formulaires de consentement adéquats, la chercheuse a expliqué l'origine du projet, l'objet et les objectifs de l'étude ainsi que ses engagements quant au respect de la confidentialité. Les cinq premiers élèves à s'être portés volontaires avec l'accord de leurs parents pour être filmés, ont constitué l'échantillon pour les laboratoires cognitifs. Pour sauvegarder leur anonymat, ils sont nommés É1 à É5³⁸ et leurs caractéristiques sont synthétisées dans le tableau suivant :

³⁸ Les élèves sont numérotés dans l'ordre de leur participation aux laboratoires cognitifs.

Élèves participants	É1	É2	É3	É4	É5
Sexe	Fille	Fille	Garçon	Fille	Fille
Classe	P5	P6	P6	P6	P6
Date de participation	31/05/21 dès 12h00	31/05/21 dès 15h30	01/06/21 dès 12h00	03/06/21 dès 12h00	04/06/21 dès 12h00

Figure 3 : Description de l'échantillon des laboratoires cognitifs.

2.2.2. Méthode

Les laboratoires cognitifs se sont tenus dans l'école dans laquelle sont scolarisés les élèves de l'échantillon et, où travaille l'étudiante-chercheuse. Ils ont été menés en face à face entre l'adulte interviewer et chaque élève volontaire à son tour. Chacun des 5 élèves a été invité à compléter le questionnaire en verbalisant ses pensées pendant qu'il répondait aux différentes questions qui visent à mesurer sa perception de l'activation cognitive mise en place par son enseignant au cours d'éveil scientifique.

Chaque entretien d'une durée de 50 à 70 minutes environ, a fait l'objet d'un enregistrement vidéo. In fine, l'image s'est avérée utile pour détecter ce qui semblait poser problème aux répondants : un item qu'il devait relire plusieurs fois ou pour lequel il n'arrivait pas à se positionner, par exemple³⁹. Les pistes audios, quant à elles, ont permis une analyse assez précise des réponses à posteriori. Nous y reviendrons.

Pour mener les entretiens, nous nous sommes principalement appuyée sur le rapport technique « Cognitive Labs » de Pearson, rédigé en 2004 par Zucker, Sassman & Case et, traduit par D.Jaegers (Lafontaine, 2019). Ce rapport nous donne des clés pour voir plus clair sur la manière dont les élèves interrogés interprètent les différents items. Amenés à penser à voix haute ou, à expliquer le raisonnement qui les pousse à cocher telle ou telle réponse, les élèves sont dans un « rapport verbal » (Ericsson & Simon, 1999 cités par Zucker et al., 2004) qui peut être considéré comme une source importante de données qualitatives à exploiter pour optimiser notre questionnaire. En effet, les données qualitatives obtenues dans les laboratoires cognitifs soulignent surtout des problèmes susceptibles de nuire à la qualité du questionnaire. Ces problèmes sont de différents ordres (Wilson et Peterson, 1999 cités par Zucker et al., 2004) :

³⁹ Les indices fournis par l'image sont répertoriés dans les données comportementales du compte rendu des laboratoires cognitifs (Cf. Annexe 5)

- Des items peu clairs et sujets à différentes interprétations
- Des instructions qui sont trop compliquées ou difficiles à lire
- Des inadéquations entre un item et des réponses apportées

Par ailleurs, les laboratoires cognitifs facilitent l'identification des « sources de confusion et d'incompréhension » (National Center for Education Statistics [NCES], 2002 cité par Zucker et al., 2004) dans les items qui posent problème. Enfin, les problèmes récurrents fournissent une tendance claire mais à contrario, ce n'est pas parce qu'un problème ne surgit que très rarement qu'il n'est pas essentiel d'en tenir compte pour garantir la qualité du questionnaire (Willis, 1999 cité par Zucker et al., 2004).

Ce sont donc ces différents aspects qui ont guidé nos entretiens et qui retiendront notre attention lors de l'analyse des vidéos. Pour chacune d'elles et concernant chaque item, nous nous posons les questions suivantes :

- Cet item semble-t-il clair pour l'élève interrogé ?
Doit-il le relire plusieurs fois ?
Montre-t-il des signes d'hésitation avant de répondre à la question ?
Si oui, quelle en serait la ou les raisons ?
- Cet item est-il source d'incompréhension ?
Quelle formulation serait trop compliquée à lire ou à comprendre ?
- L'élève interrogé interprète-t-il l'item comme nous nous y attendions ?
Qu'est ce qui en témoigne ou non dans son rapport verbal ?
Les élèves ont-ils tous, la même interprétation de l'item ?
- La réponse écrite apportée par l'élève est-elle en adéquation avec son rapport verbal, qu'il soit concurrent ou rétrospectif⁴⁰?

En outre, une attention particulière doit être portée au fait d'éviter au maximum d'influencer la réponse de l'élève. En effet, lorsqu'il suscite un rapport verbal rétrospectif, il peut arriver que l'interviewer influence l'élève malgré lui. Pour éviter ce genre de biais, Pearson suggère non seulement de préparer l'interview avec des

⁴⁰ Lors d'un rapport verbal concurrent, l'élève explique son choix tout en répondant à la question. Par contre, lorsqu'il répond d'abord et qu'il verbalise ensuite ce qu'il a pensé de la question à postériori, il est dans un rapport verbal rétrospectif.

questions précises mais également, de s'entraîner à rester neutre dans la collecte de données (Zucker et al., 2004).

Lors des laboratoires cognitifs menés dans le cadre de cette étude, les questions citées précédemment ont servi de guide aux entretiens. Par ailleurs, lorsque l'étudiante-chercheuse sentait qu'elle avait peut-être influencé un élève, celle-ci veillait tout particulièrement à rester plus neutre lors des entretiens suivants en se limitant à poser des questions ouvertes qui n'appelaient pas de validation de sa part.

La retranscription des passages audios les plus significatifs pour valider, améliorer, ajouter ou supprimer certains items, se trouve en annexe 5. Pour chacune des trois parties du questionnaire et pour chaque item, sont indiqués les réponses, les rapports verbaux concurrents ou rétrospectifs des élèves, des données comportementales relevées sur les images filmées ainsi qu'une conclusion des échanges ou une conclusion générale quant à l'item ou au type d'échelle utilisée. Ce sont ces données qui ont permis l'analyse utile à l'amélioration du questionnaire.

2.2.3. Analyse du pré-test

Comme précisé précédemment, un compte rendu des laboratoires cognitifs se trouve en annexe 5. Il s'apparente à une évaluation des items initiaux qui a pour objectif d'améliorer le questionnaire à diffuser à plus large échelle et reprend toutes les données utiles à l'analyse.

Nous nous appuierons donc sur ce compte rendu pour exposer les raisons significatives pour lesquelles certains items resteront inchangés ou, seront reformulés voire supprimés suite aux laboratoires cognitifs.

2.2.3.1. Des items inchangés

Globalement, les laboratoires cognitifs ont révélé que les items suivants ne posaient pas de problème :

N°	Intitulé de l’item
i 3	L’enseignant nous demande d’émettre des hypothèses pour essayer d’expliquer un phénomène ou une observation.
i 5	L’enseignant propose des activités qui nous demandent un certain temps de réflexion.
i 7	L’enseignant nous pose des questions ouvertes, c’est-à-dire, des questions auxquelles il ne suffit pas de répondre par oui ou non.
i 9	L’enseignant nous demande d’expliquer le fonctionnement d’un phénomène observé (par exemple, l’ampoule d’un circuit électrique s’allume ou s’éteint, l’eau change d’état, etc.).
i 10	L’enseignant <i>apporte du matériel en classe</i> ⁴¹ .
i 11	L’enseignant propose des activités qui donnent envie d’en apprendre davantage.
i 14	L’enseignant nous propose d’imaginer les étapes d’une expérience.
i 15	L’enseignant nous propose des activités <i>en dehors de la classe</i> ⁴² (par exemple, des visites, des expériences dans la cour, des observations dans la nature, etc.).
i 17	L’enseignant nous demande de comparer nos stratégies ou nos résultats.
i 19	L’enseignant nous demande de dire pour quelles raisons nous sommes d’accord avec ce qu’un autre élève explique ou pour quelles raisons, nous ne sommes pas d’accord.
i 20	L’enseignant nous demande de justifier nos réponses à ses questions.

Figure 4: Items inchangés suite aux laboratoires cognitifs.

Pour la plupart de ces items, en effet, les réponses apportées par les élèves semblaient en adéquation avec l’item considéré. Cela ne signifie pas forcément que tous les élèves ont apporté la même réponse pour chacun de ces items. Cela démontre par contre que les perceptions des élèves sont différentes.

Les échanges qui illustrent sans doute le mieux ces constats sont ceux menés avec les élèves 1, 2 et 3 en ce qui concerne **l’item 20** : « L’enseignant nous demande de justifier nos réponses à ses questions. » :

⁴¹ TIMSS 2015

⁴² TIMSS 2015

Élève	Réponse cochée	Verbatims
É1	Jamais ou presque jamais	« On ne justifie pas nos réponses oralement : il y a trop de bruit en classe. »
É2	À chaque cours d'éveil	« Justifier, ça veut dire pourquoi on a cette réponse à cette question, c'est ça ? »
É3	Une fois par mois	« On ne le fait pas tout le temps [...] en éveil scientifique, il n'y a pas vraiment d'exercices qui demandent de justifier sa réponse. »

Ces verbatims démontrent que chaque élève a bien compris l'item puisque sa réponse est cohérente avec ce qu'il verbalise. Mais aussi, que chacun a une perception différente de la fréquence à laquelle les élèves sont invités à justifier leurs réponses aux questions posées par leur enseignant alors qu'ils sont dans la même classe, au même moment et avec la même enseignante pour le cours d'éveil scientifique.

Par ailleurs, lors des laboratoires cognitifs, il est arrivé que les élèves participants ne semblaient pas vraiment interpréter l'item tel que l'étudiante-chercheuse l'entendait au moment de sa rédaction. C'est le cas pour les items 11 et 17 qui retiendront notre attention dans les paragraphes suivants.

L'item 11⁴³ est resté inchangé même si le terme « activité », semblait porter à confusion. En effet, lorsque l'étudiante-chercheuse demande aux élèves d'exemplifier ce qui donne envie d'en apprendre davantage ou ce qu'ils entendent par le mot activité, les réponses des élèves sont les suivantes :

Élève	Verbatims
É1	« Parfois, on regarde des petites vidéos et ça donne envie. »
É2	« Quand l'enseignant propose des activités, c'est toujours mieux pour les enfants et ça permet de travailler dans la bonne humeur, en s'amusant. »
É3	« Des activités, on n'en fait presque jamais. »
É5	« Une activité, c'est quand on fait des expériences ou qu'on regarde une vidéo ou, quand on est en groupe. Ça nous donne envie d'en apprendre plus [...] Faire des recherches ou compléter des dossiers, je n'appellerais pas ça « activité » mais, « travailler plus sérieusement ».

⁴³ Cf. Figure 4, page 47.

L'enjeu était ici de questionner les élèves sur leur perception de la nature stimulante des tâches qui leur sont proposées au cours d'éveil scientifique. Dans leurs réponses, les élèves se situent plutôt au niveau du caractère insolite ou amusant de la tâche.

Malgré ce constat, l'item 11 restera inchangé car aucun autre terme qui remplacerait celui d'activité n'a été proposé par les élèves mis à part, le mot exercice qui nous semblait quand même moins approprié à ce domaine d'apprentissage.

