



HAL
open science

L'enseignement explicite au service de la démarche d'investigation : élaboration d'un protocole expérimental

Céline Sonzogni

► To cite this version:

Céline Sonzogni. L'enseignement explicite au service de la démarche d'investigation : élaboration d'un protocole expérimental. Education. 2017. dumas-01654644

HAL Id: dumas-01654644

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01654644>

Submitted on 22 Jan 2018

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

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

Année universitaire 2016-2017

**Diplôme universitaire *Métiers de l'enseignement, de l'éducation
et de la formation***

Mention *Premier degré*

**L'enseignement explicite au service de
la démarche d'investigation : élaboration
d'un protocole expérimental**

Présenté par Céline SONZOGNI

Première partie rédigée en collaboration avec Stéphanie COURDAVAULT

Écrit scientifique réflexif encadré par Isabelle SARRADE

Attestation de non-plagiat

Je soussigné(e) (Prénom NOM)

Céline SONZOENI

Auteur du mémoire de master 2 ou de l'écrit scientifique réflexif (MEEF-PE) / MEEF-SD / MEEF-EE / MEEF-PIF (entourez la mention et indiquez le titre du mémoire)

L'enseignement explicite au service de la démarche
d'investigation : élaboration d'un protocole expérimental

déclare sur l'honneur que ce mémoire est le fruit d'un travail personnel, que je n'ai ni contrefait, ni falsifié, ni copié tout ou partie de l'œuvre d'autrui afin de la faire passer pour mienne.

Toutes les sources d'information utilisées et les citations d'auteur ont été mentionnées conformément aux usages en vigueur.

Je suis conscient(e) que le fait de ne pas citer une source ou de ne pas la citer clairement et complètement est constitutif de plagiat, que le plagiat est considéré comme une faute grave au sein de l'Université, pouvant être sévèrement sanctionnée par la loi.

Fait à Grenoble
le 10 mai 2017

Signature de l'étudiant(e)



Autorisation de diffusion électronique d'un écrit scientifique réflexif dans la base DUMAS¹

Autorisation de l'étudiant(e)

Je soussigné(e) Céline SONZOGNI.....

auteur et signataire de l'écrit scientifique réflexif, intitulé :

L'enseignement explicite au service de la démarche
d'investigation : élaboration d'un protocole expérimental.....

agissant en l'absence de toute contrainte,

autorise **n'autorise pas** ²

le Service Interétablissement de Documentation de l'Université Grenoble Alpes-Grenoble INP à le diffuser, sans limitation de temps, sur la base DUMAS en texte intégral.

- Je certifie la conformité de la version électronique déposée avec l'exemplaire imprimé remis au jury.
- Je m'engage à signaler les documents pour lesquels je ne détiens pas les droits de reproduction et de représentation ou les autorisations afférentes. Ces documents devront être masqués ou retirés de la version diffusée sur la base DUMAS par les auteurs.
- La présente autorisation de diffusion n'a pas de caractère exclusif. L'auteur conserve par conséquent toutes les possibilités de cession de ses droits et de diffusion concomitante de son écrit.
- Je renonce à toute rémunération pour la diffusion effectuée dans les conditions précisées ci-dessus.
- Conformément à la loi « informatiques et libertés » du 6 janvier 1978, modifiée en 2004, je pourrai à tout moment modifier cette autorisation de diffusion par simple lettre ou courriel à la BUPE : membupe@univ-grenoble-alpes.fr

Fait à Grenoble..... le 10 mai 2017.....

Signature de l'étudiant(e),
Précédée de la mention « bon pour accord »

bon pour accord



¹ La base DUMAS (Dépôt Universitaire des Mémoires Après Soutenance) est en accès libre à l'adresse : <http://dumas.ccsd.cnrs.fr/>
NB : le mémoire sera diffusé sur Dumas si la note obtenue pour l'écrit est supérieure ou égale à 16/20 et si l'auteur et le responsable de mémoire en donnent l'autorisation

² Entourer la mention choisie

Table des matières

Introduction.....	1
État de l'art.....	2
1. La démarche d'investigation.....	2
1.1. Que sont les sciences ?.....	2
1.2. Historique : de la leçon des choses à la démarche d'investigation en sciences.	2
1.3. La démarche d'investigation.....	3
1.4. Les difficultés de la mise en place de la démarche d'investigation.....	4
1.5. Qu'est-ce qu'un bon protocole expérimental ?.....	5
2. L'enseignement explicite.....	6
2.1. Présentation de l'enseignement explicite	7
2.1.1. L'enseignement explicite est-ce une nouvelle mode ?.....	7
2.1.2. L'historique de l'enseignement explicite.....	7
2.1.3. Les principes de l'enseignement explicite	7
2.2. Les fondements	10
2.2.1. Le projet Follow through.....	10
2.2.2. Les facteurs significatifs pour obtenir l'apprentissage.....	11
2.2.3. L'apport des sciences cognitives.....	11
3. Enseignement explicite ou démarche d'investigation	12
4. Problématique	13
Méthode	14
1. Présentation des classes participantes.....	14
2. La quête du retour d'expérience.....	14
2.1. Présentation de l'enquête sur la démarche d'investigation.....	14
2.2. Les résultats	15
3. Mise en œuvre de l'étude	15
3.1. Choix du domaine de notre séquence	15
3.2. Le choix de mener deux études disjointes	16
3.3. Savoirs enseignés et développement de compétences de la séquence.....	16
4. Matériel et procédure	17
4.1. De l'explicite dans la séquence.....	17

4.1.1. Mise en œuvre de la séance explicite	17
4.1.2. Les étayages mis en place.....	17
4.2. Description de la procédure et des données utilisées pour l'étude	20
4.3. Nos critères d'évaluation	21
Résultats.....	22
1. La capacité à extraire le « but et le paramètre d'une hypothèse »	22
2. Résultats sur les indicateurs d'un protocole imaginé	24
3. Résultats des indicateurs d'un protocole analysé.....	26
4. Résultats des créations et des analyses de protocole	28
Discussion et conclusion	29
1. Re-contextualisation.....	29
2. Interprétation des résultats de l'étude	29
2.1. Des indicateurs à l'objectif	29
2.2. Interprétation.....	30
3. Limites et perspectives.....	32
4. Conclusion.....	33
Bibliographie	34
Annexes

Introduction

« Comment vais-je arriver à provoquer ces apprentissages ? » : voici un questionnement qui occupe constamment le professeur des écoles débutant. Puis au cours de sa carrière, il précisera : « comment vais-je faire pour que tous comprennent ? », et encore « comment vais-je faire pour qu'ils retiennent ? ».

Dans cette étude, nous nous sommes intéressées à l'enseignement centré sur l'élève ou sur le professeur. Plus particulièrement la démarche d'investigation et l'enseignement explicite. Nous voulions trouver comment exploiter ces deux types d'enseignement qui peuvent paraître pourtant aux antipodes l'un de l'autre.

Pour affiner notre domaine de recherche, nous avons utilisé un questionnaire afin d'avoir un retour d'expérience sur les difficultés de la démarche d'investigation. Ces réponses nous ont conduits à nous intéresser à la problématique suivante :

Comment une démarche plus explicite peut aider les élèves à la construction et à l'analyse d'un protocole expérimental en sciences ?

Dans un premier temps nous ferons un état de l'art sur la démarche d'investigation ainsi que sur l'enseignement explicite. Puis nous détaillerons la méthodologie employée et ses résultats. Enfin nous verrons si une séance explicite sur la construction d'un protocole ainsi que la mise en place d'étayages, facilitent l'apprentissage.

État de l'art

1. La démarche d'investigation

1.1. Que sont les sciences ?

Par définition, les sciences sont un « ensemble bien organisé de connaissances relatives à certaines catégories de faits ou de phénomènes », Larousse (1970). Selon Gaston Bachelard (1938) « 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 de connaissance scientifique. Rien ne va de soi. Rien n'est donné. Tout est construit ». Il souligne donc l'importance de la question de départ, à laquelle Claude Bernard (1947), initiateur de la méthode expérimentale, ajoute l'importance des hypothèses. Il dit que « sans hypothèse, c'est-à-dire sans une anticipation de l'esprit sur les faits, il n'y pas de science, et le jour de la dernière hypothèse sera le dernier jour de la science ». On voit donc qu'outre l'apport de connaissances, les sciences sont une façon de penser, de se poser des questions, de les vérifier et de construire des connaissances.

Au regard des nouveaux programmes de l'école primaire, bulletin spécial n°11 du 26 Novembre 2015, il sera demandé aux élèves, en sciences, de « pratiquer, avec l'aide des professeurs, quelques moments d'une démarche d'investigation : questionnement, observation, expérience, description, raisonnement, conclusion ».

Les programmes recommandent donc de mettre en place une démarche d'investigation en sciences. Mais comment a évolué la pédagogie des sciences depuis son apparition dans les programmes ?

1.2. Historique : de la leçon des choses à la démarche d'investigation en sciences.

Il est important de connaître l'histoire de l'enseignement des sciences à l'école primaire afin de mieux comprendre le choix pédagogique qui s'impose aujourd'hui dans l'apprentissage de cette discipline.

Les sciences font leur entrée dans les programmes de manière optionnelle, et c'est avec la loi Ferry de 1882 que l'enseignement des sciences devient obligatoire à l'école. Dans le décret du 18 janvier 1887, on peut lire : « L'instruction élémentaire comprend les leçons des choses et les premières notions scientifiques ». Le terme « leçon des choses » a été apporté par Marie Pape Carpentier en 1867 pour expliquer qu'un jeune enfant va mieux comprendre en réalisant

des observations d'objets concrets ou d'images et va ainsi donner du sens à ses apprentissages. Ainsi, elle considère dans cette approche que l'élève est actif dans ses apprentissages : il va apprendre par les choses et non sur les choses. Pendant des années, ce sera l'enseignant qui fera l'expérimentation devant les élèves puis la construction du savoir sous la forme de résumé : l'élève doit donc observer puis apprendre le résumé par cœur. Avec les travaux de didacticiens tels que Henri Wallon et Jean Piaget, l'enseignement des sciences a évolué : il doit développer chez l'élève une attitude scientifique. L'élève ne sera plus observateur mais expérimentateur et la réflexion de l'élève va lui permettre de construire son savoir. Différentes méthodes expérimentales vont se succéder : celle de Claude Bernard, sous l'acronyme OHERIC (Observation, Hypothèse, Expérience, Résultat, Interprétation, Conclusion) puis Pierre Clément propose le modèle THEORIC (Théorie, Hypothèses, Expérimentation, Observation, Résultats, Interprétation, Conclusion). En 1998, Philippe Brunet complète cette dernière par l'acronyme OPHERIC en ajoutant le P de Problème. Enfin, la démarche DiPHTeRIC (Données initiales, Problèmes, Hypothèses, Test d'une conséquence déduite, Résultats, Interprétation, Conclusion) dans les années 2000, prend en compte les représentations initiales de l'élève pour construire l'enseignement.

1.3. La démarche d'investigation

Cette méthode apparaît dans les textes officiels de différents pays anglo-saxons. Elle est traduite en français par « démarche d'investigation ».

En France, la démarche d'investigation vient du programme « la Main à la pâte ». Cette démarche, fondée sur l'expérimentation, a été proposée par Georges Charpak en 1996, en s'appuyant sur l'Académie des sciences dont il est membre, inaugurant ainsi une rénovation de l'enseignement des sciences aux enfants. Dans cette démarche, les élèves mis au contact d'une situation, s'impliquent dans une démarche de découverte, puis à partir de leurs observations vont construire un raisonnement et un savoir.