Dans le même ordre d'idée, l'item 17⁴⁴ semble difficile à améliorer mais reste intéressant. Il devra donc attirer notre attention lors de l'interprétation des analyses statistiques car, comme en témoignent les propos des élèves relevés ci-dessous, il n'a pas été possible de déterminer si les élèves se situaient au niveau du partage de leurs stratégies ou, de leurs réponses. Dans la première perspective, il est possible qu'il y ait une réelle activation cognitive mise en place. Dans la seconde, c'est bien moins probable et ça l'est d'autant moins en considérant le rapport verbal de l'élève 4 :

Élève	Verbatims
É1	« À chaque fois qu'on corrige quelque chose, on le corrige tout le temps en classe, tous ensemble et on compare nos réponses et on donne nos stratégies pour y arriver et si on a été voir quelque part ou pas. »
É2	« Madame va donner une réponse et va nous demander ce que nous avons mis comme réponse et tout le monde va répondre. »
É3	« Notre enseignante ne nous demande pas de partager ni nos stratégies, ni nos résultats. »
É4	« Au cours d'éveil scientifique, à chaque fois qu'on fait une feuille, on la corrige. »

2.2.3.2. Des items reformulés

Les laboratoires cognitifs ont permis d'identifier les items à améliorer en les reformulant à l'aide des témoignages des élèves participants. Les écouter attentivement permet non seulement de s'approprier le lexique commun aux élèves de cet âge mais aussi, de mieux comprendre leur contexte d'apprentissage. L'objectif de cette démarche est ensuite, de tenter de réinvestir ces informations et ces constats pour

⁴⁴ Cf. Figure 4, page 47.

la reformulation d'items mieux adaptés au public cible. Les commentaires suivants font état de ces améliorations et pour plus de clarté, les modifications apportées aux items initiaux ont été soulignées :

N°	Version initiale	Version finale
i 1	L'enseignant nous demande souvent de dire, d'écrire ou de dessiner ce que nous connaissons déjà d'un sujet avant d'en parler	<u>Avant de commencer à parler d'un nouveau sujet, l'enseignant nous demande de dire, d'écrire ou de dessiner ce que nous connaissons déjà.</u>
i 2	À partir d'une observation, d'une expérience ou d'une réflexion d'un élève, l'enseignant nous invite souvent à nous questionner	<u>L'enseignant nous demande de nous poser des questions à partir d'une observation, d'une expérience ou d'une réflexion d'un élève.</u>
i 4	L'enseignant nous invite à faire des liens avec ce que nous connaissons déjà	<u>L'enseignant tient compte de ce que nous connaissons déjà d'un sujet avant de continuer à apprendre sur ce thème</u>
i 8	L'enseignant nous demande parfois de chercher des informations dans des livres ou des textes documentaires	L'enseignant nous demande parfois de chercher des informations dans des <u>textes</u> ou des <u>livres</u> documentaires.
i 13	L'enseignant nous demande de <i>réaliser des expériences ou des recherches</i> ⁴⁵	L'enseignant nous demande de réaliser des <u>recherches</u> ou des <u>expériences</u> .
i 16	L'enseignant <i>encourage les discussions entre nous, les élèves de la classe</i> ⁴⁶ »	L'enseignant <u>organise des discussions ou des débats</u> entre les élèves de la classe.
i 22	L'enseignant nous incite à reformuler les propos d'un autre élève pour s'assurer que nous avons bien compris ce qu'il voulait dire.	L'enseignant nous incite à reformuler les propos d'un autre élève.
i 21	L'enseignant nous encourage à reformuler ses propos, c'est-à-dire, exprimer ce qu'il a dit avec nos propres mots.	L'enseignant nous demande de reformuler ses propos, c'est-à-dire, exprimer ce qu'il a dit avec nos propres mots.
i 23	L'enseignant nous propose d'expliquer ce que nous avons compris d'un phénomène ou d'une expérience vécue	L'enseignant nous propose d'expliquer ce que nous avons <u>appris ou compris, à la fin du cours d'éveil scientifique</u>

Figure 5: Items reformulés suite aux laboratoires cognitifs.

⁴⁵ TIMSS 2015

⁴⁶ TIMSS 2015

Concernant **l’item 1**, c’est principalement le feedback des élèves 1 et 2 qui nous a poussée à mettre en évidence le fait qu’on se situe **avant** l’apprentissage d’une nouvelle notion. Les laboratoires cognitifs se déroulant début juin, ces élèves semblaient bloqués dans leur contexte de révisions de fin d’année scolaire :

- É1 : *Je suis d’accord parce qu’il y a des élèves qui comprennent mieux en dessinant et en parlant et ils ont plus facile **pour étudier**.*

MFV⁴⁷ : *J’insiste sur le mot « avant » est-ce qu’avant de commencer à apprendre à un sujet, l’enseignant vous demande de mettre sur papier ce que vous connaissez déjà de ce sujet ?*

É1 : *Non, sauf quand on fait des **révisions**.*

- É2 : *Je suis d’accord parce que ça peut peut-être nous aider à dire ce qu’on connaît déjà et peut-être, **réviser** [...]*

À propos de **l’item 2⁴⁸**, les élèves accrochaient généralement sur le terme « invite », synonyme d’invitation. Il est en effet plus courant qu’un enseignant formule une demande plutôt que de lancer une invitation, et donc, nous avons fait la modification suggérée par l’élève 2 à ce sujet :

- MFV : *Qu’est-ce que tu comprends quand je dis « L’enseignant nous invite souvent à nous questionner ? » Tu pourrais redire ça avec d’autres mots ?*

É2 : *Ben, que l’enseignant **demande**, par exemple, ...*

Par ailleurs, plusieurs élèves ont relu cet item qui leur paraissait compliqué. C’est surtout le terme « questionner » qui semblait source de confusion quant à la personne qui questionne d’une part et d’autre part, à la personne qui est susceptible de répondre. D’emblée, les élèves ont l’habitude que ça soit l’enseignant qui questionne les élèves ou vice versa. Se poser des questions avant d’entamer une recherche semble moins courant et donc, dans leurs rapports verbaux, les élèves avaient tendance à faire l’amalgame :

- É3 : *L’enseignante nous demande plutôt les réponses.*
- MFV : *[...] Est-ce que vous vous posiez des questions à propos de ce que vous observiez ?*

É4 : *[...] Oui, à chaque fois, à la fin du cours, je demandais quelque chose à l’enseignant.*

⁴⁷ MFV= Marie-Françoise Verstrepen

⁴⁸ Cf. Figure 5, page 50.

- MFV : « *L'enseignant nous invite souvent à nous questionner* ». *Qu'est-ce que tu comprends par-là ?*

É5 : *Ça veut dire : « Si on a des questions, on demande les réponses à Madame ».*

Ces propos montrent que l'interprétation du concept de questionnement des élèves diffère de celle de l'étudiante-chercheuse. D'autre part, les interprétations des élèves sont relativement proches les unes des autres : l'enseignant questionne les élèves pour avoir des réponses et les élèves questionnent l'enseignant s'ils n'ont pas trouvé les réponses. Afin d'éviter que les répondants n'interprètent pas le mot « questionner » comme étant lié au questionnement de l'enseignant, ce terme sera précisé. Par ailleurs, l'item sera formulé de telle sorte que les informations les plus importantes apparaissent en premier lieu comme il en sera encore question ci-dessous pour l'item 8, notamment.

L'item 4⁴⁹ a dû faire l'objet d'une reformulation relativement importante. En effet, les 3 premiers élèves participants ont tous manifesté le fait qu'ils ne comprenaient pas l'item et donc, qu'il leur était impossible de se positionner par rapport à celui-ci :

- É3 : *Je ne comprends pas...Ce qui m'embête, c'est « à faire des liens » ; le reste j'ai compris mais ça pas.*

Dès lors, nous avons créé un item 4 bis⁵⁰. Les élèves 4 et 5 ont donc reçu le questionnaire avec l'item 4 et l'item 4 bis et leur réaction a été unanime. Parce qu'il semblait plus explicite, c'est donc l'item 4 bis qui a été retenu pour la version finale.

Dans **les items 8 et 13**, des termes importants ont été inversés car les laboratoires cognitifs révèlent que les élèves de cet âge auraient tendance à répondre en fonction de la première information reconnue, sans trop considérer la suivante. Concernant **l'item 8** par exemple, l'élève 3 témoigne :

É3 : *Je ne sais pas quoi répondre parce qu'on ne le fait jamais dans des livres mais dans les documents, oui. [...]*

É3 : *En fait, ce n'est pas le mot documentaire qui m'a gêné, c'est plus le mot livre. [...] Si on avait juste écrit : « L'enseignant nous demande parfois de chercher des informations dans des textes documentaires », j'aurais répondu plus facilement qu'avec des livres.*

⁴⁹ Cf. Figure 5, page 50.

⁵⁰ Cf. Annexe 5.

MFV : *J'aime bien garder le mot livre parce que dans certaines écoles, les élèves ont des livres d'éveil scientifique. Peut-être pourrions-nous inverser les 2 mots, alors ?*

É3 : *Oui, comme ça, j'aurais réussi à cocher. En fait, je me serais arrêté à*⁵¹*textes et je serais passé à la question suivante.*

Pour l'**item 13**, ce sont les propos de l'élève 4 qui sont révélateurs :

E4 : *J'ai mis « Jamais ou presque jamais » par rapport aux expériences parce que, comme on n'en fait presque jamais...*

MFV : *Mais le mot recherche est important aussi. J'aimerais savoir si vous avez l'impression que vous devez être actifs au cours d'éveil scientifique ; si vous devez chercher des réponses, faire des essais, réfléchir, etc.*

E4 : *Oui, ben alors, à chaque cours d'éveil, on cherche chaque fois quelque chose. (C'est la case opposée que l'élève 4 cochera finalement : « À chaque cours d'éveil scientifique ».)*

Les propos des élèves 3 et 4 se révèlent utiles pour comprendre qu'il vaut mieux évoquer en priorité les ressources ou les pratiques les plus courantes pour les élèves.

L'**item 16** a été traduit de l'item TIMSS (2015)⁵² qui s'adressait aux enseignants en anglais. Dès lors, les laboratoires cognitifs ont permis de l'adapter non seulement du point de vue de la langue française mais également, par rapport à l'âge du public cible. Ce sont principalement les termes « encourage » et « discussion » qui prêtaient à confusion. Les élèves interprétaient l'action d'encourager comme le fait de supporter ou d'acclamer plus que comme le fait d'inciter ou d'organiser des moments d'échanges. Le terme « discussion » a été quant à lui confondu avec des conversations ou des bavardages. Étant donné que la pratique de débat semblait connue des élèves interrogés, le mot discussion a été précisé et l'item 16 a été amélioré.

L'**item 22** a été raccourci afin d'éviter des confusions inutiles et de se limiter à l'essentiel : la reformulation. En effet, c'est dans le fait de reformuler qu'il y a activation cognitive et ce, quelle qu'en soit la finalité.

⁵¹ Cf. Figure 5, page 50.

⁵² How often do you do the following in teaching this class ? e) Encourage classroom discussions among students. »

Enfin, l'**item 23** a été modifié car les élèves se focalisaient généralement sur le terme « expérience ». Dès lors, leurs réponses n'étaient pas en adéquation avec l'item dans la mesure où, partant du principe qu'ils ne menaient pas ou peu d'expériences, ils avaient tendance à répondre « Jamais ou presque jamais » alors que dans leurs rapports verbaux rétrospectifs, ils exprimaient le contraire. Ceci est illustré par les propos de l'élève 3 qui a finalement clôturé l'entretien en cochant la case « À chaque cours d'éveil scientifique » :

- É3 : *Je ne sais pas quoi mettre parce que des expériences, on n'en fait pas souvent.*

MFV : *Ça peut être au sujet d'autre chose que des expériences. Dis-moi un peu ce que vous avez appris dernièrement en éveil scientifique.*

É3 : *Avec les matières. On a appris qu'un liquide, par exemple, on ne savait pas le garder en main, tandis qu'un solide, bien.*

MFV : *C'est une explication de la notion de solide ou de liquide que tu me donnes là et pourtant, il n'est pas forcément question d'expérience. Est-ce que parfois, en classe, tu dois redire ce que tu as appris comme tu viens de le faire ici avec les solides et les liquides ?*

2.2.3.3. Des items supprimés

N°	Intitulé de l'item
i 6	L'enseignant nous fournit des exercices pour lesquels plusieurs solutions sont possibles
i 12	L'enseignant nous laisse choisir nos propres stratégies pour résoudre un problème
i 18	L'enseignant nous invite à argumenter, c'est-à-dire, essayer de convaincre les autres que ce qu'on affirme est juste

Figure 6 : Items supprimés suite aux laboratoires cognitifs.

L'**item 6** a été supprimé car, d'après la majorité des élèves interrogés, cet item paraît plus adapté au domaine des mathématiques qu'au domaine de l'éveil scientifique. Le garder risquerait de semer la confusion et insidieusement, laisser les élèves glisser dans une autre discipline que celle de l'éveil scientifique.

C'est pour la même raison que l'**item 12** a été supprimé également, d'autant plus que l'expression « choisir nos propres stratégies » semble prêter à confusion chez la plupart des élèves interrogés.

L'item 18 révélait un phénomène de redondance dans les intitulés comme évoqué par Lafontaine (2019). En effet, le terme « argumenter » signifie « expliquer les raisons pour lesquelles on est d'accord ou pas ». Cette formulation a déjà été utilisée dans un autre item et semble mieux comprise par des élèves de cet âge. C'est donc l'item 19 qui sera privilégié : « L'enseignant nous demande de dire pour quelles raisons nous sommes d'accord avec ce qu'un autre élève explique ou pour quelles raisons, nous ne sommes pas d'accord. »

2.2.4. La modification des intitulés de l'échelle de fréquence

Alors que les laboratoires cognitifs n'ont révélé aucune incompréhension ou difficulté liées à l'échelle d'accord, les rapports verbaux des élèves ont démontré qu'il était nécessaire d'améliorer les intitulés centraux des échelles de fréquence.

- É2 (item 11) : *C'est environ une fois par mois mais, des fois, on peut le faire une fois par semaine mais c'est rare.*
- É3 (item 12) : *Là, j'hésite entre la 3^e et la 4^e (case à cocher) parce que, on le fait mais je ne sais pas si on le fait à chaque fois ou plus ou moins d'une fois par semaine.*

MFV : *Moins d'une fois par semaine, ce n'est pas une fois par semaine. C'est par exemple, une fois toutes les 2-3 semaines.*

É3 : *On le fait plus mais pas à chaque cours.*

- É3 (item 15) : *Je ne vais pas répondre jamais puisque c'est arrivé plusieurs fois mais c'est rare.*

MFV : *Ça t'aiderait si on indiquait : jamais ; rarement ; parfois...*

É3 : *Oui et alors, la plupart de mes réponses iraient dans rarement.*

- É4 (item 11) : *C'est à chaque fois qu'on apprend qu'on a envie d'en apprendre davantage mais, ça n'est pas proposé puisqu'on ne propose que « jamais », « une fois par mois » etc.*

É4 (item 23) : *[...] Ben, je ne sais pas parce que, comme vous l'avez dit tout à l'heure, j'aurais préféré une case « rarement » parce que ça arrive quand même quelque fois.*

C'est ainsi que « Une fois par mois » est devenu « À quelques cours d'éveil scientifique » et que « Moins d'une fois par semaine » a été remplacé par « À la plupart des cours d'éveil scientifique ».

L'élève 5 a eu l'occasion de tester les deux types d'échelle de fréquence et sa réaction a été plutôt positive quant aux corrections apportées.

Un tableau synthétique qui reprend les changements opérés suite aux laboratoires cognitifs se situe en annexe 6. Celui-ci peut encore se synthétiser comme suit :

	Items inchangés		Items reformulés		Items supprimés		Echelle modifiée
Dimensions	ACG ⁵³	ACDI ⁵⁴	ACG	ACDI	ACG	ACDI	
Connaissances préalables		i3	i4	i 1 i 2			
Tâches complexes et stimulantes	i5 i10 i7 i11	i9 i14 i15		i 8 i 13	i 6 i 12		Les intitulés de l'échelle de fréquence ont été modifiés.
Pratiques discursives et échanges argumentatifs	i17 i19 i20		i 16 i 21 i 22 i 23		i 18		

Figure 7 : Synthèse des changements apportés au construct suite aux laboratoires cognitifs.

Les laboratoires cognitifs ont d'ores et déjà permis d'améliorer la validité et la praticabilité du questionnaire en tenant compte des confusions possibles et en y corrigeant les formules trop complexes, par exemple. Afin d'améliorer davantage la validité du questionnaire, l'étudiante-chercheuse a tenté de vérifier régulièrement si les élèves participants avaient le sentiment que leurs réponses correspondaient bien à ce que le questionnaire visait à mesurer. C'est ainsi qu'après avoir répondu aux quelques questions relatives à chacune des caractéristiques de l'activation cognitive, les élèves étaient conviés à réagir et à donner un avis plus général sur le construct.

En ce qui concerne la première partie du questionnaire, après avoir répondu aux quatre premières questions, les élèves étaient invités à dire si oui ou non, leurs réponses montraient qu'ils avaient l'impression que leur enseignant(e) d'éveil scientifique faisait le point sur ce qu'ils connaissaient déjà avant d'aborder une nouvelle matière ou, si leur enseignant(e) tenait compte de ce qu'ils savaient déjà pour poursuivre l'apprentissage. Les élèves semblaient avoir difficile s'exprimer à ce sujet. En effet, ils acquiesçaient aux différentes propositions ou questions de l'interviewer mais n'exprimaient pas spontanément quoi que ce soit qui confirmait leur accord. Et

⁵³ ACG : Activation Cognitive Générale.

⁵⁴ ACDI : Activation Cognitive spécifique à la Démarche d'Investigation.

donc, même si globalement, les élèves interrogés ont pu clairement expliciter leurs réponses et dire ce qu'ils avaient compris de chaque item, ce travail d'analyse par rapport à cette première partie entière du questionnaire, n'a pas été réellement concluant car, visiblement, trop complexe.

Par contre, pour la seconde partie du questionnaire, de l'item 5 à l'item 15, les élèves participants ont témoigné spontanément d'éléments repris dans la revue de littérature en ce qui concerne le fait de se voir proposer ou non des tâches complexes, ouvertes et stimulantes ainsi que des tâches relatives aux deux étapes suivantes de la démarche d'investigation des socles de compétences (FW-B, 1999) : « Investiguer des pistes de recherche » et « Structurer les résultats, les communiquer, les valider et les synthétiser ».

Par exemple, les verbatims suivants illustrent le fait qu'en éveil scientifique, les élèves participants ont le sentiment de se voir proposer des tâches complexes qui demandent réflexion, qui poussent à donner des explications et à justifier leur raisonnement. D'autre part, les élèves semblent régulièrement amenés à confronter leurs observations au regard de leurs pairs dans un esprit de co-construction des connaissances :

- É2 : [...] quand on peut faire des activités, que ce soit **en groupe** ou seul ou avec un autre camarade, ça peut aider parce qu'on n'a pas les mêmes opinions. On peut **se mettre d'accord** et on peut **réfléchir**. [...] Avant de **mettre en commun** et d'échanger nos réponses, on répond nous-même seuls avant d'**échanger**. Donc, on fait d'abord tout seul et puis, Madame nous dit de nous mettre en groupes, de 4, par exemple. [...] l'élève va répondre par son **explication** [...] Ce qui va permettre à l'élève de mieux **comprendre**. [...] Parce que parfois, on peut imaginer **les étapes d'une expérience**...Parfois, on doit remettre des étapes dans l'ordre [...] et puis, **on compare avec les autres**.
- É3 : Ah, par exemple, dire oui et après, **justifier**.
- É4 : Ben oui, parfois, on doit donner plus d'**explications**.

Par ailleurs, le témoignage suivant illustre une tâche stimulante qui représente un défi au sens où l'entendent Klieme, Lipowski et leurs collègues comme il en était question dans la revue de littérature

- É2 : Par exemple, une fois, Madame avait apporté un kit avec des ampoules et il fallait **chercher comment** ça pouvait s'allumer etc. À un moment, il fallait **expliquer** et c'est bien d'expliquer comme ça, on peut **apprendre de nos erreurs**.

Enfin, en ce qui concerne la dernière partie du questionnaire, même si les élèves estiment que les items sont clairs et qu'ils le seront d'autant plus avec les améliorations dont nous avons parlé ensemble, nous percevons qu'il y aurait peu de pratiques discursives, peu de débats ou d'échanges oraux organisés en classe dans le cadre du cours d'éveil scientifique, en tout cas.

Nous pouvons cependant conclure en considérant que, dans la mesure où les élèves interrogés ont estimé que globalement, leurs réponses aux items correspondaient bien à ce qu'ils vivaient au cours d'éveil scientifique et tout particulièrement, en ce qui concerne les items qui concernent les tâches complexes et ceux qui ont trait aux tâches qui suscitent des pratiques discursives, les laboratoires cognitifs ont globalement amélioré la validité du construct. Ceci nous a finalement amenée à proposer à l'échantillon décrit ci-dessous, un questionnaire de recherche de 20 items (Cf. Annexe 7).

3. Description de l'échantillon

Notre échantillon se compose de 259 élèves du cycle 4 qui ont donné leur consentement ainsi que celui de leurs parents pour répondre au questionnaire mesurant leur perception de l'activation cognitive mise en place par leur enseignant au cours d'éveil scientifique.

Nous avons cherché à ce que les élèves participants se répartissent de manière relativement équitable quant à la classe, la région, le réseau d'enseignement et l'indice socio-économique de leur école. Ces données sont détaillées ci-après.

N° de l'école	1	2	3	4	5	T O T A L
Région	Liège-ville	Liège-ville	Hesbaye	Ardennes	Liège-ville	
Réseau	Libre	Libre	Officiel	Libre	Libre	
ISE	1	8 ⁵⁵	18	10	12	
Chargé du cours d'éveil scientifique	Polyvalent	Polyvalent	Titulaire	Titulaire	Titulaire	
Nbre de classes de P5	2	2	2	2	1	9
Nbre d'élèves P5	33	25	21	34	21	134
Nbre de classes de P6	1	1	2	1	2	7
Nbre d'élèves P6	18	22	31	20	34	125

Figure 8 : Synthèse des changements apportés au construct suite aux laboratoires cognitifs.

4. Récolte des données

La récolte des données s'est déroulée entre le 15 et le 30 juin 2021. Après s'être présentée, l'étudiante chercheuse a demandé aux élèves participants de feuilleter leur cours d'éveil scientifique pendant quelques minutes afin de contextualiser précisément l'objet de recherche. Ensuite elle a lu les consignes figurant sur le questionnaire en précisant le sens du terme « activité ». Enfin, chaque élève de la classe a complété son questionnaire à son propre rythme, sachant qu'après une vingtaine de minutes, tous les élèves avaient répondu aux 20 items proposés.

Le dispositif d'encodage mis en place consistait en l'élaboration d'un tableau Excel avec une colonne par item et une ligne par élève, reprenant leurs réponses codées en fonction de l'ordre des choix proposés aux participants, soit, 1 pour la modalité « pas du tout d'accord » et 4, pour « tout à fait d'accord » par exemple. 9, en cas d'absence de réponse et 8, en cas d'erreur (plus d'une seule réponse par ligne, par exemple, car c'est contraire à la consigne).

⁵⁵ ISE de l'école dans laquelle les laboratoires cognitifs ont été réalisés.

CHAPITRE 6 : Présentation des résultats

Cette partie est consacrée à l'analyse critique des items construits et à la validation ou non d'une échelle permettant de mesurer l'activation cognitive en sciences. Pour ce faire, nous vérifierons la cohérence interne des sous-dimensions de l'échelle avec l'alpha de Cronbach et nous procéderons à une analyse factorielle exploratoire. C'est sur base de ces analyses statistiques que nous pourrions évaluer les qualités psychométriques des échelles construites pour mesurer la perception d'élèves de 5^e et 6^e primaire de la région liégeoise de l'activation cognitive mise en place par leur enseignant au cours d'initiation scientifique.

1. Analyses statistiques pour l'évaluation des échelles de mesure

1.1. L'alpha de Cronbach

Conformément à ce que nous avons annoncé précédemment et développé dans notre revue de littérature, nous avons considéré deux sous-dimensions à notre échelle d'activation cognitive : **l'activation cognitive générale** perçue au cours d'éveil scientifique et **l'activation cognitive spécifique à la démarche d'investigation** dans le cadre du cours d'éveil scientifique. Afin de valider ces échelles de mesure, l'alpha de Cronbach sera calculé. Cet indice est fondé sur la corrélation moyenne entre les items et nous permet ainsi, de vérifier la cohérence interne de chacune des échelles (Lafontaine, 2019).

1.1.1. Activation cognitive générale

L'**alpha de Cronbach** obtenu pour la dimension de **l'activation cognitive générale** mise en place par leur enseignant au cours d'éveil scientifique s'élève à **0.68**.

Cet alpha de Cronbach de 0.68 est relativement satisfaisant mais dans la mesure où il n'est pas supérieur à 0.70, il reste questionnable. En effet, selon Monseur (2018), pour les questionnaires conceptuels, un bon alpha de Cronbach se situe au-delà de 0.70.

L'observation des alphas de Cronbach après suppression d'item de cette échelle⁵⁶ révèle que la suppression de l'item 6 « *L'enseignant nous pose des questions ouvertes, c'est-à-dire, des questions auxquelles il ne suffit pas de répondre par oui ou non* », augmenterait légèrement l'alpha de Cronbach. Il ne s'agirait que d'une infime augmentation puisque la différence entre l'alpha de l'item 6 et l'alpha standardisé n'est que de 0.002. Cependant, les coefficients de corrélation de Pearson⁵⁷ confirment ce dysfonctionnement car ils montrent que, de manière générale, l'item 6 ne corrèle pas bien avec les autres items de l'échelle.

	i4	i5	i6	i9	i10	i14	i15	i16	i17	i18	i19	i20
i6	0.16091 0.0122	0.28632 <.0001	1.00000	-0.01633 0.8005	0.09210 0.1532	-0.00233 0.9713	0.17480 0.0064	0.08844 0.1703	0.12447 0.0531	0.07176 0.2662	-0.12939 0.0443	0.09335 0.1477

Tableau 1 : Coefficients de corrélation de Pearson de l'item 6 avec les autres items de l'échelle d'activation cognitive générale.

Le tableau ci-dessus indique que l'item 6 n'a de corrélation significative qu'avec 4 items de l'échelle dont une, est négative avec l'item 19 « *L'enseignant nous incite à reformuler les propos d'un autre élève* ». Ces données inattendues devront faire l'objet d'une réflexion ultérieure mais indiquent d'ores et déjà que l'item 6 n'a pas de lien significatif avec 7 autres items de l'échelle d'activation cognitive générale. Dès lors, il est préférable de le supprimer pour améliorer l'échelle qui comporterait les 11 items suivants :

N°	Intitulé de l'item
i 4	L'enseignant tient compte de ce que nous connaissons déjà d'un sujet avant de continuer à apprendre des choses sur ce thème.
i 5	L'enseignant propose des activités qui nous demandent un certain temps de réflexion.
i 9	L'enseignant apporte du matériel en classe.
i 10	L'enseignant propose des activités qui donnent envie d'en apprendre davantage.
i 14	L'enseignant organise des discussions ou des débats entre les élèves de la classe.
i 15	L'enseignant nous demande de comparer nos stratégies ou nos résultats.
i 16	L'enseignant nous demande de dire pour quelles raisons nous sommes d'accord avec ce qu'un autre élève explique ou pour quelles raisons, nous ne sommes pas d'accord.

⁵⁶ Cf. Annexe 9.