Le plan de rénovation de l'enseignement des sciences et de la technologie à l'école (PRESTE) (bulletin officiel n°23 du 15 Juin 2000) a pour but d'améliorer l'enseignement des sciences et de pallier la désaffection des étudiants dans les filières scientifiques. Il déclenche l'entrée de la démarche d'investigation dans les programmes en 2008 où l'on peut lire que « les connaissances et les compétences sont acquises dans le cadre d'une démarche d'investigation qui développe la curiosité, la créativité, l'esprit critique et l'intérêt pour le progrès scientifique et technique » (extrait du BO hors série n°3 du 19 juin 2008).

La mise en place d'une démarche d'investigation nécessite différentes étapes qui peuvent être considérées comme des moments-clés :

- le choix d'une situation de départ par le professeur. Elle peut être fortuite ou provoquée et permet de susciter l'étonnement et la curiosité des élèves. Ils s'expriment et peuvent confronter leurs représentations initiales ;
- l'émergence de questions que se posent les élèves. Les divergences concernant les représentations initiales des élèves font apparaître des questions et des problèmes ;
- l'élaboration d'hypothèses en réponse aux problèmes et conception de l'investigation à mener ;
- les investigations conduites par les élèves. Elles peuvent être de différentes formes : observation, expérimentation, recherche documentaire, enquête, visite, modélisation ;
- l'analyse, l'interprétation puis la confrontation des résultats. Il s'agit ici de valider ou non les hypothèses de départ. S'il s'avère que toutes les hypothèses sont rejetées, les élèves devront en émettre de nouvelles et faire une nouvelle investigation ;
- l'acquisition et la structuration des connaissances.

Dans cette démarche, une place très importante est accordée au droit à l'erreur et aux tâtonnements. C'est à partir des conceptions préalables des élèves que ces derniers construisent leur savoir : à l'école, l'élève n'arrive pas vierge de toute connaissance. Mais parfois ces conceptions erronées peuvent faire obstacle à la construction des savoirs. Le rôle de l'enseignant est alors primordial pour permettre aux élèves d'en prendre conscience et de pouvoir les modifier à la fin de la séquence.

Malgré les recommandations des textes officiels sur la démarche d'investigation en sciences dès l'école primaire, la mise en place de ce type d'approche peut poser quelques difficultés. La prochaine partie met en évidence ces principales difficultés rencontrées.

1.4. Les difficultés de la mise en place de la démarche d'investigation

Une des principales études didactiques concernant la mise en place de la démarche d'investigation a été menée par Mathe, Meheut et De Hosson, (2008) qui ont analysé les fiches de préparations des enseignants en sciences au collège. Ils concluent que dans toutes les étapes de la démarche d'investigation, les enseignants guident les élèves et les rendent donc moins autonomes dans leur travail.

Aussi, Reinaldo Saavedra (2015), après analyse de différentes revues littéraires, conclut que « la mise en place d'une démarche expérimentale d'investigation reste complexe et exigeante.

Elle est souvent très guidée par les enseignants, ce qui ne favorise pas l'autonomie chez les élèves ni l'implication de ceux-ci dans une démarche scientifique. Ainsi nous constatons qu'une telle implémentation ne permet pas de répondre aux attentes des programmes. »

Selon Ham (2009), le protocole expérimental est une des difficultés pour les élèves car il n'est pas enseigné mais souvent donné. Ham liste quatre principaux points de difficultés rencontrés par les élèves lors de la construction d'un protocole :

- «- Imaginer la structure générale de l'expérimentation à partir des modèles scientifiques mobilisés, de leurs représentations personnelles du matériel à utiliser, de leurs connaissances sur les stratégies d'expérimentation.
- Prendre en charge la multitude des paramètres décrivant l'expérimentation.
- Ecrire le protocole en utilisant le format de représentation adapté.
- Evaluer le protocole produit. »

Il apparait donc qu'il serait intéressant de s'intéresser à l'enseignement de cette difficulté qu'est l'élaboration d'un protocole. Mais qu'est-ce qu'un protocole recevable et adéquat à une hypothèse de départ ? Ceci fait l'objet de la prochaine partie.

1.5. Qu'est-ce qu'un bon protocole expérimental ?

Pour faire une expérience il faut mettre en place un protocole. Ce protocole va permettre de valider ou invalider une hypothèse formulée. Le protocole regroupe la description des conditions et du déroulement d'une expérience. Mais comment peut-on savoir qu'un protocole produit est recevable ou non ? D'Ham (2009) propose différents critères d'évaluation :

- Le protocole doit être exécutable c'est-à-dire qu'il prend en compte le matériel à disposition, que les paramètres des actions sont clairement définis et qu'il respecte les contraintes matérielles et temporelles de la classe.
- Le protocole doit être communicable : il peut être exécuté par une tierce personne dans des conditions identiques.
- Le protocole doit être pertinent : ainsi, il doit répondre à la question posée.
- Le protocole doit être reproductible : il produit à chaque fois les mêmes résultats.

De plus, une étude en lien avec l'élaboration d'un protocole a été faite par Klahr et Nigam (2004). Ils se sont intéressés à l'apprentissage de la stratégie de contrôle des variables (CVS) : procédure permettant de concevoir que pour faire des déductions à partir d'expériences, il faut faire des comparaisons et faire varier un seul paramètre à la fois.

Dans leur étude, Klahr et Nigam proposent de comparer deux approches pédagogiques (l'une dirigée et l'autre par la découverte) et de voir quelle approche permet aux élèves d'acquérir CVS. Ils ont proposé à des élèves d'une moyenne d'âge de 9 ans de concevoir des protocoles où ils peuvent faire varier plusieurs paramètres tels que la pente d'une rampe (haute ou basse), la surface des rampes (lisse ou rugueuse), la longueur de la descente (longue ou courte) et le type de balles utilisé afin de montrer quels paramètres sont primordiaux pour qu'une balle roule le plus loin possible. Klahr et Nigam ont montré qu'un enseignement dirigé sur l'importance de réaliser deux expériences pour comparer les résultats et sur la nécessité de faire varier un paramètre à la fois a permis une amélioration significative de la capacité des enfants à concevoir et à critiquer des expériences. Pour eux, l'acquisition de ces notions est une étape importante dans le développement des capacités de raisonnement scientifique.

Il semble donc important que les élèves prennent connaissance des critères d'évaluation de protocole pour qu'ils puissent élaborer un protocole recevable et adéquat. Une part d'explicite à ce niveau semble donc essentielle pour les guider et décharger ainsi leur mémoire de travail.

Nous allons nous intéresser maintenant à l'enseignement dirigé utilisé par Klahr et Nigam : l'enseignement explicite.

2. L'enseignement explicite

S. Bonnéry, maître de conférences en sciences de l'éducation à l'université Paris-VIII et membre de l'équipe de recherche ESSI-ESCOL ("Éducation, Socialisation, Sujet, Institution" - "Éducation et scolarisation"), a étudié une situation de classe dans laquelle une enseignante proposait aux élèves de faire une légende de carte géographique. Un des élèves va associer cet exercice à un exercice de coloriage ; et au contrôle cet élève sera en situation d'échec. A partir de cet exemple, S. Bonnéry insiste sur l'importance d'un enseignement explicite. Selon lui, « il importe de voir que, quand l'école ne prend pas complètement en charge le travail d'explicitation aux élèves, eux (...) trouvent ailleurs » (leurs propres clefs d'explicitation).

Dans cette partie de l'état de l'art, nous présenterons ce qu'est l'enseignement explicite puis dans un second temps nous nous intéresserons à ses fondements.

2.1. Présentation de l'enseignement explicite

2.1.1. L'enseignement explicite est-ce une nouvelle mode ?

Actuellement dans le milieu de l'éducation, l'enseignement explicite est très mis en avant.

- Dans l'académie de Grenoble en 2016, à l'oral du concours de professeur des écoles, un sujet pour l'épreuve sur le système éducatif français traitait de l'enseignement explicite.

- On retrouve cette notion d'apprentissage "explicite" dans les programmes des cycles 2, 3 et 4 de 2015. (par exemple en page 4 « ..leur compréhension liée à un apprentissage explicite ... », ou encore page 11 « Les démarches et stratégies permettant la compréhension des textes sont enseignées explicitement. »)

- La ministre, Najat Vallaud-Belkacem indique que « Pour la première fois, l'organisation des apprentissages, les moyens d'accès à l'information et à la documentation, les outils numériques, la conduite de projets individuels et collectifs, sont identifiés comme devant faire l'objet d'un enseignement explicite».

- Encore plus récemment, la une du numéro de janvier 2017 du magazine "Fenêtres sur cours" (n°432), est sur le dossier "Enseignement explicite, une clé pour la réussite de tous".

On pourrait imaginer au vu de ces intérêts actuels pour l'enseignement explicite que cette démarche est récente mais ce n'est pas le cas car elle est apparue il y a déjà plus de 50 ans.

2.1.2. L'historique de l'enseignement explicite

Dans les années 60, l'américain Siegfried Engelmann propose le modèle d'enseignement "Direct Instruction" (DI). Pour Engelmann « Direct Instruction repose sur l'hypothèse que tous les enfants peuvent réussir à l'école avec un enseignement adéquat ».

Engelmann et Becker (1969) éditent des programmes en arithmétique et en lecture. Ces séquences explicites et structurées s'articulent de façon incrémentale sur les prérequis des élèves, favorisent les interactions et proposent des évaluations fréquentes.

2.1.3. Les principes de l'enseignement explicite

A la suite d'Engelmann, depuis le milieu des années 70, Barak Rosenshine, professeur émérite américain et chercheur en psychologie cognitive, travaille sur l'enseignement explicite. Pour permettre un enseignement plus efficace, il synthétise en 2010, les principes pédagogiques suivants :

- Commencer une leçon par un bref rappel des apprentissages antérieurs.

- Présenter les nouvelles notions par petites étapes avec une pratique des élèves après chaque étape.
- Limiter la quantité de notions reçues en une fois par les élèves.
- Donner des consignes et des explications claires et détaillées.
- Poser un grand nombre de questions et vérifier la compréhension.
- Mettre en place des occasions nombreuses de pratique active pour tous les élèves.
- Guider les élèves au début de la phase de mise en pratique.
- "Penser tout haut" et proposer des modèles pour chaque étape d'un apprentissage.
- Fournir des exemples de problèmes déjà résolus.
- Demander aux élèves d'expliquer ce qu'ils ont appris.
- Vérifier les réponses de tous les élèves.
- Apporter systématiquement des commentaires et des corrections.
- Consacrer plus de temps à donner des explications.
- Fournir un grand nombre d'exemples.
- Enseigner à nouveaux les notions si nécessaire.
- Préparer suffisamment les élèves pour le travail en autonomie
- Accompagner les élèves au début de la phase de pratique autonome.

(Rosenshine, 2010)

L'enseignement explicite est donc une pédagogie structurée, allant du simple au complexe qui présente et explique ce qui va être appris et valorise efforts et stratégies. Les interactions et l'implication des élèves y sont primordiales, la mémorisation à long terme est obtenue via la répétition (APPEX, 2014).

Gautier, Bissonette et Richard (2013) contribuent à la popularisation de l'enseignement explicite en publiant le premier livre en français sur le sujet. Ils y présentent comment, en disant, montrant et guidant les élèves, les professeurs pourraient être plus efficaces.

Ils proposent le modèle PIC pour les trois étapes de l'action pédagogique : Préparation Interaction et Consolidation. Dans cette mise en œuvre de l'enseignement explicite, on retrouvera les principes de Barak Rosenshine cités précédemment.

P : La phase de Préparation, comme son nom l'indique, est la phase où le professeur prépare son enseignement. Cela va consister à préciser les objectifs d'apprentissage, les connaissances préalables, la façon de faire sa séquence pour aller des connaissances simples au plus complexes et sa place dans la programmation, planifier les étayages ainsi que les révisions.

I : La phase d'interaction concerne les moments où le professeur est avec les élèves. Les auteurs reprennent les trois étapes d'une leçon selon Archer et Hugues (2011) : l'ouverture, le corps et la clôture.

L'ouverture de la leçon doit permettre de capter l'attention des élèves, de leur présenter l'objectif d'apprentissage et sa pertinence mais c'est aussi le moment où le professeur va activer les connaissances ultérieures (Archer et Hugues, 2011).

Vient ensuite le corps de la leçon, la démarche explicite en 3 étapes : le modelage, la pratique dirigée et la pratique autonome (Gauthier et al., 2013) décrites dans la figure 1.

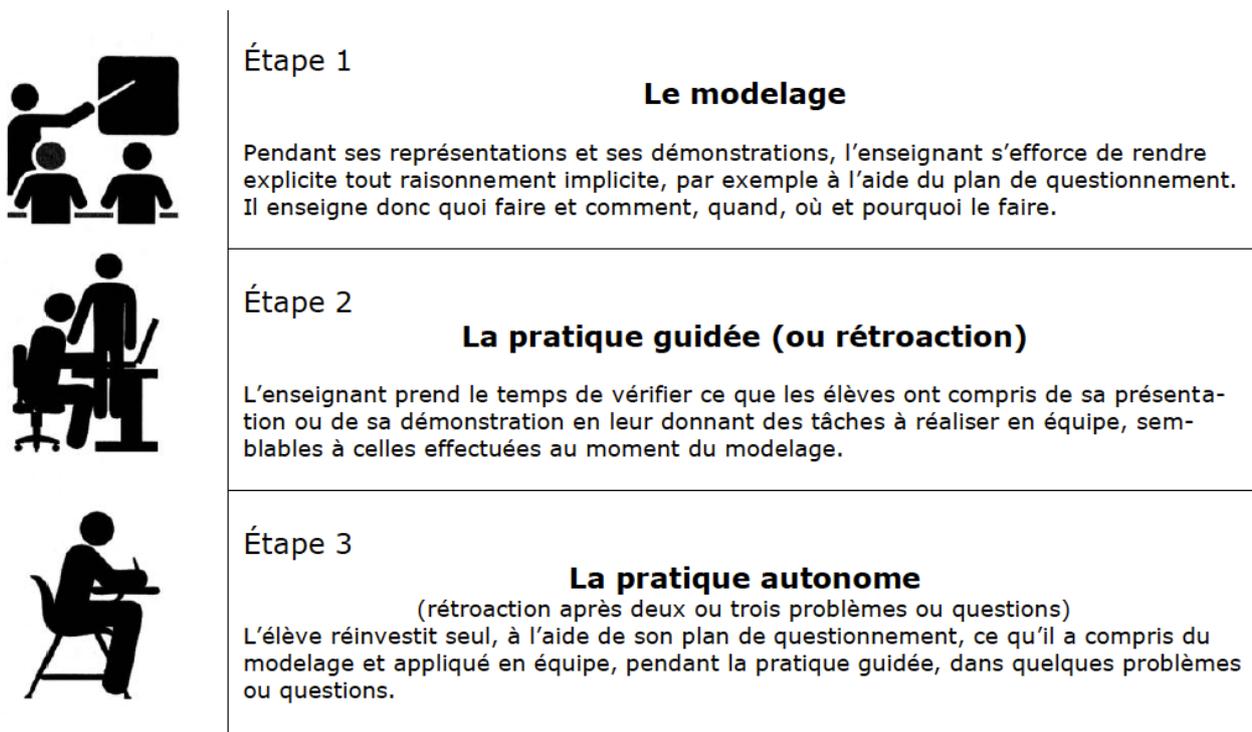


Figure 1 : Les étapes de la démarche (Bissonnette, S. et Richard, M, 2001)

Pendant la phase du modelage où l'enseignant montre, met un haut-parleur sur la pensée en s'exprimant de la manière la plus claire et précise possible, il fait également participer les élèves (Archer et Hugues, 2011). La durée de cette phase doit être importante (24 minutes sur une leçon au secondaire de 50 minutes (Gauthier Desbiens et Martineau, 2003).

Pendant la deuxième étape, la pratique guidée, les élèves pratiquent avec l'enseignant qui va proposer des dispositifs de soutien. Il passera à l'étape suivante, la pratique autonome seulement lorsqu'une grande majorité des élèves aura atteint la maîtrise de ce qui est enseigné (80% (Gautier et al., 2003)).

C : La phase de consolidation est la phase qui va permettre aux élèves de stabiliser leurs connaissances. Il faut fréquemment donner des devoirs courts sur des contenus vus et les voir

en classe (Gauthier et al., 2013). De plus ces auteurs citent les travaux de Good et Grouws (1979) qui indiquent qu'avec des révisions hebdomadaires et mensuelles les enseignements sont plus efficaces.

Tout au long de l'enseignement explicite il faut vérifier la bonne compréhension des élèves, cette vérification est l'épine dorsale de l'enseignement explicite (Hollingsworth et Ybarra, 2013). Ces derniers ont au sein de leur entreprise DataWORKS mis au point la méthode EQPCER pour s'assurer de la bonne compréhension des élèves. Elle consiste à :

«E : Enseigner d'abord

Q : Questionner

P : Faire une pause

C : choisir un élève au hasard

E : écouter la réponse

R : donner une rétroaction appropriée (répéter, préciser, réexpliquer) »

(Hollingsworth et Ybarra, 2013, p. 18).

Nous avons vu ce qu'est l'enseignement explicite depuis son émergence dans les années 70. Nous allons voir maintenant sur quels apports s'appuie cet enseignement.

2.2. Les fondements

2.2.1. Le projet Follow through

Le modèle "Direct Instruction" d'Engelmann et Becker fait partie des modèles d'enseignement qui sont testés dans le projet follow through. Ce dernier a été mis en place aux Etats-Unis entre 1968 et 1977 dans le but de trouver des méthodes efficaces d'enseignement pour les enfants issus de milieux défavorisés. Financé par le gouvernement, ce projet colossal a touché 10 000 élèves entre la maternelle et l'équivalent de notre CE2. Neuf approches pédagogiques ont été analysées.

Le résultat de Direct Instruction est nettement au-dessus des autres approches pédagogiques que ce soit sur les compétences de base (lecture, arithmétique et langage oral) que sur les compétences cognitives. Il sort gagnant de cette étude car c'est le seul modèle agissant positivement sur toutes les compétences évaluées (Engelmann, 2007).

Nous allons voir maintenant que depuis le projet Follow through, d'autres sources ont confirmé via des mesures l'effet positif de l'enseignement explicite.

2.2.2. Les facteurs significatifs pour obtenir l'apprentissage

Hattie (2009, 2011, 2015) présente les résultats de son travail sur la réussite de l'apprentissage. Il va mettre en place une base de données qui compile des résultats de recherches, eux-mêmes étant des résultats d'analyses d'études (plus de 50 000). Hattie liste les facteurs qui peuvent avoir une influence sur l'enseignement et, pour juger de cette influence, il les associe à leur taille d'effet (Cohen, 1988).

A partir de l'analyse de ses résultats, Hattie met en avant la prédominance de l'influence des enseignants pour la réussite de l'apprentissage scolaire. Parmi les facteurs les plus influents, Hattie liste notamment le feedback donné par l'enseignant et l'enseignement explicite.

A partir de là, on peut s'interroger sur les raisons pour lesquelles l'enseignement explicite fonctionnerait mieux. Nous allons dans le chapitre suivant voir quels sont les apports des sciences cognitives pour répondre à cette question.

2.2.3. L'apport des sciences cognitives

Le neuroscientifique Dehaene (2013) explique que l'apprentissage est possible grâce à la plasticité cérébrale. Sous IRM il a montré que l'obtention d'un apprentissage efficace passe par une succession d'acquisitions de connaissances et de tests répétés. D'après lui « feedback et répétition sont essentiels pour fixer un savoir ou un savoir-faire ». Il a également constaté que même chez des personnes expertes, un chemin neuronal correspondant à un mauvais automatisme est tout de même activé puis il est corrigé. Il propose de favoriser cette capacité d'inhibition en entraînant les élèves dans ces moments où le risque d'automatisme erroné est important. Selon lui, les sciences cognitives démontrent que quatre facteurs sont nécessaires à un réel apprentissage :

- avoir l'attention de l'apprenant
- avoir son engagement actif
- donner des feedback
- consolider afin de permettre au cerveau l'automatisation.

John Sweller travaille sur l'apprentissage en lien avec les charges cognitives. Ses recherches (1988) sur la résolution de problèmes montrent que, suivant la complexité, un apprenant peut arriver à solutionner un problème mais sans en avoir retenu quelle procédure il a utilisé pour le faire. Ainsi ses recherches ont mis en lumière la limitation des capacités de la mémoire de travail (Sweller, Kirschen, Clark, 2006). Pour Sweller, pour avoir une construction de

schémas qui organise les connaissances dans la mémoire à long terme, il faut réduire la charge de la mémoire de travail.

Sweller, Kirschen et Clark (2006) concluent que l'enseignement guidé prouve sa suprématie de par les connaissances actuelles de l'architecture cognitive et de la charge cognitive.

3. Enseignement explicite ou démarche d'investigation

D'une part Sweller, Kirschen et Clark (2006) s'insurgent contre les enseignements avec guidage minimal, qui ne prennent pas en compte la mémoire de travail ou ses limites. D'autre part d'après les résultats d'Hattie, la démarche d'investigation (inquiry-based teaching) a une taille d'effet trop faible qui la classe parmi les facteurs n'ayant pas d'effet positif sur l'apprentissage.

Pourtant Gautier, Bissonette et Richard (2013) proposent, plutôt que de faire un choix pour telle ou telle pédagogie, de mettre enseignement explicite et apprentissage par découverte sur un continuum.

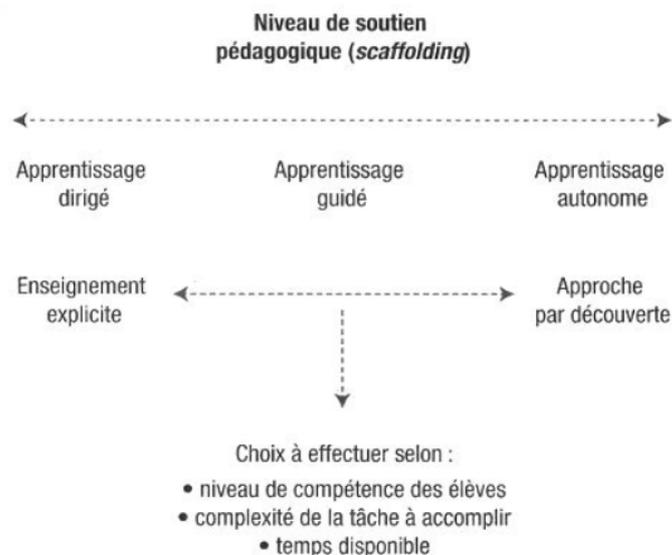


Figure 2 : Le continuum de variation du niveau de soutien pédagogique (Gauthier et al. 2013, p. 38)

Leur continuum a pour critère le niveau de compétence de l'élève, la tâche qu'on lui demande et le temps disponible. Ainsi pour enseigner une compétence complexe à des élèves novices en un temps minimum, ces auteurs préconisent un fort soutien et donc un enseignement explicite. A l'inverse, on choisira une approche par découverte si on dispose de temps pour enseigner une compétence peu complexe à des élèves ayant un niveau moyen.