⁵⁷ Cf. Annexe 9.

i 17	L'enseignant nous demande de justifier nos réponses à ses questions.
i 18	L'enseignant nous demande de reformuler ses propos, c'est-à-dire, exprimer ce qu'il a dit avec nos propres mots.
i 19	L'enseignant nous incite à reformuler les propos d'un autre élève.
i 20	À la fin du cours, l'enseignant nous propose d'expliquer ce que nous avons appris ou compris.

Figure 9 : Items de l'échelle d'activation cognitive générale.

1.1.2. Activation cognitive spécifique à la démarche d'investigation

Pour la seconde échelle, l'**alpha de Cronbach** s'élève à **0.49**. Celui-ci est considéré comme trop faible par manque d'unidimensionnalité (Monseur, 2018). En effet, cette faible mesure de consistance interne peut s'expliquer par le fait que les différents items ne mesurent pas tous la même chose ou, en tout cas, pas uniquement la perception de l'activation cognitive spécifique à la démarche d'investigation.

L'analyse des alphas de Cronbach après suppression d'item pour cette échelle (cf. annexe 9) indique que la suppression de l'item 8 « *L'enseignant nous demande d'expliquer le fonctionnement d'un phénomène observé (par exemple, l'ampoule d'un circuit électrique s'allume ou s'éteint, l'eau change d'état, etc.)* », pourrait faire augmenter l'alpha de 0.006 soit, de manière négligeable. Par ailleurs, supprimer l'item 13 « *L'enseignant nous propose des activités en dehors de la classe (par exemple, des visites, des expériences dans la cour, des observations dans la nature, etc.)* » permettrait d'atteindre un alpha de Cronbach de 0.50, ce qui reste particulièrement faible puisque bien en-deçà de la valeur 0.70 dont il a été question précédemment (p. 60).

Dès lors, nous devons admettre qu'il existe un manque de cohérence entre les items construits pour mesurer l'activation cognitive spécifique à la démarche d'investigation. Étant donné qu'ils ne mesurent pas valablement le construct envisagé, il n'est pas possible de valider cette échelle.

1.1.3. Conclusion

Même si nous constatons une meilleure consistance interne pour l'échelle qui mesure la perception de l'activation cognitive générale que pour celle qui mesure l'activation cognitive spécifique à la démarche d'investigation, les analyses réalisées sur base des alphas de Cronbach nous indiquent un dysfonctionnement au niveau de plusieurs items. Ceci pourrait s'expliquer par le manque de précision ou de clarté de

certain items mais aussi, parce qu'ils ne mesureraient pas ce qu'ils prétendent mesurer. Ce manque de cohérence interne est tellement flagrant pour la seconde échelle que nous nous demandons si la distinction entre ces 2 dimensions d'activation cognitive générale et spécifique est bien la plus adaptée dans le contexte de notre recherche. Dès lors, nous aurons recours à l'analyse factorielle exploratoire qui nous indiquera comment les items se rassemblent et se lient entre eux en fonction des réponses apportées par les élèves à l'ensemble du questionnaire.

1.2. Analyse factorielle exploratoire

Comme évoqué précédemment, l'objectif de l'analyse factorielle exploratoire est d'examiner les interrelations entre plusieurs variables observées afin d'en dégager éventuellement des facteurs latents, interprétables. Les résultats devraient indiquer s'il est pertinent de n'envisager que 2 dimensions au construct, si d'autres sous-dimensions apparaissent ou, dans quelle mesure la distinction activation cognitive générale et activation cognitive spécifique à la démarche d'investigation a du sens dans le contexte de notre recherche. Pour apporter éventuellement une réponse à cette question et pour faciliter l'interprétation des données qui suivent, les items relatifs à l'activation cognitive générale ont été grisés tandis que ceux qui ont trait à l'activation cognitive spécifique à la démarche d'investigation sont restés incolores dans les tableaux suivants.

Comme nous pouvons le remarquer sur le tableau ci-dessous, l'analyse factorielle exploratoire identifie 6 facteurs différents.

	Facteur 1	Facteur 2	Facteur 3	Facteur 4	Facteur 5	Facteur 6
13.L'enseignant nous propose des activités en dehors de la classe (par exemple, des visites, des expériences dans la cour, des observations dans la nature, etc.).	0.64					
9.L'enseignant apporte du matériel en classe.	0.61					
10.L'enseignant propose des activités qui donnent envie d'en apprendre davantage.	0.57					
20.À la fin du cours, l'enseignant nous propose d'expliquer ce que nous avons appris ou compris.	0.48					
19.L'enseignant nous incite à reformuler les propos d'un autre élève.	0.47					

17.L'enseignant nous demande de justifier nos réponses à ses questions.		0.74				
15.L'enseignant nous demande de comparer nos stratégies ou nos résultats.		0.64				
16.L'enseignant nous demande de dire pour quelles raisons nous sommes d'accord avec ce qu'un autre élève explique ou pour quelles raisons, nous ne sommes pas d'accord.	0.43	0.57				
18.L'enseignant nous demande de reformuler ses propos, c'est-à-dire, exprimer ce qu'il a dit avec nos propres mots.		0.51		0.37		
2.L'enseignant nous demande souvent de nous poser des questions à partir d'une observation, d'une expérience ou d'une réflexion d'un élève.			0.73			
11.L'enseignant nous demande de réaliser des recherches ou des expériences.	0.37		0.65			
5.L'enseignant propose des activités qui nous demandent un certain temps de réflexion.				0.65		
7.L'enseignant nous demande parfois de chercher des informations dans des textes ou des livres documentaires.				0,59		
6.L'enseignant nous pose des questions ouvertes, c'est-à-dire, des questions auxquelles il ne suffit pas de répondre par oui ou non.				0.47	0.46	
4.L'enseignant tient compte de ce que nous connaissons déjà d'un sujet avant de continuer à apprendre des choses sur ce thème.				0.45	0.30 ⁵⁸	
8.L'enseignant nous demande d'expliquer le fonctionnement d'un phénomène observé (par exemple, l'ampoule d'un circuit électrique s'allume ou s'éteint, l'eau change d'état, etc.).					0.75	
3.L'enseignant nous demande d'émettre des hypothèses pour essayer d'expliquer un phénomène ou une observation.		0.35	0.40		0.50	
14.L'enseignant organise des discussions ou des débats entre les élèves de la classe.	0.31					0.61
12.L'enseignant nous propose d'imaginer les étapes d'une expérience.						0.58
1.Avant de commencer à parler d'un nouveau sujet, l'enseignant nous demande de dire, d'écrire ou de dessiner ce que nous connaissons déjà.	0.34					-0.55

Tableau 2 : Perception des élèves de l'activation cognitive en éveil scientifique : analyse factorielle exploratoire avec la méthode Varimax.

C'est sur la saturation de chacun des items sur les différents facteurs que se fonde la répartition des items dans le facteur le plus adéquat. Mais, étant donné qu'un minimum de trois items est requis pour établir une dimension valable (Monseur, 2018), nous décidons d'emblée de ne pas chercher à interpréter les facteurs 3 et 5 qui ne

⁵⁸ Dans ce tableau, figurent tous les indices de saturation supérieurs à 0.30 en valeur absolue. Lors de l'analyse factorielle exploratoire, il est courant de ne tenir compte que de ceux-ci.

comportent que deux items chacun. Cependant, nous mènerons une réflexion sur les items qui s’y rassemblent, dans la partie « Zoom sur certains items » (p.71).

Dans un premier temps, les items qui saturent dans chacun des 4 facteurs clairement identifiés par l’analyse factorielle exploratoire, seront rassemblés. Ensuite, en fonction des points communs relevés dans les items qui s’y regroupent, nous essaierons de donner un nom générique aux facteurs interprétables. Cette procédure devrait permettre de découvrir, et de nommer, de nouvelles dimensions à l’échelle de mesure de l’activation cognitive perçue par les élèves, au cours d’éveil scientifique.

1.2.1. Interprétation du facteur 1

Les items du facteur 1 avec leur indice de saturation		
i 13	L’enseignant nous propose des activités en dehors de la classe (par exemple, des visites, <u>des expériences</u> dans la cour, des observations dans la nature, etc.).	0.64
i 9	L’enseignant <u>apporte du matériel</u> en classe.	0.61
i 10	L’enseignant propose des <u>activités qui donnent envie d’en apprendre davantage.</u>	0.57
i 20	À la fin du cours, l’enseignant nous propose d’ <u>expliquer</u> ce que nous avons appris ou compris.	0.48
i 19	L’enseignant nous incite à <u>reformuler</u> les propos d’un autre élève.	0.47

Figure 10 : Items du facteur 1 avec leur indice de saturation.

Les items qui saturent le plus dans ce facteur sont des items qui questionnent le fait de se voir proposer ou non, des tâches complexes, ouvertes et stimulantes d’un point de vue cognitif. L’item 13 est spécifique à la démarche d’investigation tandis que les autres items mesurent l’activation cognitive générale mise en place au cours d’éveil scientifique.

Quand nous mettons en parallèle les propos des élèves participants aux laboratoires cognitifs et ces trois premiers items, nous relevons d’emblée le caractère stimulant de la tâche. En effet, ces élèves parlaient avec enthousiasme de l’activité vécue avec le matériel électrique apporté en classe par leur enseignante ou, d’expériences réalisées, même plusieurs années auparavant. Cependant, comme nous l’avions signalé lors de la critique des items testés en laboratoires cognitifs, il n’était

pas rare que les élèves fassent l'amalgame entre le côté stimulant et le côté amusant de l'activité proposée. Nous craignons à ce moment-là que les élèves se laissent emporter par l'aspect ludique, plutôt que cognitif. Dès lors, nous pourrions craindre qu'il n'y ait point d'activation cognitive liée à ce type d'activité. Cependant, les deux autres items (i 20 et i19), quant à eux, semblent nous ramener à une dimension plus cognitive. Alors qu'ils proviennent de la partie du questionnaire consacrée aux tâches qui suscitent des pratiques discursives, ces deux items sont intimement liés aux autres dans la mesure où ils poussent à mettre des mots sur les acquis ou les observations et donc, potentiellement, à structurer les résultats, les valider ou les remettre en question. En effet, dans notre revue de littérature, nous avons développé l'intérêt d'inviter les élèves à donner des explications ou, à pratiquer la reformulation au cours d'éveil scientifique. C'est comme ça que l'élève met des mots sur ses représentations. Aussi, expliquer et reformuler permet de repérer l'obstacle éventuel et surtout, de soutenir le changement conceptuel et donc, l'apprentissage (Astolfi et al., 1998 ; Garcia-Debanco, 1998 ; Peterfalvi et Schneeberger, 2014). L'item 20 « *À la fin du cours, l'enseignant nous propose d'expliquer ce que nous avons appris ou compris* » va tout à fait dans ce sens : il s'agit pour l'élève de mettre des mots sur les connaissances qu'il est en train de construire et donc, d'exprimer son niveau de compréhension. Dès lors, nous pourrions considérer le **facteur 1** comme étant relatif aux « **Tâches stimulantes** » dans le sens où elles donnent envie de s'y engager pour apprendre de nouveaux concepts scientifiques puisque chaque item de ce facteur révèle une caractéristique de l'activation cognitive : dans un environnement et par des **contenus stimulants**, dépasser la simple mise en activité et, viser une **compréhension en profondeur des concepts** en suscitant des **échanges entre élèves qui s'engagent** cognitivement dans la tâche.

Cependant, la prudence est de mise lorsqu'il s'agit d'identifier ainsi une catégorie d'items. D'abord parce que le facteur 1 ne regroupe qu'un nombre d'items relativement réduit. Ensuite, parce que nous constatons que d'autres items de l'échelle de départ ne se retrouvent pas dans ce facteur alors qu'ils évoquent également des activités à caractère stimulant. C'est le cas pour l'item 11 pour l'activation cognitive spécifique à la démarche d'investigation : « *L'enseignant nous demande de réaliser des recherches ou des expériences* » et, pour l'item 5 qui mesure l'activation cognitive générale : « *L'enseignant propose des activités qui nous demandent un certain temps* »

de réflexion ». Étant donné que ces itemsaturent sur d'autres facteurs, ils retiendront encore notre attention au fil des analyses qui suivent.

1.2.2. Interprétation du facteur 2

Les items du facteur 2 avec leur indice de saturation		
i 17	L'enseignant nous demande de justifier nos réponses à ses questions.	0.74
i 15	L'enseignant nous demande de comparer nos stratégies ou nos résultats.	0.64
i 16	L'enseignant nous demande de dire pour quelles raisons nous sommes d'accord avec ce qu'un autre élève explique ou pour quelles raisons, nous ne sommes pas d'accord.	0.57
i 18	L'enseignant nous demande de reformuler ses propos, c'est-à-dire, exprimer ce qu'il a dit avec nos propres mots.	0.51

Figure 11 : Items du facteur 2 avec leur indice de saturation.

Ces quatre items d'activation cognitive générale visent à mesurer la fréquence à laquelle les élèves sont amenés à se justifier, à échanger à propos de leurs stratégies, à argumenter ou encore, à reformuler les propos de leur enseignant.

Notre revue de littérature met en évidence l'importance de la place de l'argumentation dans le processus d'apprentissage (cf. point 4, p 29). Par ailleurs, Furtak et ses collègues (2012), lorsqu'ils évoquent la facette sociale dont il est question dans leur modèle, prétendent que pousser les élèves à échanger et collaborer pour développer des explications et les justifier, est essentiel pour les aider à apprendre les sciences.

Dans la mesure où ces 4 items visent tous à mesurer la fréquence à laquelle les élèves ont l'occasion d'interagir et de communiquer entre eux ou avec leur enseignant, au service de l'apprentissage en science, ils ont un point commun évident qui va dans le sens de notre revue de littérature. Ils décrivent des « **Pratiques discursives ou des échanges argumentatifs** » Aussi, c'est l'appellation générique que nous donnerons à ce facteur.

1.2.3. Interprétation du facteur 4

Les items du facteur 4 avec leur indice de saturation		
i 5	L'enseignant propose des activités qui nous demandent un certain temps de <u>réflexion</u> .	0.65
i 7	L'enseignant nous demande parfois de <u>chercher</u> des informations dans des textes ou des livres documentaires.	0.59
i 6	L'enseignant nous pose des <u>questions ouvertes</u> , c'est-à-dire, des questions <u>auxquelles il ne suffit pas de répondre par oui ou non</u> .	0.47
i 4	L'enseignant tient compte de ce que nous connaissons déjà d'un sujet avant de <u>continuer à apprendre</u> des choses sur ce thème.	0.45

Figure 12 : Items du facteur 4 avec leur indice de saturation.

Dans notre questionnaire de recherche, l'item 4 a trait aux connaissances préalables des élèves tandis que les items 5 à 7 sont les premiers items qui questionnent le caractère complexe, ouvert et stimulant de la tâche proposée dans le cadre du cours d'éveil scientifique.

Les termes « réflexion » et « chercher » repris dans les items 5 et 7, s'associent facilement au caractère complexe de la tâche. Dans le même ordre d'idée, répondre à une question ouverte (item 6) et continuer à apprendre sur base des acquis antérieurs (item 4), demande réflexion et s'avère donc relativement complexe. Pour ces raisons, nous serions tentée de catégoriser ce facteur comme étant celui des tâches complexes. Cependant, le terme « complexe », à lui seul, nous paraît trop peu explicite contrairement au terme « réflexion ». Ceci nous amène à catégoriser ce facteur comme suit : « **Tâches et questions qui suscitent la réflexion** ».

Dans ce facteur, ce sont 3 items d'activation cognitive générale et 1 item d'activation cognitive spécifique à la démarche d'investigation quiaturent entre eux. Ce constat peut éventuellement nous indiquer que la distinction activation cognitive générale et spécifique manquerait de pertinence dans le contexte de notre recherche. Il fera dès lors l'objet d'attention dans la suite des analyses.

1.2.4. Interprétation du facteur 6

Les items du facteur 6 avec leur indice de saturation		
i 14	L'enseignant organise des discussions ou des débats entre les élèves de la classe.	0.61
i 12	L'enseignant nous propose d'imaginer les étapes d'une expérience.	0.58
i 1	Avant de commencer à parler d'un nouveau sujet, l'enseignant nous demande de dire, d'écrire ou de dessiner ce que nous connaissons déjà.	-0.55

Figure 13 : Items du facteur 6 avec leur indice de saturation.

Ces trois items ont des origines très hétéroclites. En effet, l'item 14 est relatif aux pratiques discursives ou aux échanges argumentatifs tandis que l'item 12 questionne le caractère complexe de la tâche et enfin, l'item 1 est issu de la partie du questionnaire relative aux tâches qui activent et s'appuient sur les connaissances antérieures. Cette grande disparité rend l'interprétation de ce facteur assez difficile puisque nous ne savons pas établir de liens plausibles entre les items.

Par ailleurs, l'item 1 a une saturation négative sur ce facteur alors qu'il ne s'agit pas d'un item inversé. Dès lors, nous pouvons nous poser la question de sa validité. Manquerait-il de précision ou, aurait-il été moins bien compris par les répondants ? Au départ, l'item 1 était formulé comme suit : « L'enseignant nous demande souvent de dire, d'écrire ou de dessiner ce que nous connaissons déjà d'un sujet avant d'en parler ». Il a été modifié parce que les laboratoires cognitifs⁵⁹ ont souvent révélé un manque de compréhension de ce premier item du questionnaire. Par exemple, l'élève 1 déclare : « *Je suis d'accord parce qu'il y a des élèves qui comprennent mieux en dessinant et en parlant et ils ont plus facile pour étudier* » ; l'élève 2 : « *Je suis d'accord parce que ça peut peut-être nous aider à dire ce qu'on connaît déjà et peut-être réviser ou, que quelqu'un nous explique, par exemple, Madame, pour un sujet qu'on ne connaît pas* » et l'élève 4 : « *Je ne sais que répondre ...* ». Seul l'élève 3 a répondu qu'il n'était pas du tout d'accord avec cette proposition. Parce que des termes tels que « étudier », « réviser », nous laissant supposer que les élèves interrogés restaient bloqués dans leur contexte de révisions de fin d'année scolaire, nous avons

⁵⁹ Cf. Annexe 5.

modifié l’item pour insister sur le fait qu’on se situe bien **avant** l’apprentissage d’une nouvelle notion. Cependant, cette légère modification ne devait pas avoir un impact considérable pour une meilleure compréhension de l’item. Le dialogue mené avec les élèves participants nous avait laissé l’impression qu’ils n’arrivaient pas à concevoir qu’on puisse éventuellement s’appuyer sur des connaissances préalables avant d’entamer un nouvel apprentissage. Un peu comme si cette pratique n’était pas rendue explicite pour les élèves en classe.

Or, contre toute attente, plus de 72 % des élèves qui ont répondu au questionnaire final ont déclaré qu’ils étaient d’accord, voire tout à fait d’accord avec cette proposition. Nous en concluons que, s’agissant du premier item du questionnaire, les répondants ont pu être déstabilisés par cette formulation et, comme les élèves qui ont participé aux laboratoires cognitifs, ils ont eu tendance à se positionner en faveur de la proposition malgré leur manque de compréhension. D’où, une saturation négative qui laisse suspecter un manque de validité de l’item qui mériterait sans doute d’être amélioré mais qui en l’état ne peut être repris dans nos échelles de mesure.

Étant donné cette remise en question concernant l’item 1 et le fait qu’il est difficile d’établir un lien entre l’item 14 issu de l’échelle d’activation générale et l’item 12, issu de l’échelle d’activation cognitive spécifique à la démarche d’investigation, nous décidons de ne pas tenir compte de ce facteur pour définir de nouvelles dimensions à notre construct. Cependant, une réflexion sur les items 12 et 14 sera menée dans la partie « Zoom sur certains items » (p.71).

1.2.5. Conclusion

L’analyse factorielle exploratoire nous a permis d’identifier trois dimensions à notre construct :

Facteur	Nom de la dimension	Items qui la composent
Facteur 4	Tâches et questions qui suscitent la réflexion	i 4, i 5, i 6, i 7
Facteur 1	Tâches stimulantes	i 13, i 9, i 10, i 20, i 19.
Facteur 2	Pratiques discursives ou échanges argumentatifs.	i 15, i 16, i 17, i 18.

Figure 14 : 3 dimensions identifiées par l’AFE.

1.3. Zoom sur certains items

Les items 1,2,3,8,11,12 et 14, ne se retrouvent pas dans le tableau ci-dessus. Comme cela a été fait concernant l’item 1, il convient d’analyser et critiquer les autres items pour les rejeter définitivement ou éventuellement, tenter de les intégrer à nos échelles de mesure afin de les améliorer.

1.3.1. Les items 2 et 11 quiaturent sur le facteur 3

À l’origine, ces items appartiennent à l’échelle d’activation cognitive spécifique à la démarche d’investigation.

i 2	L’enseignant nous demande souvent de nous poser des questions à partir d’une observation, d’une expérience ou d’une réflexion d’un élève.	0.73
i 11	L’enseignant nous demande de réaliser des recherches ou des expériences.	0.65

Lors des laboratoires cognitifs, l’item 2 semblait déjà poser un problème de compréhension et le fait de se poser des questions à soi-même semblait assez perturbant. En effet, les 5 élèves interrogés restaient très centrés sur les questions de l’enseignant à l’élève ou de l’élève à l’enseignant, ce qui démontrait que leur réponse n’était pas en adéquation avec l’item.

Nous avons reformulé cet item avant de les proposer à plus grande échelle mais, nous n’avons pas la garantie qu’il ait été interprété comme nous l’entendions. Étant donné qu’il obtient une moyenne de 3.07 alors qu’il ne semble pas se référer à une pratique de classe courante, nous doutons de sa validité et, décidons de les supprimer.

L’item 11 quant à lui, semblait particulièrement clair. Dans la mesure où il a une saturation de 0.37 dans le facteur 1, nous estimons légitime de le voir rejoindre la catégorie des items relatifs aux « tâches stimulantes » puisque, lors des laboratoires cognitifs, les élèves ont largement témoigné du fait que mener des recherches ou des expériences au cours d’éveil scientifique représentait pour eux un attrait indéniable qui les stimulait à s’engager dans la tâche. Par ailleurs, sa moyenne n’est que de 2.37, ce qui correspond à ce que les élèves ont déclaré lors des laboratoires cognitifs à savoir qu’ils mènent certes des recherches mais, peu d’expériences.

1.3.2. Les items 3 et 8 quiaturent sur le facteur 5

i 8	L'enseignant nous demande d'expliquer le fonctionnement d'un phénomène observé (par exemple, l'ampoule d'un circuit électrique s'allume ou s'éteint, l'eau change d'état, etc.).	0.75
i 3	L'enseignant nous demande d'émettre des hypothèses pour essayer d'expliquer un phénomène ou une observation.	0.50

D'emblée, ce qui semble lier ces items dans ce facteur, c'est le terme « expliquer ». Et en effet, les données du tableau ci-dessous montrent que ces 2 items

	i1	i2	i3	i7	i8	i11	i12	i13
i3	0.09943 0.1191	0.24699 <0.001	1.00000	0.23558 0.0002	0.27315 <.0001	0.18263 0.0040	0.15685 0.0136	-0.04854 0.4476
i8	-0.05513 0.3883	0.05926 0.3537	0.27315 <.0001	0.05999 0.3478	1.00000	-0.07005 0.2728	0.12642 0.0472	0.02679 0.6752

Tableau 3 : Coefficients de corrélation de Pearson des items 3 et 8 avec les autres items de l'échelle d'activation cognitive spécifique à la démarche d'investigation.

Par ailleurs, l'item 8 « *L'enseignant nous demande d'expliquer le fonctionnement d'un phénomène observé...* », ne corréle qu'avec l'item 12 « *L'enseignant nous propose d'imaginer les étapes d'une expérience* ». Le lien entre ces items n'est pas évident et les moyennes des réponses des élèves diffèrent : 3,26 pour l'explication du phénomène (item 8) contre 2.25 pour envisager les étapes d'une expérience (item 12).

Par contre, l'item 3 corréle assez bien avec plusieurs autres items de l'échelle et particulièrement bien avec l'item 2 « *L'enseignant nous demande souvent de nous poser des questions à partir d'une observation, d'une expérience ou d'une réflexion d'un élève* ». Leurs moyennes sont assez élevées et presque identiques : 3.08 pour l'item 2 et 3.13 pour l'item 3. En termes de fréquences, cela signifie que les élèves qui déclarent qu'ils émettent des hypothèses explicatives (item 3) à la plupart des cours d'éveil scientifique, déclarent aussi qu'à la même fréquence, ils se posent des questions à partir d'une observation, d'une expérience ou d'une réflexion d'un élève (item 2). Dans la mesure où émettre une hypothèse revient à se poser des questions, ces résultats paraissent tout à fait cohérents.

Cependant, étant donné que la validité de l'item 2 a fait l'objet d'une remise en question (cf. point 1.3.1), il conviendrait de tenter d'interpréter ce qui lie l'item 3 à un

autre item de l'échelle. Aussi, les résultats révèlent que les élèves qui déclarent qu'ils émettent des hypothèses explicatives (item 3) à la plupart des cours d'éveil scientifique, déclarent aussi qu'à la même fréquence, ils mènent des recherches d'information dans des textes ou des livres documentaires. De nouveau, cela paraît tout à fait plausible puisque la démarche d'investigation décrite dans notre revue de littérature met également en évidence qu'une fois la question posée, pour tenter d'y répondre, il s'agit d'abord d'émettre des hypothèses pour établir une piste de recherche et ensuite, d'investiguer, notamment par la recherche dans des documents.

Pour conclure, contrairement à l'item 8 qui avait déjà posé un problème de compréhension lors des laboratoires cognitifs, l'item 3 semble avoir les qualités requises pour figurer dans une échelle d'activation cognitive. En outre, nous considérons cet item comme étant très important pour illustrer la caractéristique de l'activation cognitive qui consiste à s'appuyer sur ses connaissances antérieures. En effet, nous avons insisté dans notre revue de littérature sur la nécessité pour l'élève de formuler des hypothèses explicatives puisqu'« Il fonde son hypothèse sur des déjà-là, des connaissances préalables qu'il va activer » (cf. point 5.1.2, « Émettre des hypothèses ou, faire émerger les conceptions », p. 25).