4. Problématique

Suite à l'analyse des éléments précédents sur la démarche d'investigation et sur l'enseignement explicite, il nous a semblé intéressant de mixer les deux approches.

En effet pourquoi ne pas combiner l'implication de l'élève, que permet la démarche d'investigation avec un enseignement explicitant des compétences de plus haut niveau ?

Notre questionnaire nous a conduit à nous intéresser à la conception du protocole d'expérimentation. Peu d'études ont été faites sur ce sujet mais nous avons eu la chance de rencontrer Patricia Marzin qui s'intéresse à cette problématique : en effet elle nous a conforté dans l'importance de l'explicitation et de l'étayage.

Notre question est donc : Comment une démarche plus explicite peut aider les élèves à la construction et à l'analyse d'un protocole expérimental en sciences ?

Nous avons fait l'hypothèse qu'une séance explicite sur l'élaboration d'un protocole et les étayages, vont faciliter l'apprentissage de la construction d'un protocole expérimental ainsi que son analyse.

Méthode

1. Présentation des classes participantes

L'étude a été menée sur une classe de CE1/CE2. Cette classe se situe à Seyssel en Haute-Savoie dans un établissement classé en secteur particulier. Les 21 élèves de cette classe ont entre 7 et 9 ans. La répartition du nombre d'élèves par rapport au niveau de classe est assez homogène : 11 CE1 et 10 CE2. Par contre le nombre de filles est majoritaire dans les deux niveaux : 7 filles pour 4 garçons en CE1 et 6 filles pour 4 garçons en CE2.

Bien que l'école accueille des élèves ayant majoritairement des difficultés d'ordre socio-économique, le niveau de mes élèves n'est pas représentatif du niveau de l'école. En effet l'équipe pédagogique a proposé de mettre prioritairement dans ce double niveau de bons élèves, jugés capables de travailler en autonomie (ou en voie d'être capable de le faire).

La deuxième classe concernée par la problématique est une classe de CM1 située à Annecy (74). Il y a donc une différence de cycle entre ces classes.

Au cours du premier trimestre, pour une étude concernant la production d'écrit, nous avons effectué la même séquence dans nos deux classes. Ce travail a mis en évidence le faible niveau de la classe de CM1 et a conforté le bon niveau de celle des CE1/CE2.

2. La quête du retour d'expérience

2.1. Présentation de l'enquête sur la démarche d'investigation

Comme mentionné en introduction, afin d'avoir un retour d'expérience sur les difficultés dans la démarche d'investigation, nous avons élaboré un questionnaire à destination des professeurs des écoles mais aussi des professeurs de collège et lycée (voir annexe 1).

Nous avons notamment demandé :

- de noter les difficultés des élèves dans les différentes étapes de la démarche
- d'exposer les difficultés rencontrées par l'enseignant dans la mise en place de la démarche
- d'indiquer les adaptations faites

2.2. Les résultats

La figure 3 illustre les résultats des réponses au questionnaire. Les deux courbes représentent les moyennes des réponses pour chaque étape de la démarche des professeurs des écoles d'une part, et des enseignants en collège-lycée d'autre part.

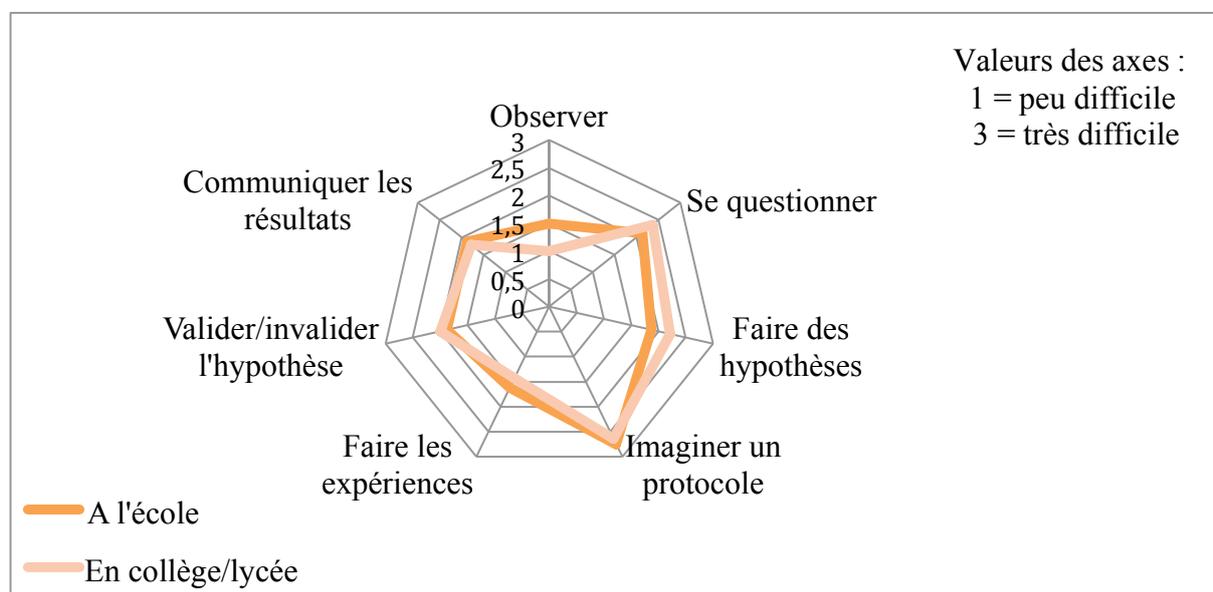


Figure 3 : Consolidation du questionnaire sur les difficultés dans la démarche d'investigation

Il est intéressant de noter que l'étape jugée la plus difficile est « imaginer un protocole » dans les deux cas.

Au niveau des adaptations faites, il ressort que certains enseignants simplifient en donnant le protocole aux élèves, d'autres facilitent cette étape en questionnant et étayant.

Ces résultats sont cohérents avec l'étude d'Ham (2009) mentionnée au chapitre 1.5 de l'état de l'art sur les difficultés de la mise en place de la démarche d'investigation. Fortes des études, qu'elles soient sur la démarche d'investigation ou encore sur celle de l'enseignement explicite, nous avons élaboré une séquence dans laquelle nous souhaitons relever le défi d'Ham et enseigner la construction du protocole d'expérimentation.

3. Mise en œuvre de l'étude

3.1. Choix du domaine de notre séquence

Nous avons choisi une séquence portant sur les états physiques de l'eau et plus particulièrement les phénomènes d'évaporation et de condensation. Ce choix a été progressif. L'incontournable pour nous étant de trouver une séquence pour laquelle la phase

d'investigation de la démarche soit une expérimentation et pas une observation, une modélisation ou encore des activités documentaires.

Dans un premier temps, les programmations spirales de nos écoles, le partage des matières avec le titulaire de la classe et surtout les programmes différents entre cycle 2 et 3 nous ont orienté vers une séquence sur l'eau. Nous avons pu nous rejoindre sur l'eau car au cycle 2 les élèves doivent « identifier les 3 états de la matière et observer les changements d'états » et notamment « les états de l'eau (liquide, glace, vapeur) » et au cycle 3 doivent être étudiées « des propriétés de la matière solide ou liquide » et « des activités de séparation de constituants peuvent être conduites : décantation, filtration, évaporation ».

Dans un second temps une évaluation diagnostique individuelle nous a renseigné quant aux connaissances initiales des élèves sur l'eau (voir une copie d'élève en annexe 2).

Il est ressorti de ce bilan que nos élèves connaissaient l'eau sous sa forme liquide ainsi que sous sa forme solide. Par contre nous devons travailler dans notre séquence sur la vapeur d'eau et les phénomènes d'évaporation et de condensation. De manière plus anecdotique, il est ressorti également qu'il faudrait faire une séance décrochée de Mathématiques sur la notion de volume d'eau - qui n'est pas égale à une hauteur d'eau - pour ne pas ajouter de la complexité au moment de l'observation des expériences.

3.2. Le choix de mener deux études disjointes

Même si, pour la classe de CM1, la séquence par la suite ira plus loin (jusqu'aux mélanges), la partie de séquence sur laquelle s'appuie notre étude est la même dans les deux classes. Toutefois, du fait de l'écart de niveau nous avons renoncé à faire une étude comparative croisée avec une séquence commune et un protocole différent dans chaque classe pour valider (ou non) notre hypothèse.

Nous avons donc mené les mêmes séances pour notre étude (descriptif en annexe 3) dans le but de s'enrichir de ce travail d'équipe mais aussi de comparer les résultats de nos deux classes avec les mêmes conditions d'apprentissage.

3.3. Savoirs enseignés et développement de compétences de la séquence

De par le choix du domaine de notre séquence nous avons des objectifs d'enseignement de savoirs scientifiques comme par exemple « être capable de mettre en évidence qu'au cours de l'évaporation, l'eau ne disparaît pas mais qu'elle est en permanence présente dans l'air ».

Mais nous visions surtout pour notre étude une compétence de plus haut niveau : être capable de construire et d'analyser un protocole d'expérimentation.

Pour arriver à cela nous avons décidé de faire une séance explicite de la construction du protocole au cours de la séquence que nous allons maintenant présenter.

4. Matériel et procédure

4.1. De l'explicite dans la séquence

4.1.1. Mise en œuvre de la séance explicite

Nous avons bâti une séance explicite sur l'élaboration d'un protocole (séance 3), qui viendra après une séance d'évaluation diagnostique de critique de protocole, dont les données nous serviront de référence.

Afin d'alléger la lecture dans la suite du document nous parlerons de *séance explicite*.

La *séance explicite* sera conduite en trois fois quarante-cinq minutes. Elle comporte principalement les 3 premières étapes clés décrites au chapitre 2.1.3 de l'état de l'art. La leçon débute par une phase d'ouverture avec la présentation de l'objectif et un rappel des connaissances ultérieures (ici c'est un retour sur l'affiche des critères d'évaluation d'un protocole). Puis le corps de la leçon est composé :

- d'un modelage qui va expliciter ce qu'est une hypothèse, ce que contient une hypothèse, ce que sont un but et un paramètre pour enfin arriver à ce qu'est un protocole, comment est-il fait et comment vérifier qu'il est bien fait.
- une pratique guidée pendant laquelle les élèves vont élaborer en binôme puis seuls des protocoles avec aide du professeur.
- une pratique autonome où chaque élève élaborera des protocoles à partir d'une des hypothèses élaborée par la classe.

De l'ouverture de la leçon à la pratique guidée incluse, nous avons utilisé la méthode EQPCER (Hollingsworth et Ybarra 2013) afin de nous assurer de la bonne compréhension des élèves.

4.1.2. Les étayages mis en place

Affichages

Deux affichages ont été créés et affichés dans la classe pendant la période de la séquence. Le premier est une affiche définissant les critères d'un protocole expérimental. Il a été créé avec les élèves lors de la mise en commun d'une séance diagnostique de critique de différentes

propositions de protocole. Les protocoles proposés permettaient d'arriver aux critères proposés par Ham (2009) et ont permis de faire ressortir que :

Dans un protocole expérimental il faut :

- Faire deux expériences (le protocole est efficace)
- Ne faire varier qu'un paramètre (le protocole est pertinent)
- Utiliser du matériel disponible (le protocole est exécutable)
- Etre assez précis (le protocole est communicable)

Le deuxième affichage est un étayage créé et utilisé par le professeur pendant le modelage de la *séance explicite*. Il reprend les questions à se poser pour trouver le but et le paramètre d'une hypothèse ainsi que ce que doit contenir un protocole d'expérimentation. « Le but de l'hypothèse » et « le paramètre d'une hypothèse » sont des raccourcis que nous utilisons pour parler du but de l'expérience associée à l'hypothèse et du paramètre à tester pour valider ou invalider l'hypothèse.

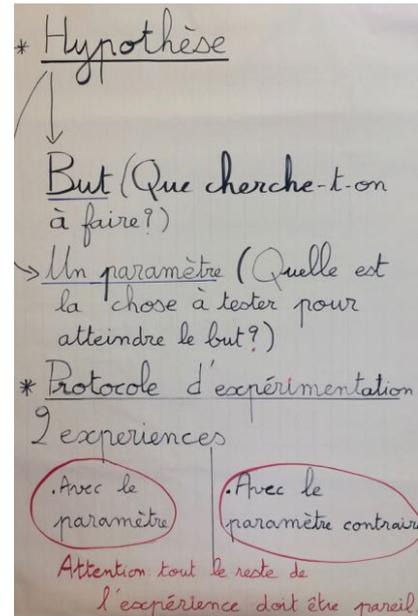


Figure 4 : Affiche créé lors du modelage

Grille d'autoévaluation d'un protocole	
> J'ai respecté le BUT de mon hypothèse.	OUI NON <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
> J'ai dessiné 2 expériences.	OUI NON <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Pour vérifier si on teste bien un seul paramètre, je dois regarder ce qui est pareil et ce qui est différent dans les 2 expériences. - J'entoure en vert tout ce qui est pareil dans les 2 expériences - J'entoure en rouge ce qui change	
> Je vérifie que j'ai bien entouré en rouge une seule chose dans chaque expérience.	OUI NON <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
> Je vérifie que la seule chose que j'ai entourée en rouge dans chaque expérience est le PARAMETRE et le PARAMETRE contraire.	OUI NON <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
> J'ai mis assez de détails pour que si je donne ma feuille de protocole à un autre élève, il puisse faire l'expérience.	OUI NON <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
> J'ai utilisé du matériel disponible	OUI NON <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

Figure 5 : Grille d'auto-évaluation d'un élève

Grille d'auto-évaluation

Pendant la phase de modelage, nous avons enseigné aux élèves comment s'aider d'une grille d'auto-évaluation pour analyser un protocole. Cette grille propose un pas à pas qui permet de vérifier les critères de pertinence, d'exécution, d'efficacité et de communicabilité dont nous parlerons au chapitre 4.3.

Étayage du groupe

Nous utiliserons également l'étayage du groupe. Après la pratique autonome, une fois les protocoles effectués individuellement, nous avons regroupé les élèves par 4 ou 5. Ils avaient comme consigne de présenter leur protocole au groupe, puis élaborer ensemble un nouveau protocole.

Fiche pré-remplie

Comme étayage lors des phases de création de protocole, nous avons donné aux élèves des fiches pré-remplies (figure 6). Une fiche reprend le déroulement correspondant au modelage. La partie vide du protocole d'expérimentation l'est délibérément pour ne pas influencer les élèves et pour pouvoir vérifier que les élèves proposent deux expériences.

Hypothèse :
Le BUT :
Le PARAMETRE
Protocole d'expérimentation :

Figure 6 : fiches utilisées lors des créations de protocoles

Pictogrammes

Lors de notre rencontre, Patricia Marzin nous a présenté le logiciel COPEX. Créé au sein de son équipe de recherche, il permet un étayage pour la conception de protocoles via une formalisation structurée. De cet outil destiné à des élèves de terminale et de licence, nous avons conservé l'idée de décharger cognitivement les élèves en leur proposant des pictogrammes correspondants à différents paramètres possibles.

Nous avons donné aux élèves ces pictogrammes dès la pratique guidée.



Figure 7 : exemple des pictogrammes donnés lors du travail sur l'hypothèse « il faut une luge en bois pour descendre une pente le plus vite possible. »

4.2. Description de la procédure et des données utilisées pour l'étude

Le schéma 8 ci-dessous présente les étapes de la séquence ainsi que les données récoltées servant à la présente étude.

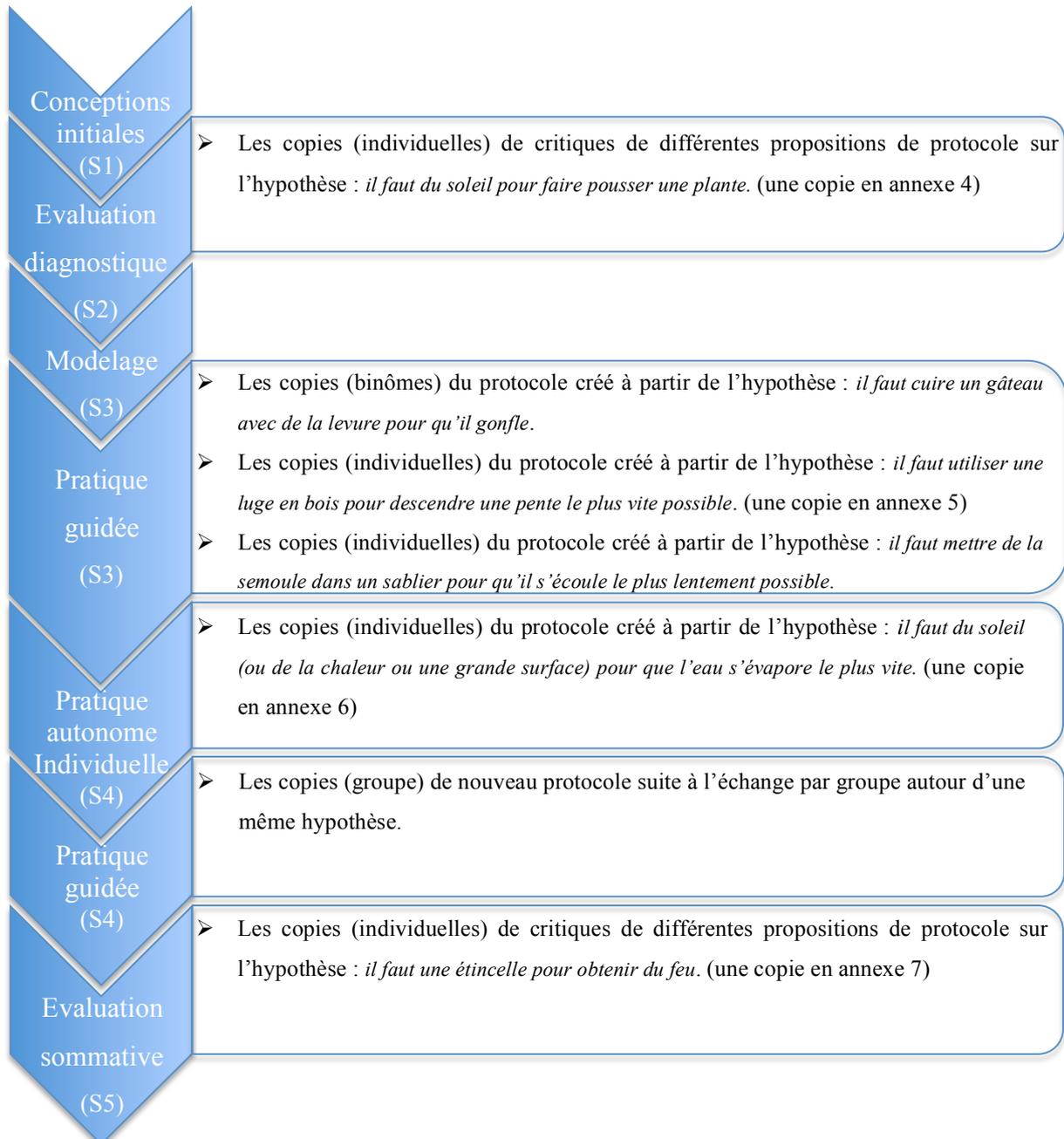


Figure 8 : présentation des données et du séquençement de leurs collectes

Nous aurons donc à distinguer le protocole qui a été donné à l'élève pour qu'il en fasse une analyse, de celui créé et analysé par l'élève. Nous allons voir dans le prochain paragraphe à partir de quels critères nous avons évalué toutes ces productions.

4.3. Nos critères d'évaluation

Le tableau 1 liste les critères d'évaluation d'un protocole que nous avons retenus ainsi que les indicateurs. Les critères sont les quatre proposés par Ham (2009) qui ont été décrits au chapitre 1.4 de l'état de l'art. Toutefois dans un souci de clarté, le critère de pertinence est séparé en deux : la pertinence liée au « but de l'hypothèse » et celle liée au paramètre. On retrouve comme indicateurs ceux figurant dans la grille d'auto-évaluation proposée aux élèves.

Critère	Indicateur
Le protocole est pertinent par rapport au « paramètre de l'hypothèse ».	On ne fait varier qu'un seul paramètre.
	Le seul paramètre qu'on fait varier est le « paramètre de l'hypothèse ».
Le protocole est pertinent par rapport au « but de l'hypothèse »	Les expériences mises en œuvres sont en adéquation avec le « but de l'hypothèse ».
Le protocole est exécutable.	Le matériel utilisé est disponible.
Le protocole est efficace.	Le protocole comprend deux expériences.
Le protocole est communicable.	Les expériences sont explicites et détaillées.

Tableau 1: liste des critères évalués

L'indicateur « Les expériences sont explicites et détaillées » (que l'on nommera « Expériences détaillées » dans la partie « Résultats ») contient les attentes suivantes :

- Chaque expérience contient suffisamment de paramètres (valorisés si nécessaire).
- Les dessins et/ou textes sont suffisamment explicites pour décrire les tâches à effectuer. Par exemple, pour le protocole créé à partir de l'hypothèse « *il faut utiliser une luge en bois pour descendre une pente le plus vite possible* », on souhaiterait comprendre qu'il faut mettre la luge en haut de la pente et chronométrer le temps de la descente.
- Les dessins doivent être reconnaissables, l'écriture lisible et l'orthographe suffisante pour arriver à une compréhension.

Cet indicateur sera « atteint », « partiellement atteint » ou « non atteint », contrairement aux autres indicateurs qui n'ont pas la notion « partiellement atteint ».

Nous évaluerons également si les élèves sont capables, à partir d'une hypothèse, de comprendre :

- le « but de l'hypothèse »
- le « paramètre de l'hypothèse ».

Résultats

Nous allons présenter ici les résultats des élèves de la classe de CE1/CE2. Nous nous intéresserons tout d'abord à leurs compréhensions du « but et du paramètre d'une hypothèse » puis nous examinerons les mesures des réussites dans la production et dans l'analyse de protocole.