L'item 3 sature également sur le facteur 2 appelé maintenant « Pratiques discursives ou échanges argumentatifs ». Même si cette saturation est faible (0.35), nous décidons de l'y insérer car cela nous paraît cohérent dans la mesure où la formulation d'une hypothèse suscite des pratiques discursives puisqu'elle tend à être explicative.

Quant à l'item 8, étant donné qu'il n'a de corrélation avec aucun autre item de l'échelle et qu'il posait déjà un problème de compréhension lors des laboratoires cognitifs, nous ne pouvons pas l'estimer suffisamment valide que pour l'inclure dans le construct.

1.3.3. Les items 12 et 14 qui saturent sur le facteur 6

i 14	L'enseignant organise des discussions ou des débats entre les élèves de la classe.	0.61
i 12	L'enseignant nous propose d'imaginer les étapes d'une expérience.	0.58

Ces items saturent sur le facteur 6 qui pose un problème d'interprétation, avec l'item 1 qui a déjà fait l'objet d'une discussion (cf. point 1.2.4).

L'item 12 est issu de l'échelle dont la cohérence interne n'était pas satisfaisante. Pour rappel, il s'agit de l'échelle qui vise à mesurer la perception des élèves de l'activation cognitive spécifique à la démarche d'investigation mise en place par leur enseignant, au cours d'éveil scientifique. Indirectement, il a déjà fait l'objet d'une discussion parce qu'il corrèle avec l'item 8 qui a été supprimé.

Au départ, il a été pensé comme proche de la catégorie des items relatifs aux « tâches et questions qui suscitent la réflexion » mais, sa saturation dans ce facteur est particulièrement faible (-0.01). Étant donné qu'il ne sature nulle part ailleurs, nous décidons de le supprimer.

Par contre, nous souhaitons garder l'item 14 « *L'enseignant organise des discussions ou des débats entre les élèves de la classe* » et ce, pour deux raisons. D'abord parce qu'il semble cohérent avec l'échelle qui vise à mesurer la perception des élèves de l'activation cognitive générale mise en place par leur enseignant, au cours d'éveil scientifique. Ensuite, parce qu'il nous semble correspondre parfaitement à la dimension « Pratiques discursives ou échanges argumentatifs ».

2. Conclusion des analyses statistiques

L'analyse factorielle exploratoire a permis d'identifier de nouvelles dimensions au construct. Elle a regroupé des items qui visaient à mesurer l'activation cognitive générale à des items relatifs à l'activation cognitive spécifique à la démarche d'investigation sur différents facteurs. Le constat que l'analyse factorielle exploratoire n'ait pas tenu compte de la répartition des items imaginée au départ sera discuté ultérieurement.

Par ailleurs, une analyse plus approfondie des liens qui se tissent entre certains items nous a amenée à compléter ces trois dimensions. Afin de vérifier que cette nouvelle structure est cohérente et, éventuellement valider nos échelles, les indices de consistance interne seront calculés pour les dimensions suivantes :

Nom de la dimension	Items qui la composent
Tâches et questions qui suscitent la réflexion	i 4, i 5, i 6, i 7
Tâches stimulantes	i 13, i 9, i 10, i 11, i 20, i 19.
Pratiques discursives ou échanges argumentatifs.	i 3, i 14, i 15, i 16, i 17, i 18.

Figure 15 : 3 dimensions potentielles au construct.

3. Validation des échelles de mesure d'activation cognitive

3.1. Activation cognitive via des tâches et questions qui suscitent la réflexion

L'**alpha de Cronbach** obtenu pour cette dimension qui se compose des items 4, 5, 6 et 7, s'élève à **0.47** et, démontre un manque d'unidimensionnalité qui ne permet pas de valider l'échelle. Par ailleurs, aucun item à supprimer n'est identifiable suite à l'analyse des coefficients de corrélation de cette échelle (cf. annexe 11). Il n'est donc pas possible d'améliorer le construct sans passer par la reformulation des items qui la composent. L'item 6 « *L'enseignant nous pose des questions ouvertes, c'est-à-dire, des questions auxquelles il ne suffit pas de répondre par oui ou non* », avait déjà indiqué un certain dysfonctionnement dans l'échelle d'activation cognitive générale, faute de corrélation avec d'autres items. En effet, il s'agirait sans doute d'un item moins précis et mal compris par les répondants. Il obtient une moyenne de 3.8 et il envisageable que les répondants se soient limités aux premiers mots dans leur lecture de l'item « *L'enseignant nous pose des questions...* ». Par ailleurs, répondre à une question par une donnée chiffrée n'est pas une réponse du type oui ou non mais cela n'en fait pas une réponse à une question ouverte. Ce sont des réflexions dont il faudra tenir compte pour éventuellement, le préciser.

Suite aux laboratoires cognitifs, qui ont révélé une certaine incompréhension, l'item 4 a fait l'objet de diverses modifications avant de devenir : « *L'enseignant tient compte de ce que nous connaissons déjà d'un sujet avant de continuer à apprendre des choses sur ce thème* ». Il est vraisemblable que cette modification n'ait pas eu l'effet escompté et qu'il pourrait être encore amélioré.

3.2. Activation cognitive via des tâches stimulantes

L'**alpha de Cronbach** pour la dimension d'**activation cognitive via des tâches stimulantes** s'élève à **0.64**, ce qui correspond à une valeur relativement satisfaisante. Dans la mesure où aucune suppression d'item ne permettrait de l'améliorer, nous pouvons valider cette échelle avec les items suivants :

N°	Intitulé de l'item
i 9	L'enseignant apporte du matériel en classe.
i 10	L'enseignant propose des activités qui donnent envie d'en apprendre davantage.

i 11	L'enseignant nous demande de réaliser des recherches ou des expériences.
i 13	L'enseignant nous propose des activités en dehors de la classe (par exemple, des visites, des expériences dans la cour, des observations dans la nature, etc.).
i 19	L'enseignant nous incite à reformuler les propos d'un autre élève.
i 20	À la fin du cours, l'enseignant nous propose d'expliquer ce que nous avons appris ou compris.

Figure 16 : Items de l'échelle d'activation cognitive via des tâches stimulantes.

3.3. Activation cognitive via des pratiques discursives ou des échanges argumentatifs.

L'**alpha de Cronbach** obtenu pour la dimension de l'activation cognitive via des pratiques discursives ou des échanges argumentatifs, s'élève à **0.62** et reste dès lors questionnable.

Cependant, l'analyse des données brutes des coefficients de corrélation de cette échelle (Cf. Annexe 11), révèle que la suppression d'un item ou l'autre n'aurait pas de réel impact sur l'augmentation de l'alpha et donc, sur l'amélioration de l'échelle. Dès lors, nous la validerons telle quelle avec les 6 items suivants :

N°	Intitulé de l'item
i 3	L'enseignant nous demande d'émettre des hypothèses pour essayer d'expliquer un phénomène ou une observation.
i 14	L'enseignant organise des discussions ou des débats entre les élèves de la classe.
i 15	L'enseignant nous demande de comparer nos stratégies ou nos résultats.
i 16	L'enseignant nous demande de dire pour quelles raisons nous sommes d'accord avec ce qu'un autre élève explique ou pour quelles raisons, nous ne sommes pas d'accord.
i 17	L'enseignant nous demande de justifier nos réponses à ses questions.
i 18	L'enseignant nous demande de reformuler ses propos, c'est-à-dire, exprimer ce qu'il a dit avec nos propres mots.

Figure 17 : Items de l'échelle d'activation cognitive via des pratiques discursives ou des échanges argumentatifs.

3.4. Conclusion

Parmi les trois dimensions identifiées par l'analyse factorielle exploratoire, seules deux d'entre elles ont des qualités psychométriques satisfaisantes. Dès lors, nous pouvons considérer que les items de chacune de ces dimensions, dans la mesure

où ils ont une consistance interne satisfaisante, mesurent bien l'activation cognitive mise en place par l'enseignant au cours d'éveil scientifique des élèves de 5^e et 6^e primaire de la région liégeoise, à travers, d'une part, **des tâches stimulantes** et d'autre part, **des pratiques discursives ou des échanges argumentatifs**.

Ces résultats peuvent d'ores et déjà nous éclairer sur des pratiques de classe qui favorisent l'activation cognitive via ces deux dimensions.

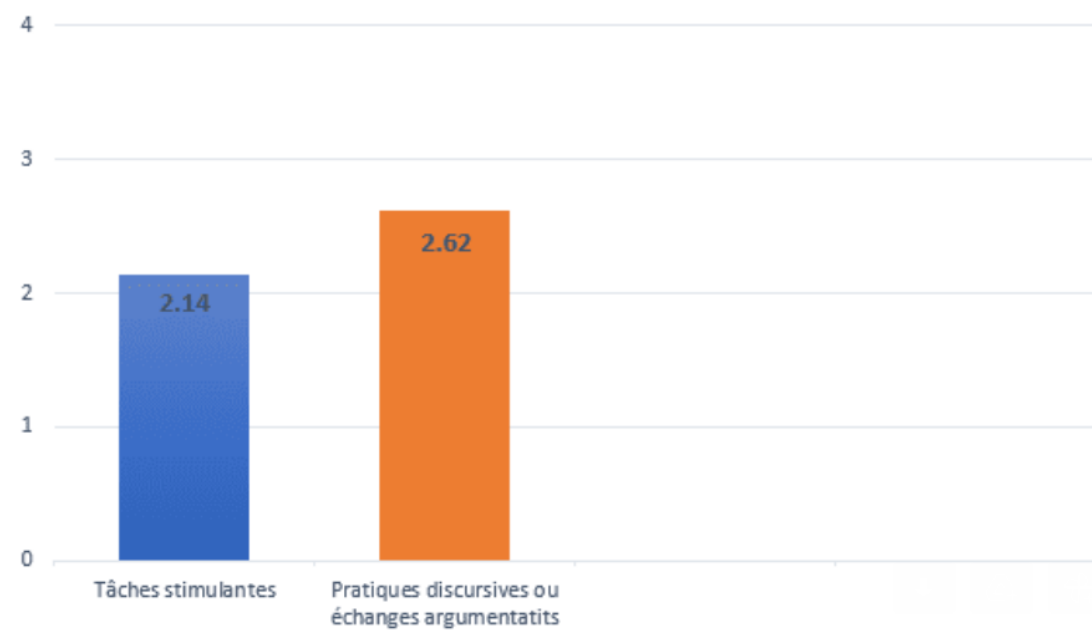


Figure 18 : Moyennes des résultats des réponses des élèves aux items des 2 échelles validées (Activation cognitive via des tâches stimulantes ; Activation cognitive via des pratiques discursives ou des échanges argumentatifs).

4. Résultats en termes de pratiques de classe

Les élèves de P5 et P6 interrogés attribuent en moyenne 2.14 points aux items qui mesurent leur perception de l'activation cognitive mise en œuvre par leur enseignant à travers des tâches stimulantes vécues au cours d'éveil scientifique. Par ailleurs, la moyenne des réponses aux items qui visent à mesurer leur perception de l'activation cognitive suscitée par des pratiques discursives et des échanges argumentatifs organisés au cours d'éveil scientifique, atteint 2.62 points et se rapproche ainsi davantage de 3.

Pour chaque dimension, l'analyse des fréquences de réponses aux items peut encore préciser ces données en termes de pratiques de classe. C'est l'objet des paragraphes suivants.

4.1. Mesure d'activation cognitive via des tâches stimulantes

L'échelle de mesure d'activation cognitive via des tâches stimulantes nous révèle qu'en classe, les élèves interrogés sont 53 % à déclarer que c'est à la plupart voire à chaque cours d'éveil scientifique, qu'ils vivent des activités qui donnent envie d'en apprendre davantage (item 10).

Par contre, 56 % d'entre eux déclarent avoir rarement l'occasion de mener des recherches ou des expériences (item 11) et ce, avec éventuellement du matériel apporté en classe par leur enseignant (item 9) puisqu'ils sont 63% à répondre que cela n'arrive que très rarement.

Il semble également peu courant que les élèves se sentent amenés à prendre la parole pour reformuler les propos d'un autre élève (item 19) ou, ou pour expliquer ce qu'ils ont appris ou compris à la fin du cours (item 20). À ces 2 items, les élèves sont respectivement 79 % et 63 % à déclarer que ça arrive rarement.

Le résultat le plus tranché par rapport à cette échelle de mesure d'activation cognitive concerne l'item 13 : « *L'enseignant nous propose des activités en dehors de la classe (par exemple, des visites, des expériences dans la cour, des observations dans la nature, etc.)* ». En effet, seulement 13% des élèves déclarent pratiquer des activités « outdoor » à la plupart des cours d'éveil scientifique et un seul élève parmi les 259 élèves interrogés déclare que cela arrive à chaque cours d'éveil scientifique. Dans la mesure où ce résultat interpellant est peut-être lié au contexte particulier au cours duquel nous avons mené notre recherche, il sera discuté au chapitre 7 lorsque les limites de notre étude seront soulignées.