Les résultats sont présentés sous forme de graphique en pourcentage de réussite. Afin de faciliter la lecture, les protocoles effectués lors de la pratique guidée sont numérotés :

- Pratique guidée n°1 : protocole créé à partir de l'hypothèse « *il faut cuire un gâteau avec de la levure pour qu'il gonfle* ».
- Pratique guidée n°2 : protocole créé à partir de l'hypothèse « *il faut utiliser une luge en bois pour descendre une pente le plus vite possible* ».
- Pratique guidée n°3 : protocole créé à partir de l'hypothèse « *il faut mettre de la semoule dans un sablier pour qu'il s'écoule le plus lentement possible* ».

1. La capacité à extraire le « but et le paramètre d'une hypothèse »

	Pratique guidée n°1	Pratique guidée n°2	Pratique guidée n°3	Pratique autonome indiv.	Pratique autonome groupe
Compréhension du « but de l'hypothèse »	100%	80%	84%	91%	100%
Compréhension du « paramètre de l'hypothèse »	100%	95%	95%	63%	83%

Tableau 2 : Taux de réussite pour trouver le « but et le paramètre »

Le tableau 2 contient les résultats de la classe entière. Nous écartons tout d'abord la première pratique guidée car elle a été très étayée sur le « but et le paramètre de l'expérience ». Les mesures indiquent qu'il y a toujours un écart entre la compréhension du but et celle du paramètre. La mesure de la compréhension du but est assez élevée, son minimum étant de 80% de réussite lors de la pratique guidée n°2. La mesure de la compréhension du « paramètre de l'hypothèse » chute lors du passage à la pratique autonome : de mesures supérieures à 90% pendant la pratique guidée, elle passe à 63%.

Il y a moins de données sur les figures 9 et 10 correspondant à chaque niveau que dans le tableau 1 des résultats de la classe entière. En effet on n'y retrouve pas les travaux effectués en binôme et en groupe car ils se sont déroulés en mixant les deux niveaux.

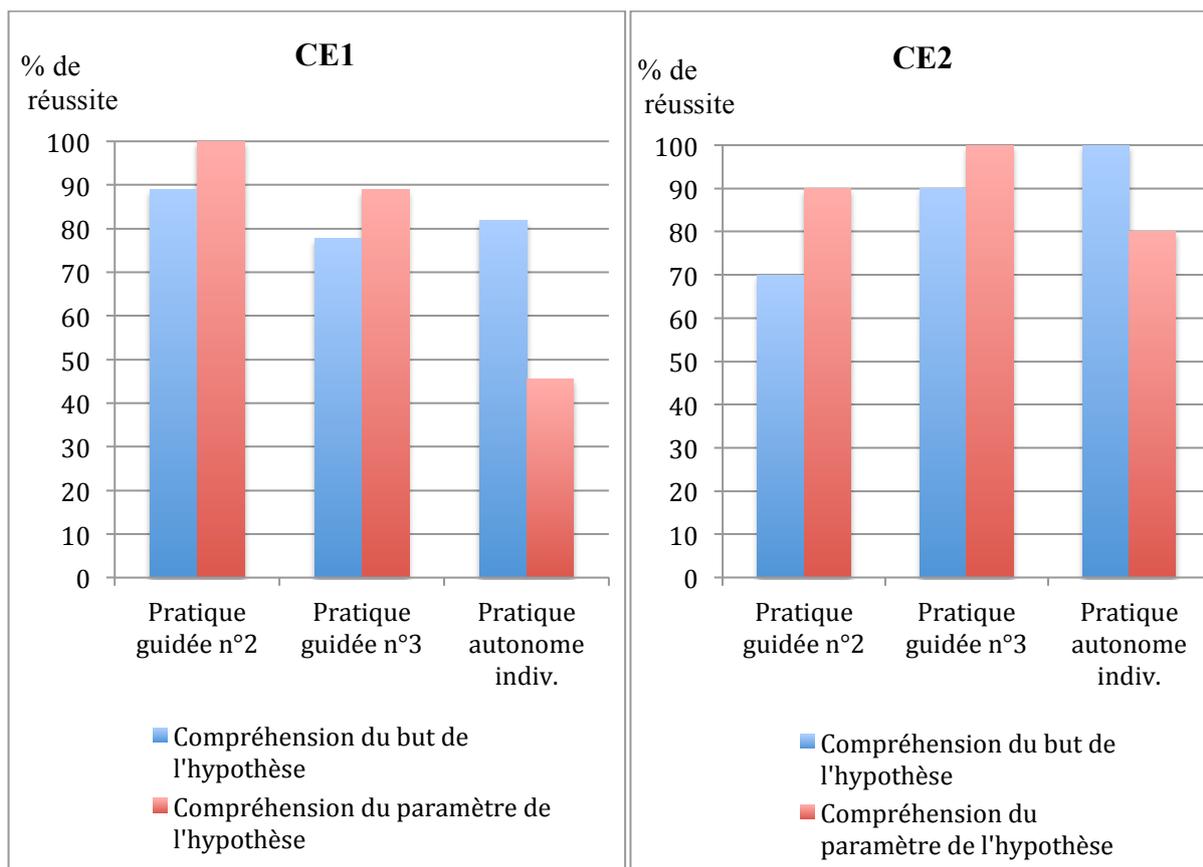


Figure 9 et 10 : Taux de réussite dans la compréhension du but et du paramètre des niveaux CE1 et CE2

Pour les CE1, la mesure de la compréhension du but est assez élevée, son minimum est de 78% de réussite lors de la pratique guidée n°2. Cette même mesure, pour les CE2 débute plus faiblement (70%) mais ne fait qu'augmenter par la suite.

Lors de la pratique autonome, nous avons noté, à partir du tableau 2, une chute dans la mesure de la réussite de la compréhension du « paramètre de l'hypothèse » pour la classe entière. On peut voir à l'aide des figures 9 et 10 que cette chute s'explique par la faible réussite des CE1. Elle s'établit à un peu moins d'un élève sur deux, soit 45%.

Il semble donc que la compréhension du « paramètre de l'hypothèse » reste fragile à l'issue de la pratique guidée pour les CE1.

2. Résultats sur les indicateurs d'un protocole imaginé

La figure 11 illustre l'évolution au cours des séances de la réussite des élèves lorsqu'il leur était demandé d'imaginer un protocole.

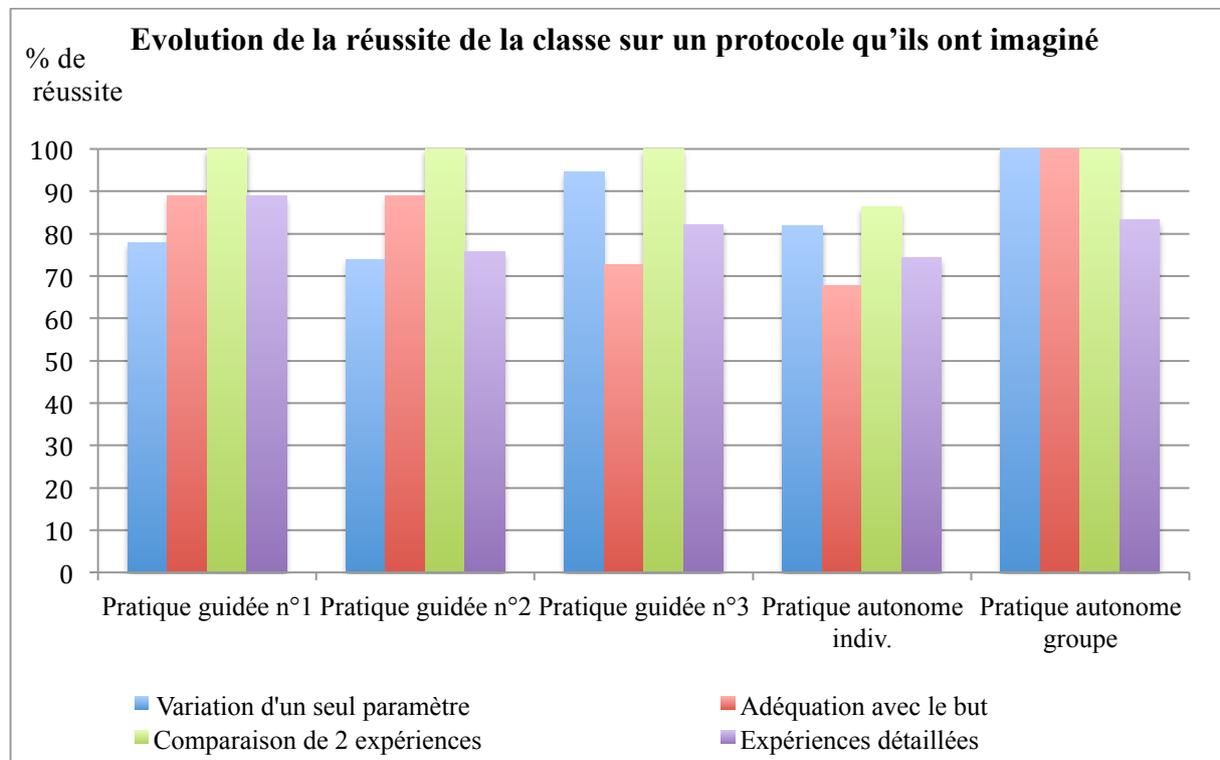


Figure 11 : Taux de réussite pour un protocole imaginé par les élèves

Avant le passage à la pratique autonome, l'indicateur de l'adéquation avec le « but de l'hypothèse » est de 73 % alors que tous les autres indicateurs dépassent les 80%.

Au passage à la pratique autonome, cet indicateur ne baisse que de 5 points alors que pour les trois autres on remarque une chute d'environ 10 points.

Lors du passage en groupe dans la pratique autonome, on remarque, que :

- Les indicateurs « variation d'un seul paramètre » et « adéquation avec le but » sont à 100%. C'est leur plus haut niveau mesuré pendant toute la séance.
- L'indicateur « comparaison de deux expériences », qui était passé de 100% en pratique guidée à 86% lors de la pratique autonome individuelle, est à 100% à nouveau.
- L'indicateur « expériences détaillées » remonte, et dépasse légèrement son niveau atteint lors de la dernière pratique guidée.

Il semble donc que l'étayage par le groupe soit très efficace lors de la création d'un protocole expérimental.

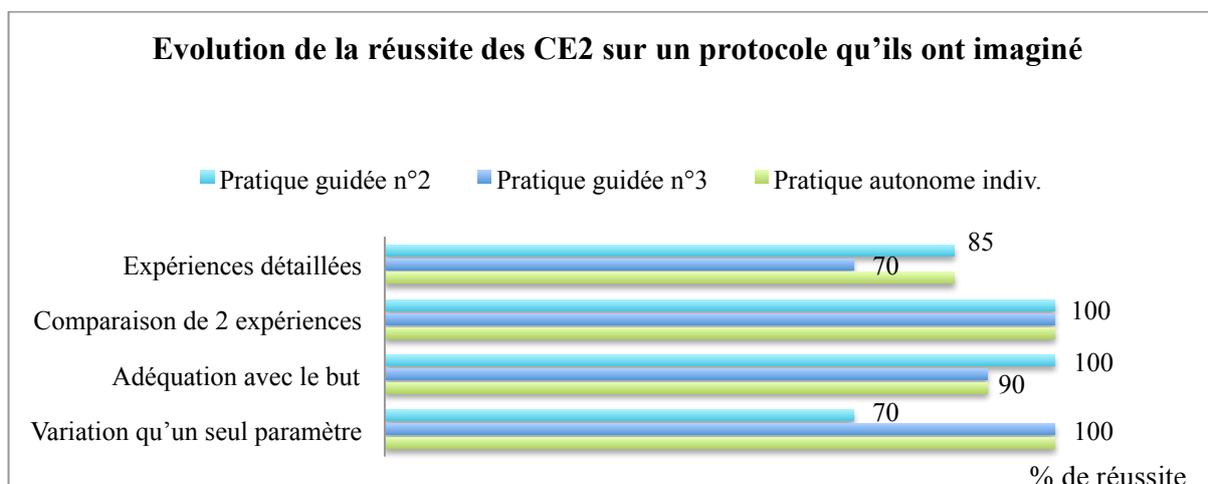
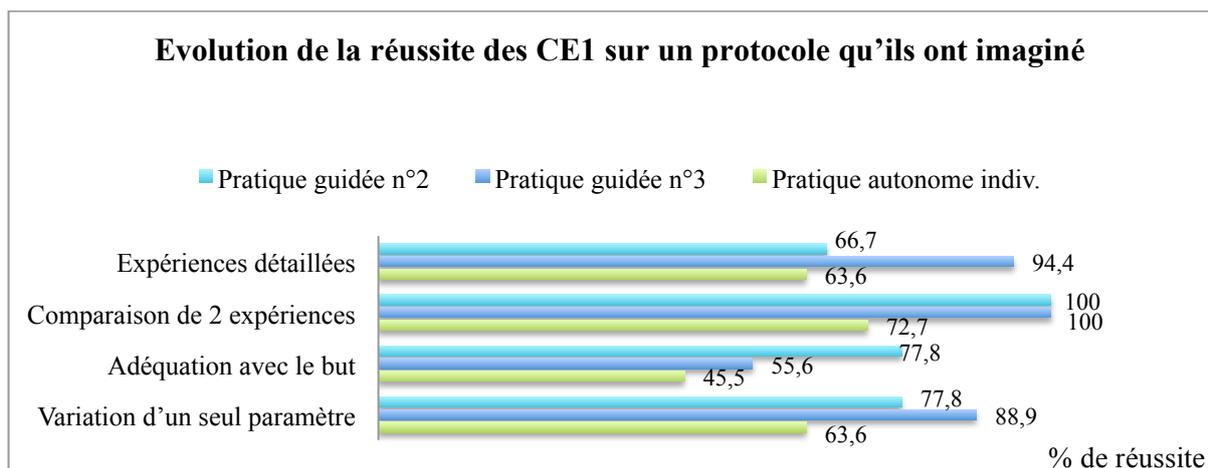


Figure 12 et 13 : Taux de réussite sur un protocole imaginé des niveaux CE1 et CE2

Les figures 12 et 13, même si elles comprennent moins de données de séances, affinent les résultats des indicateurs par niveau.

Les résultats des CE1 sont globalement bien inférieurs à ceux des CE2 en effet :

- L'indicateur « expériences détaillées », même si il atteint un pic de 94% lors de la 2eme pratique guidée, est en dessous de 70% sur les autres mesures. Pour les CE2, l'indicateur qui était à 70% avant la pratique autonome, atteint 85%.
- L'indicateur « comparaison de deux expériences », pour les CE1 est de 100% pendant la pratique guidée puis il baisse à 73% lors de la pratique autonome. Il reste constamment à 100% de réussite pour les CE2.
- L'indicateur « adéquation avec le but » ne fait que chuter pour les CE1. Il tombe à 45,5% lors de la pratique autonome. Les résultats des CE2 ne descendent pas en dessous de 90% sur toutes les mesures.
- L'indicateur « variation d'un seul paramètre » des CE1, qui avait pourtant atteint 88,9% de réussite lors de la dernière pratique guidée, perd environ 25% et se retrouve à 63,6% tandis que celui des CE2 est de 100%.

Il semblerait donc qu'il y ait un âge critique pour l'enseignement de la création d'un protocole expérimental.

3. Résultats des indicateurs d'un protocole analysé

Les figures 14 et 15 illustrent l'évolution de la réussite des élèves de l'évaluation diagnostique à l'évaluation sommative. Il y a deux valeurs différentes pour l'évaluation sommative des CE1 car une partie d'entre eux a utilisé la grille d'auto-évaluation. Cet étayage, qui n'était pas initialement prévu, a été proposé à la vue des difficultés des CE1. Afin d'en estimer l'effet, seule une moitié (répartition aléatoire) en a bénéficié.

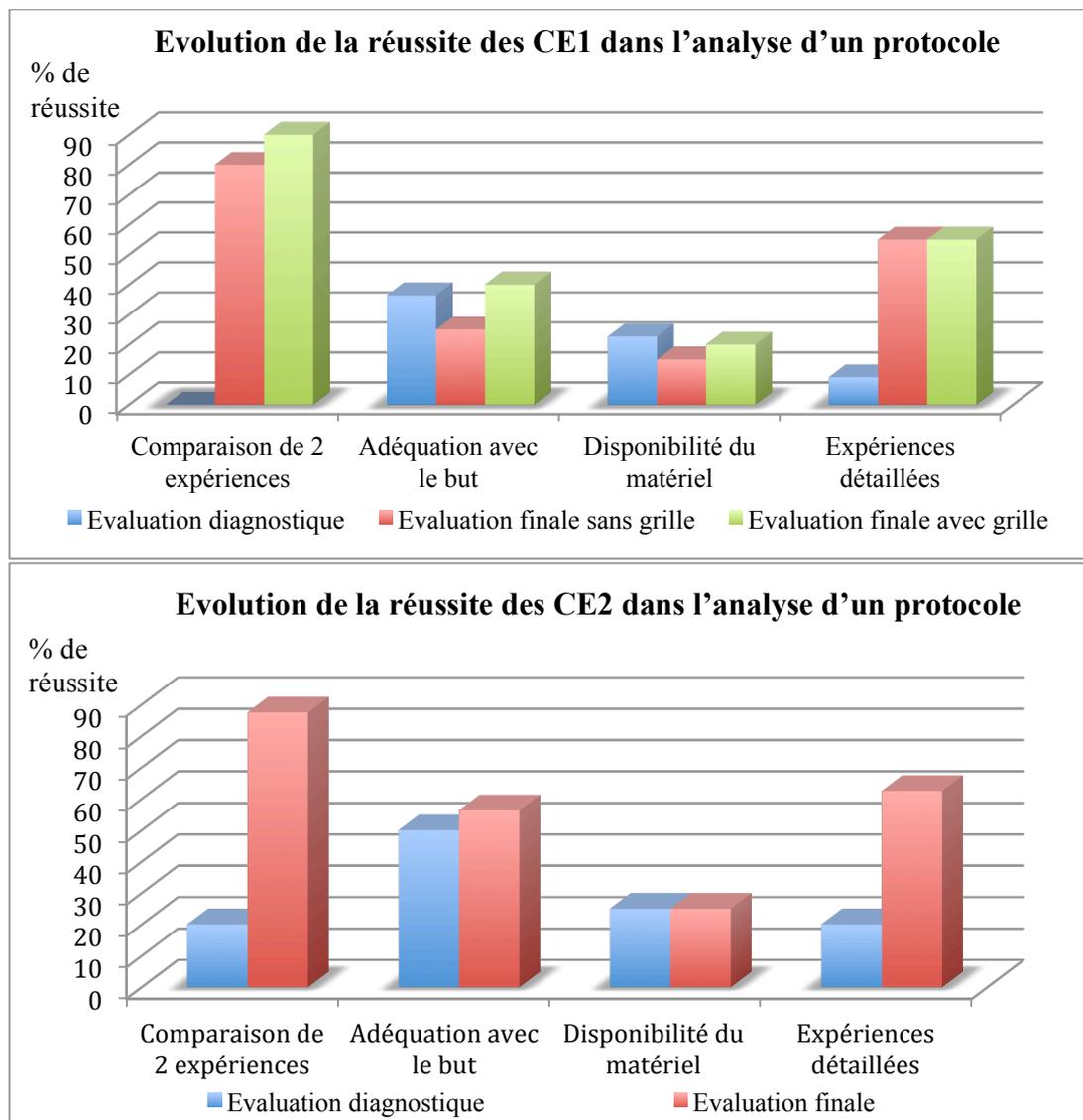


Figure 14 et 15 : Taux de réussite sur un protocole donné des niveaux CE1 et CE2

Concernant les résultats :

- L'indicateur « comparaison de deux expériences » a nettement augmenté pour les deux niveaux. De zéro, il passe à 80% sans aide de la grille et à 90% avec son aide. L'évolution

de réussite des CE2 rejoint l'importante amélioration des CE1 aidés de la grille : de 20%, elle atteint quasiment 90%.

- Concernant l'« adéquation avec le but » les résultats sont faibles pour les CE1 et les CE2. Elle est inférieure à 50% pour les CE1 et légèrement supérieure à 50% pour les CE2.
- Même constat pour l'indication « disponibilité du matériel » où la réussite des élèves est d'environ 20%.
- Malgré une augmentation de l'indicateur « expériences détaillées » d'environ 40 points pour les deux niveaux, il est seulement de 55% pour les CE1 (avec ou sans aide de la grille) et de 62% pour les CE2.

Il s'avère donc que notre séance explicite a atteint l'objectif de sensibiliser les élèves à la notion de comparaison.

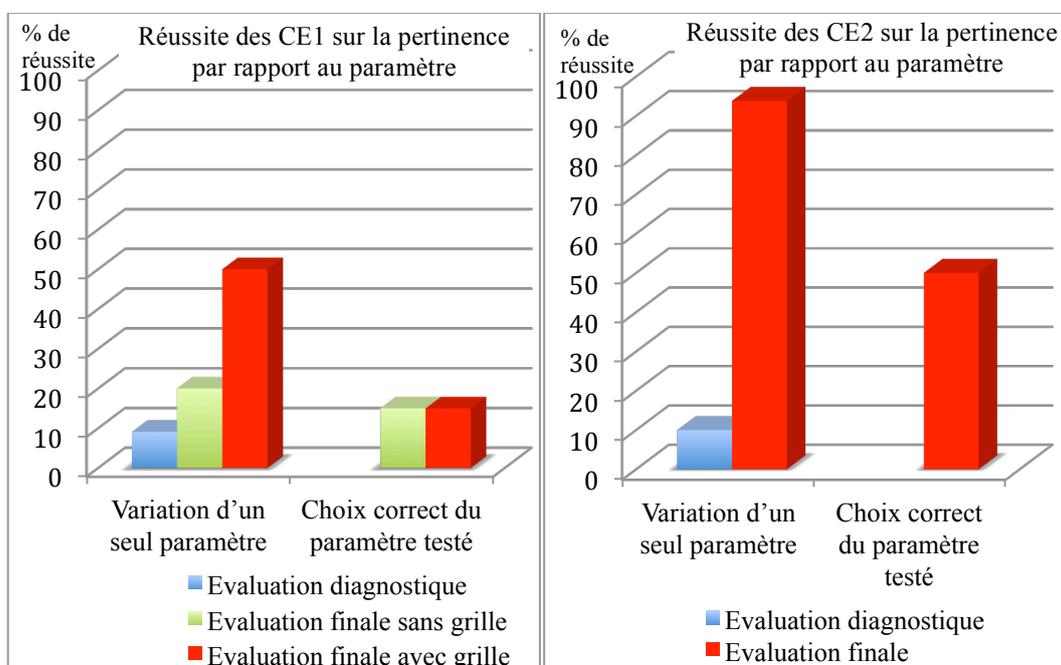


Figure 16 et 17 : Taux de réussite sur la pertinence par rapport au paramètre de l'hypothèse

Les figures 16 et 17 montrent l'évolution de la réussite des élèves, de l'évaluation diagnostique à l'évaluation sommative, sur le critère de pertinence par rapport au « paramètre de l'hypothèse ». Lors de l'évaluation diagnostique, nous n'avons pas proposé de protocole avec un autre paramètre que celui à tester pour valider ou invalider l'hypothèse. Il n'y donc pas de référence pour cet indicateur.