4.2. Mesure d'activation cognitive via des pratiques discursives ou des échanges argumentatifs

La moyenne pour cette échelle est plus élevée et atteint 2.62 points. Cela s'explique notamment avec les 84 % d'élèves interrogés qui s'estiment d'accord avec le fait que leur enseignant leur demande d'émettre des hypothèses pour essayer d'expliquer un phénomène ou une observation (item 3). Par contre, ils ne sont plus que 28 % à déclarer que leur enseignant organise des discussions ou des débats entre les élèves de la classe (item 14) et, 46 % à percevoir que leur enseignant les invite à comparer leurs stratégies ou leurs résultats. Par ailleurs, globalement, les élèves semblent relativement souvent amenés à prendre la parole au cours d'éveil scientifique

dans la mesure où 55 % d'entre eux se disent régulièrement invités à reformuler les propos de leur enseignant (item 18), 62 % à s'exprimer sur les raisons pour lesquelles ils sont d'accord ou non avec ce qu'un autre élève explique (item 16) et, 72 % à être conviés à justifier leurs réponses aux questions de leur enseignant (item 17).

CHAPITRE 7 : Discussion et conclusion

L'objectif de cette recherche était d'élaborer et de valider des échelles en langue française permettant de mesurer les perceptions qu'ont les élèves de 5^e et 6^e primaire de la région liégeoise de l'activation cognitive mise en place par leur enseignant dans le cadre du cours d'éveil scientifique.

Nous nous sommes basée sur notre revue de littérature pour concevoir deux échelles : l'une visait à mesurer l'activation cognitive générale et l'autre, l'activation cognitive spécifique à la démarche d'investigation.

Les analyses statistiques ont révélé que cette distinction s'avérait discutable. En effet, si elle se justifie dans le cadre de l'étude TIMSS 2015 qui questionne les enseignants d'une part, sur l'activation cognitive générale et d'autre part, sur l'activation cognitive spécifique à la démarche d'investigation mise en œuvre dans le cadre du cours d'éveil scientifique, elle apparaît moins adaptée lorsqu'il s'agit de recueillir les perceptions des élèves de 5^e et 6^e primaire. Ceci peut s'expliquer par le fait que contrairement à l'enseignant, les élèves n'ont pas nécessairement d'objectif d'apprentissage en tête et donc, quand ils s'engagent dans une activité, ils n'ont pas forcément conscience du dispositif mis en place par leur enseignant pour développer une compétence particulière liée à la démarche d'investigation. Dès lors, cette distinction n'apparaît pas dans leurs réponses au questionnaire et n'est donc pas clairement mise en évidence par l'analyse factorielle exploratoire.

Celle-ci identifie deux dimensions à notre construct, dont les alphas sont suffisants pour permettre leur validation : l'activation cognitive via des tâches stimulantes et, l'activation cognitive via des pratiques discursives ou des échanges argumentatifs.

Ces dimensions concordent avec les éléments développés dans notre revue de littérature dans la mesure où elles correspondent non seulement à certaines caractéristiques de tâches qui suscitent l'activation cognitive (Klieme et al., 2006 ; Lipowsky et al, 2009 ; Praetorius et al., 2018) mais également, aux composantes épistémiques et sociales (Furtak et al., 2012), jugées incontournables pour garantir l'efficacité de l'apprentissage des sciences par la démarche d'investigation.

Par ailleurs, cette structure a certains points communs avec celle élaborée par Fauth et al. (2014) dans le cadre de leur étude menée auprès d'élèves de troisième primaire, en Allemagne. Pour rappel, ces auteurs ont mesuré l'activation cognitive mise en place par l'enseignant du cours de sciences à l'aide d'une échelle unidimensionnelle dont les items exploraient également ces caractéristiques mais, sans distinguer l'activation cognitive en général de l'activation cognitive spécifique à la démarche d'investigation.

Avec un alpha de Cronbach de 0.82 pour l'échelle d'activation cognitive, Fauth et al. (2014) tendent à démontrer qu'en effet, cette distinction ne s'avère pas la plus pertinente lorsqu'il s'agit de questionner les perceptions d'élèves dans l'enseignement fondamental et qu'il est sans doute préférable de s'appuyer sur les caractéristiques des tâches qui suscitent l'activation cognitive pour la mesurer dans ce contexte. D'autant plus que, par définition, l'apprentissage des sciences basé sur la démarche d'investigation a pour objectif de susciter l'activation cognitive.

D'autre part, les élèves interrogés dans le cadre de l'étude de Fauth et al. (2014) attribuent en moyenne 3.27 points aux items qui mesurent leur perception de l'activation cognitive mise en œuvre par leur enseignant. Nos résultats sont bien inférieurs puisqu'ils n'atteignent que 2.14 points pour l'activation cognitive via des tâches stimulantes et 2.62 points pour l'activation cognitive via des pratiques discursives ou des échanges argumentatifs. Dès lors, nous devons nous poser la question de savoir ce qui est susceptible d'expliquer cette différence.

Dans leur rapport sur les pratiques d'enseignement en sciences en FW-B rédigé suite aux résultats de PISA 2015, Quittre, Dupont et Lafontaine (2018) soulignent que les élèves de 15 ans sont nombreux à déclarer qu'il est peu fréquent pour eux de vivre des activités orientées vers la recherche où ils seraient amenés à expliquer leurs idées au cours de sciences. C'est ce que nous constatons aussi en analysant les réponses aux items de l'échelle qui mesure l'activation cognitive via des tâches stimulantes. En effet, les résultats nous révèlent qu'en classe, les élèves de 5^e et 6^e primaire de la région liégeoise interrogés se disent rarement amenés à faire des recherches et des expériences dans le cadre du cours d'éveil scientifique et, à exprimer ce qu'ils ont appris ou compris du cours.

Par ailleurs, l'enquête internationale TALIS (2018) qui questionne notamment les pratiques des enseignants du 1^{er} degré de l'enseignement secondaire de l'OCDE, révèle « qu'en FW-B, l'activation cognitive des élèves fait moins appel qu'ailleurs⁶⁰ à des pédagogies actives ou à des projets représentant des défis pour les élèves. » (Quittre, Dupont et Lafontaine, 2018, p. 17).

Dès lors, nous constatons que nos résultats vont dans le sens de ces deux enquêtes internationales. Cependant, nous ne pouvons pas affirmer que ces résultats expliquent à eux seuls la différence entre la moyenne obtenue par Fauth et al. (2014) et les nôtres. En effet, nous devons considérer non seulement les différences de contextes mais surtout, les limites contextuelles et méthodologiques de notre recherche.

Nous considérons plusieurs limites importantes à notre recherche.

La première est contextuelle étant donné que notre récolte de résultats, qu'ils soient qualitatifs ou quantitatifs, s'est déroulée à la fin de l'année scolaire 2020-2021 déjà bien chahutée par la crise sanitaire. Dès lors, il est fort probable que le phénomène observé par Teig et al. (2019) ait été amplifié dans ce contexte singulier. Pour rappel, ces auteurs avancent que la contrainte de temps perçue par les enseignants influence leurs dispositions à mettre en œuvre des stratégies d'activation cognitive dans le domaine de l'apprentissage des sciences en particulier. Nous ne pouvons pas mesurer précisément l'influence que ce contexte a eu sur les réponses des élèves au questionnaire de recherche mais nous pouvons témoigner du fait que, lors des laboratoires cognitifs, les élèves qui évoquaient une situation d'apprentissage liée à la démarche d'investigation, se référaient généralement à ce qu'ils avaient vécu une, voire deux années auparavant.

Les limites suivantes sont d'ordre méthodologique :

Lorsque nous avons cherché à interpréter les résultats des analyses statistiques ainsi que les réponses des élèves aux items, nous avons été confrontée à une difficulté liée au choix des échelles d'évaluation. En effet, l'utilisation de deux types d'échelle (une, d'accord et l'autre de fréquence) a été un frein dans l'interprétation des résultats. Par exemple, les élèves interrogés se disent majoritairement d'accord avec le fait qu'ils

⁶⁰ Sont considérés six autres pays ou régions proches de la FW-B : la Communauté flamande, l'Angleterre (R-U), l'Autriche, la Finlande, la France et les Pays-Bas.

sont amenés à émettre des hypothèses explicatives mais, qu'ils ne mènent que rarement des recherches ou des expériences, pourtant susceptibles de leur permettre de vérifier leurs hypothèses. Avoir une indication sur la fréquence à laquelle les élèves sont amenés à émettre des hypothèses nous aurait permis de comparer ces résultats pour éventuellement, obtenir des précisions quant aux pratiques de classe, par exemple.

Par ailleurs, pour élaborer notre questionnaire de recherche, nous nous sommes centrée sur l'ordre logique des étapes de la démarche d'investigation. Or, il s'avère que ce sont les items du début du questionnaire qui ont posé le plus de problèmes aux élèves qui ont participé aux laboratoires cognitifs. Nous avons interprété cela comme étant de simples difficultés de compréhension et nous avons reformulé les items, pensant les améliorer de manière significative. Cependant, l'analyse factorielle exploratoire a démontré des dysfonctionnements sur ces items. Nous aurions sans doute dû les considérer comme étant des items complexes, susceptibles de déstabiliser les répondants. À ce sujet, Lafontaine (2019) recommande d'être attentif à l'ordre des items en privilégiant les questions faciles au début du questionnaire pour permettre au répondant de se sentir à l'aise avec la tâche. Nous pensons que nous avons été influencée par le fait que nous connaissions les élèves qui ont participé aux laboratoires cognitifs. Mener des entretiens dans d'autres écoles que celle dans laquelle nous enseignons nous aurait aidée à rester plus objective quant à ce que les élèves ont exprimé dans le cadre des laboratoires cognitifs. Cela aurait été enrichissant, d'autant plus qu'il doit y avoir des différences dans la manière d'aborder l'apprentissage des sciences d'une école à l'autre.

Ces limites méthodologiques sont autant de perspectives d'amélioration de notre travail. Car en effet, dans le cadre de notre recherche, nous avons bien construit et validé deux échelles de mesure d'activation cognitive pour le cours d'initiation scientifique. Cependant, leur validité peut être considérablement améliorée afin de mesurer plus finement ce concept.

Bibliographie

- Albe, V. (2006). Procédés discursifs et rôles sociaux d'élèves en groupes de discussion sur une controverse socio-scientifique. *Revue française de pédagogie*, 157, pp 103-118. Retrieved from <https://doi.org/10.4000/rfp.604>
- Allal, L. (2002). Acquisition et évaluation de compétences en situation. In Dolz, J., & Ollagnier, E. *L'énigme de la compétence en éducation*. Bruxelles : De Boeck, p. 77-95.
- Astolfi J. -P., Darot E., Ginsburger-Vogel Y., & Toussaint J. (1998). *Mots-clés de la didactique des sciences. Repères, définitions, bibliographies*. Bruxelles : DeBoeck.
- Astolfi, J. -P. & Peterfalvi, B. (1993). Obstacles et construction de situations didactiques en sciences expérimentales. *Aster*, 16, 103-142. Retrieved from <https://doi.org/10.4267/2042/8578>
- Atlay, C., Tieben, N., Hillmert, S., & Fauth, B. (2019). Instructional quality and achievement inequality: How effective is teaching in closing the social achievement gap? *Learning and Instruction*, 63. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2019.05.008>.
- Baumert, J., Kunter, M., Blum, W., Brunner, M., Voss, T., Jordan, A., ... & Tsai, Y.-M. (2010). Teachers' mathematical knowledge, cognitive activation in the classroom, and student progress. *American Educational Research Journal*, 47(1), 133- 180. Retrieved from <https://doi.org/10.3102/0002831209345157>.
- Bächtold, M. (2012). Les fondements constructivistes de l'enseignement des sciences basé sur l'investigation. *Tréma*, 38, 7-39.
- Boilevin, J. -M. (2013). *Rénovation de l'enseignement des sciences physiques et formation des enseignants*. Bruxelles : De Boeck Supérieur.
- Cariou, J. -Y. (2015). Quels critères pour quelles démarches d'investigation ? Articuler esprit créatif et esprit de contrôle. *Recherches en éducation*, 21, 12- 32.
- Coquidé, M., Fortin, C. & Rumelhard, G. (2009). L'investigation : fondements et démarches, intérêts et limites. *Aster*, 49, 49-76.
- Daro, S., Graftiau, M. C., Stouvenakers, N., & Hindryckx, M. N. (2009). Des outils pour favoriser une continuité des apprentissages en mathématiques et en sciences lors de la liaison primaire secondaire : Faire des sciences entre 10 et 14 ans, c'est mener une démarche d'investigation. Retrieved from <http://hdl.handle.net/2268/92103>
- Daro, S., Hindryckx, M.-N. & Poffé, C. (2013). Développer des compétences didactiques en sciences : présentation d'une communauté d'apprentissage. *Education & Formation*, e-298-02, 138-151. Retrieved from <http://revueeducationformation.be/index.php?revue=15&page=3>
- Deci, E., & Ryan, R. (2000). The “what” and the “why” of goal pursuits: human needs and the self-determination of behavior. *Psychological inquiry*, 11(4), 227-268. Retrieved from https://doi.org/10.1207/S15327965PLI1104_01

Drouard, F. (2008). La démarche d'investigation dans l'enseignement des sciences. *Grand N* 82, 31-52. IREM de Grenoble, Grenoble, France.

Évrard, T., & Amory, B. (2012). *Réveille-moi les sciences : Apprendre les sciences de 2 ans ½ à 14 ans*. Bruxelles : De Boeck Éducation.

Fauth, B., Decristan, J., Rieser, S., Klieme, E., & Büttner, G. (2014). Student ratings of teaching quality in primary school: Dimensions and prediction of student outcomes. *Learning and Instruction*, 29, 1-9. <https://doi:10.1016/j.learninstruc.2013.07.001>

Fédération Wallonie-Bruxelles (1999). Les socles de compétence éveil- initiation scientifique. Administration générale de l'Enseignement et de la Recherche scientifique. Service général du Pilotage du Système éducatif. Bruxelles, Belgique.

Fédération Wallonie-Bruxelles Enseignement (2009). Programme des études de l'enseignement fondamental

Fédération Wallonie-Bruxelles (2014). *Annexe 3 de l'Arrêté du Gouvernement de la Communauté française déterminant les compétences terminales et savoirs requis à l'issue de la section de transition des humanités générales et technologiques en mathématiques, en sciences de base et en sciences générales*. Moniteur Belge, 17 avril. Retrieved from http://www.ejustice.just.fgov.be/mopdf/2014/04/17_1_2.pdf

FédEFoC (n.d.). Programme d'éveil - Initiation scientifique – Cycle 4.

Furtak, E. M., Seidel, T., Iverson, H., & Briggs, D. C. (2012). Experimental and quasi-experimental studies of inquiry-based science teaching : a meta-analysis. *Review of Educational Research*, 82(3), 300–329. <http://doi:10.3102/0034654312457206>

Garcia-Debanc , C . (1998). Une argumentation orale dans une démarche scientifique au cycle 3. *Repères, recherches en didactique du français langue maternelle*, n°17, pp. 87-108. Retrieved from <https://doi.org/10.3406/reper.1998.2249>

Giot, B., & Quittre, V. (2006). Pourquoi et comment structurer ses acquis en sciences à l'école primaire ? *Ministère de la Communauté française de Belgique*.

Hindryckx, M. N., & Poffé, C. (2018, July). Des écrits réflexifs au service de la formation initiale des enseignants : journal de bord et journal intime, témoins d'une collaboration autour d'activités de sciences en maternelle. In *Actes du premier colloque du Didactif, Les disciplines enseignées : des modes de penser le monde*. Liège.

Hindryckx, M.-N. & Quittre, V. (2019). *Enseignement et apprentissage des sciences dans l'enseignement fondamental et secondaire inférieur*. (PEDA4027-1). Unpublished document, Université de Liège, Liège. Belgique.

Hersant, M., & Orange-Ravachol, D. (2015). Démarche d'investigation et problématisation en mathématiques et en SVT : des problèmes de démarcation aux raisons d'une union. *Recherches en éducation*, 21. Retrieved from <https://doi.org/10.4000/ree.7533>

Kirschner, P., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006). Why unguided learning does not work: An analysis of the failure of discovery learning, problem-based learning,

experiential learning and inquiry-based learning. *Educational Psychologist*, 41(2), 75-86.

Klieme, E., Lipowsky, F., Rakoczy, K., & Ratska, N. (2006). Qualitätsdimensionen und Wirksamkeit von Mathematikunterricht. theoretische Grundlagen und ausgewählte ergebnisse des Projekts "Pythagoras". In M. Prenzel et I. allolionacke (Eds.), *Untersuchungen zur bildungsqualität von schule: Abschlussberichtdes DFG-schwerpunktprogramms* (pp. 123-146). Munster, allemagne: Waxmann.

Klieme, E., Pauli, C., & Reusser, K. (2009). The Pythagoras study: investigating effects of teaching and learning in Swiss and German mathematics classrooms. In T. Janik & T. Siedel (Eds), *The power of Video studies in investigating teaching and learning in the classrooms* (pp. 137-160). Waxmann: Münster.

Lafontaine, D. (2019). *Construction et analyse de questionnaires* (PEDA4035-1). Unpublished document, Université de Liège, Liège. Belgique.

Lafontaine, D. (2020, juillet, 7-8). *Évolution des paradigmes de recherche en éducation : quels obstacles et comment les surmonter ?* Conférence scientifique tenue dans le cadre du colloque international du Didactifien, Uliège, Belgique. Retrieved April 15, 2021, from <http://hdl.handle.net/2268/250712>

Lepeltier, T. L. (2013). Logique de la découverte scientifique de Karl Popper. *Histoire et philosophie des sciences. Auxerre : Éditions Sciences Humaines*, 152.

Lhoste, Y. (2018). *Épistémologie et didactique des SVT : Langage, apprentissage, enseignement des sciences de la vie et de la Terre*. Presses universitaires de Bordeaux.

Lipowsky, F., Rakoczy, K., Pauli, C., Drollinger-Vetter, B., Klieme, E., & Reusser, K. (2009). Quality of geometry instruction and its short-term impact on students' understanding of the Pythagorean Theorem. *Learning and Instruction*, 19, 527–537. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2008.11.001>

Martin, M. O., Mullis, I. V. S., & Foy, P. (2013). TIMSS 2015 Assessment Design. In I. V. S. Mullis, & M. O. Martin (Eds), *TIMSS 2015 Assessment Frameworks* (pp. 85–98). Chestnut Hill, MA : TIMSS & PIRLS International Study Center.

Mayer, R. E. (2004). Should there be a three-strikes rule against pure discovery learning ? The case for guided methods of instruction. *American Psychologist*, 59(1), 14–19.

Monseur, C. (2018). *Questions d'évaluation*. (PEDA4042-1). Unpublished document, Université de Liège, Liège. Belgique.

Orange, C. (2009). Construire des modèles et en débattre : la nutrition au cycle 3. In P. Shneeberger, & A. Vérin (Eds.), *Développer des pratiques d'oral et d'écrit en sciences. Quels enjeux pour les apprentissages à l'école ?* (pp.197–223) Lyon : Institut National de Recherche Pédagogique.

Orange, C. (2009). Organiser et mener un débat scientifique en classe. In P. Shneeberger, & A. Vérin (Eds.), *Développer des pratiques d'oral et d'écrit en sciences. Quels enjeux pour les apprentissages à l'école ?* (pp.343–352) Lyon : Institut National de Recherche Pédagogique.

Osborne, J. (2010). Arguing to learn in science : the role of collaborative, critical discourse. *Science*, 328, pp.463-466. Retrieved from <https://science.sciencemag.org/content/328/5977/463.abstract>

Peterfalvi, B. & Schneeberger, P. (2014). Recherches actuelles en didactique des sciences et des technologies : quels échos des travaux de Jean-Pierre Astolfi ? *RDST*, 9 | 2014, 9-18. Retrieved from <http://journals.openedition.org/rdst/837>

Hindryckx, M. N., & Poffé, C. (2018, July). Des écrits réflexifs au service de la formation initiale des enseignants : journal de bord et journal intime, témoins d'une collaboration autour d'activités de sciences en maternelle. In *Actes du premier colloque du Didactif, Les disciplines enseignées : des modes de penser le monde*. Liège.

Praetorius, A., Pauli, K., Reusser, C., Rakoczy, K., & Klieme, E. (2014). One lesson is all you need? Stability of instructional quality across lessons. *Learning and Instruction*, 31, 2–12.

Praetorius, A., Klieme, E., Herbert, B., & Pinger, P. (2018). Generic dimensions of teaching quality: The German framework of three basic dimensions. *ZDM*, 50(3), 407–426. <https://doi.org/10.1007/s11858-018-0918-4>

Quittre, V., Dupont, V., & Lafontaine, D. (2018). *Attitude des élèves à l'égard des sciences et pratiques d'enseignement en sciences en Fédération Wallonie-Bruxelles – Les résultats de PISA 2015*. Liège : aSPe- ULiège.

Quittre, V., Dupont, V., & Lafontaine, D. (2019). *TALIS 2018-Enseigner au quotidien*. Liège : aSPe- ULiège.

Rakoczy, K., Buff, A., & Lipowsky, F. (2005). Befragungsinstrumente. [Questionnaires]. In E. Klieme, C. Pauli, & K. Reusser (Eds.), Dokumentation der Erhebungs- und Auswertungsinstrumente zur schweizerischdeutschen Videostudie “Unterrichtsqualität, Lernverhalten und mathematisches Verständnis”. *Materialien zur Bildungsforschung*, 13. Frankfurt am Main, Allemagne : GfP.

Saltiel, E. (2007). Guide méthodologique : la démarche d'investigation, comment faire en classe ? Lyon, France : La main à la pâte. Retrieved from : <https://www.fondation-lamap.org/fr/page/11324/la-demarche-dinvestigation-comment-faire-en-classe>

Schneeberger, P., & Vérin, A. (2009). *Développer des pratiques d'oral et d'écrit en sciences. Quels enjeux pour les apprentissages à l'école ?* Lyon : Institut National de Recherche Pédagogique.

Teig, N., Scherer, R., & Nilsen, T. (2019). I know I can, but do I have the time ? The role of teachers' self-efficacy and perceived time constraints in implementing cognitive-activation strategies in science. *Frontiers in Psychology*, 10, 1697. Retrieved from <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01697>

Vosniadou, S. (2007). Conceptual change and education. *Human development*, 50(1), 47-54.

Weisser, M., Masclet, E., & Remigny, M.J. (2003). Construction de la compréhension par l'argumentation orale en sciences : expérience menée en Cycle 3. *Aster*, 37, 17-52. Retrieved from <https://doi.org/10.4267/2042/8819>

Zucker, S., Sassman, C., & Case, B.J. (2004). Cognitive Labs. San Antonio, TX : Pearson Assessments. Retrieved September 15, 2021, from http://images.pearsonassessments.com/images/tmrs/tmrs_rg/CognitiveLabs.pdf

Table des illustrations

Tables des figures

FIGURE 1 : CONTINUUM OF GUIDANCE IN INQUIRY-BASED SCIENCE TEACHING REFORMS (FURTAK ET AL., 2012, P. 306)	19
FIGURE 2 : MISE EN PLACE D'UNE DÉMARCHE SCIENTIFIQUE (FW-B, 2009, P. 61).....	23
FIGURE 3 : DESCRIPTION DE L'ÉCHANTILLON DES LABORATOIRES COGNITIFS.	44
FIGURE 4 : ITEMS INCHANGÉS SUITE AUX LABORATOIRES COGNITIFS.	47
FIGURE 5 : ITEMS REFORMULÉS SUITE AUX LABORATOIRES COGNITIFS.....	50
FIGURE 6 : ITEMS SUPPRIMÉS SUITE AUX LABORATOIRES COGNITIFS.....	54
FIGURE 7 : SYNTHÈSE DES CHANGEMENTS APPORTÉS AU CONSTRUCT SUITE AUX LABORATOIRES COGNITIFS.	56
FIGURE 8 : SYNTHÈSE DES CHANGEMENTS APPORTÉS AU CONSTRUCT SUITE AUX LABORATOIRES COGNITIFS.	59
FIGURE 9 : ITEMS DE L'ÉCHELLE D'ACTIVATION COGNITIVE GÉNÉRALE.....	62
FIGURE 10 : ITEMS DU FACTEUR 1 AVEC LEUR INDICE DE SATURATION.	65
FIGURE 11 : ITEMS DU FACTEUR 2 AVEC LEUR INDICE DE SATURATION.	67
FIGURE 12 : ITEMS DU FACTEUR 4 AVEC LEUR INDICE DE SATURATION.	68
FIGURE 13 : ITEMS DU FACTEUR 6 AVEC LEUR INDICE DE SATURATION.	69
FIGURE 14 : 3 DIMENSIONS IDENTIFIÉES PAR L'AFE.....	70
FIGURE 15 : 3 DIMENSIONS POTENTIELLES AU CONSTRUCT.	74
FIGURE 16 : ITEMS DE L'ÉCHELLE D'ACTIVATION COGNITIVE VIA DES TÂCHES STIMULANTES.	76
FIGURE 17 : ITEMS DE L'ÉCHELLE D'ACTIVATION COGNITIVE VIA DES PRATIQUES DISCURSIVES OU DES ÉCHANGES ARGUMENTATIFS.	76
FIGURE 18 : MOYENNES DES RÉSULTATS DES RÉPONSES DES ÉLÈVES AUX ITEMS DES 2 ÉCHELLES VALIDÉES (ACTIVATION COGNITIVE VIA DES TÂCHES STIMULANTES ; ACTIVATION COGNITIVE VIA DES PRATIQUES DISCURSIVES OU DES ÉCHANGES ARGUMENTATIFS).	77

Table des Tableaux

TABLEAU 1 : COEFFICIENTS DE CORRÉLATION DE PEARSON DE L'ITEM 6 AVEC LES AUTRES ITEMS DE L'ÉCHELLE D'ACTIVATION COGNITIVE GÉNÉRALE.....	61
TABLEAU 2 : PERCEPTION DES ÉLÈVES DE L'ACTIVATION COGNITIVE EN ÉVEIL SCIENTIFIQUE : ANALYSE FACTORIELLE EXPLORATOIRE AVEC LA MÉTHODE VARIMAX.	64
TABLEAU 3 : COEFFICIENTS DE CORRÉLATION DE PEARSON DES ITEMS 3 ET 8 AVEC LES AUTRES ITEMS DE L'ÉCHELLE D'ACTIVATION COGNITIVE SPÉCIFIQUE À LA DÉMARCHE D'INVESTIGATION.	72