Pour les CE1, la réussite dans la reconnaissance de faire varier un seul paramètre reste très faible que ce soit sans l'aide de la grille (20% de réussite) ou avec (50% de réussite). Par contre pour les CE2 on constate une énorme évolution : leur réussite passe de 10 à 93%.

Le résultat pour l'exactitude du paramètre testé est également très faible pour les CE1, avec ou sans grille il est seulement de 15%. Le résultat est meilleur pour les CE2 mais il est seulement de 50%.

Il s'avère donc que notre séance explicite a partiellement atteint l'objectif de sensibiliser les élèves à la notion de faire varier un seul paramètre : encore une fois, on constate que l'objectif est atteint seulement par les CE2.

4. Résultats des créations et des analyses de protocole

Nous proposons ici de comparer les réussites sur la création d'un protocole d'une part et sur l'analyse d'un protocole donné d'autre part. Les résultats pour la création d'un protocole sont ceux de la pratique autonome individuelle. Ceux pour l'analyse d'un protocole donné sont les taux de réussite lors de l'évaluation sommative.

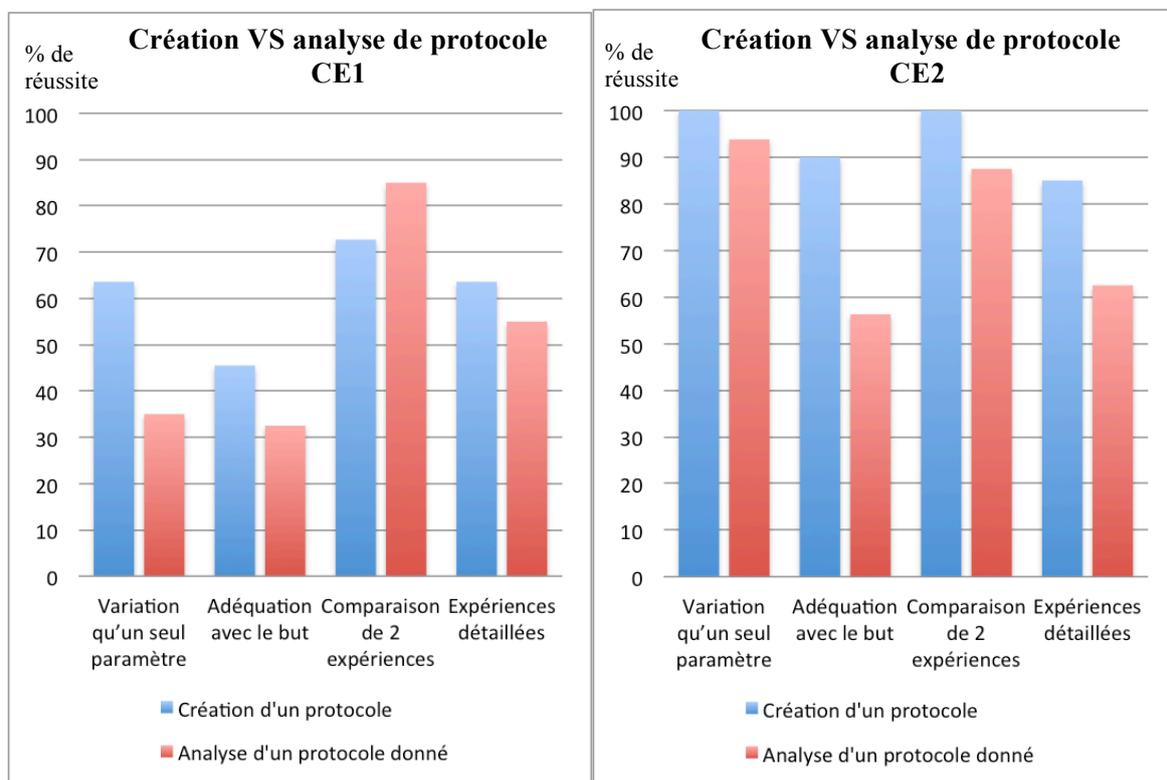


Figure 18 et 19 : Taux de réussite sur la création et l'analyse d'un protocole donné

Dans un seul cas l'analyse est supérieure à la création (CE1 comparaison de deux expériences). Dans tous les autres cas, les réussites sur la création d'un protocole sont supérieures à celles sur l'analyse d'un protocole donné.

Il s'avère donc que les élèves réussissent mieux à créer leur propre protocole qu'à analyser un protocole existant.

Discussion et conclusion

1. Re-contextualisation

Nous avons choisi de faire une étude sur la construction et l'analyse d'un protocole d'expérimentation. Nous sommes parties de l'hypothèse qu'une des difficultés provient du fait est que l'élaboration d'un protocole n'est pas enseignée en tant que tel.

Nous testons si la *séance explicite* ainsi que les étayages, facilitent l'apprentissage. Pour cela, nous utilisons les productions d'élèves récoltées tout au long de la séquence.

2. Interprétation des résultats de l'étude

2.1. Des indicateurs à l'objectif

Le tableau 3 reprend les résultats de l'étude à la fois sur la création et sur l'analyse d'un protocole.

Critère	Indicateur	Création		Analyse	
		Résultats CE1	CE2	Résultats CE1	CE2
Pertinence liée au paramètre	On ne fait varier qu'un seul paramètre.	64%	100%	20%	94%
	Le seul paramètre qu'on fait varier est le paramètre de l'hypothèse.	X	X	15%	50%
Pertinence liée au but	Les expériences mises en œuvres sont en adéquation avec le but de l'hypothèse.	45%	50%	25%	56%
Exécutable	Le matériel utilisé est disponible.	X	X	15%	25%
Efficace	Le protocole comprend deux expériences.	73%	100%	80%	87%
Communicable	Les expériences sont détaillées.	64%	85%	55%	62%
Hypothèse comprise	Le but de l'hypothèse est identifié.	82%	100%	X	X
	Le paramètre de l'hypothèse est identifié	45%	80%	X	X

Tableau 3 : taux de réussite mis en rapport avec les critères étudiés

Les données retenues concernant la création d'un protocole sont celles sur la pratique autonome individuelle. Celles pour l'analyse d'un protocole sont les évaluations sommatives.

A partir de ces résultats, et en fixant à 80% le seuil de la réussite du critère, nous constatons que la séance explicite sur l'élaboration d'un protocole ainsi que la mise en place des étayages n'ont pas permis aux élèves de créer ou d'analyser un protocole qui soit **à la fois** : pertinent, efficace, communicable et exécutable.

Toutefois les CE2 ont réussi à imaginer un protocole pertinent par rapport au « paramètre de l'hypothèse », efficace et communicable. Ils ont également été capables, lors d'une critique d'un protocole donné, d'analyser si le protocole était efficace et pertinent par rapport au « paramètre de l'hypothèse ».

Les CE2 ont donc retenu qu'un bon protocole comporte une comparaison et qu'un seul paramètre doit varier. Mais ils ont du mal à choisir ce paramètre en l'associant au but de l'expérience.

Pour les CE1, la création d'un bon protocole n'est pas acquise. Lors d'une critique d'un protocole donné, seule l'analyse de l'efficacité est bien réalisée.

Notre hypothèse sur la création et l'analyse d'un protocole est donc seulement en partie validée pour les CE2 et elle ne l'est pas pour les CE1.

2.2. Interprétation

Quelles peuvent être les raisons des difficultés liées au concept de « paramètre de l'hypothèse », et de son adéquation avec le « but de l'hypothèse » ?

D'une part, l'enseignement explicite se base sur une construction de connaissances allant du plus simple au plus complexe (Gautier et al., 2003). Dans notre séquence, nous avons certainement sauté une étape importante : expliciter auparavant, via une leçon dédiée, la notion de paramètre d'une hypothèse. Ainsi il aurait été plus judicieux de faire cette explicitation (via modelage, pratique guidée puis autonome), puis une fois certaines de la compréhension de tous, passer à la séance explicite sur la construction d'un protocole.

De plus, le taux de réussite des CE1, à la fin de la pratique guidée, était en dessous du seuil de 80%. Comme nous l'avons vu au chapitre 2.1.3 de l'état de l'art, nous n'aurions donc pas du passer à l'étape suivante. Ceci explique peut-être la fragilité des CE1 dans la capacité à extraire « le paramètre d'une hypothèse ».

D'autre part, nous avons utilisé en classe les raccourcis « but de l'hypothèse » et « paramètre de l'hypothèse ». Ces imprécisions de langage ont peut-être eu un rôle dans les difficultés des élèves. Cela pourrait expliquer les mauvais résultats des CE1 discutés précédemment. Mais on peut également imaginer l'incidence sur la classe dans la compréhension globale de ce qu'est un protocole expérimental.

Les résultats peuvent aussi s'expliquer de part la complexité de l'hypothèse proposée dans l'évaluation sommative qui était « il faut une étincelle pour obtenir du feu ». En effet contrairement à ce qui a été travaillé lors des pratiques guidées et autonome, pour atteindre le

but, plusieurs paramètres sont nécessaires (combustible + air + étincelle). De plus, les élèves ont été perturbés par le pictogramme choisi pour faire une étincelle qui était illustré par un allume-gaz.

Et enfin, lors du modelage, nous avons utilisé une première version de grille d'auto-évaluation. Elle comprenait une double condition à vérifier (voir l'extrait de la grille correspondant dans la figure 20). Cette difficulté est ressortie pendant la pratique guidée, surtout pour les CE1. La grille a donc été simplifiée pour la suite de la séquence.

<p>Pour vérifier si on teste bien un seul paramètre, je dois regarder ce qui est pareil et ce qui est différent dans les 2 expériences.</p> <ul style="list-style-type: none"> - J'entoure en vert tout ce qui est pareil dans les 2 expériences - J'entoure en rouge ce qui change 		
	OUI	NON
<p>➤ Je vérifie que j'ai bien entouré en rouge une seule chose dans chaque expérience et que c'est bien le PARAMETRE et le PARAMETRE contraire.</p>		

	OUI	NON
<p>➤ Je vérifie que j'ai bien entouré en rouge une seule chose dans chaque expérience.</p>		
<p>➤ Je vérifie que la seule chose que j'ai entourée en rouge dans chaque expérience est le PARAMETRE et le PARAMETRE contraire.</p>		

Figure 20 : Zoom sur l'évolution de la grille d'auto-évaluation

Le fait d'avoir fait le modelage avec un support un peu différent a certainement perturbé les élèves, notamment dans la perception de ce qu'est un paramètre.

Quelles peuvent être les raisons pour lesquelles il y ait un âge critique pour l'enseignement de la création d'un protocole expérimental ?

Tout d'abord, on peut comprendre que les CE1 soient en difficulté sur la création et l'analyse d'un bon protocole puisqu'ils n'ont déjà pas acquis l'identification du « paramètre de l'hypothèse ». Cela expliquerait aussi pourquoi l'utilisation de la grille d'auto-évaluation lors de l'évaluation sommative n'a eu que si peu d'effet. Mais les écarts avec les résultats des CE2, dans les mêmes conditions d'enseignement, laissent à penser qu'il y a un manque d'acquis pour appréhender ce type de compétence si tôt. Klahr et Nigam (2004) ont d'ailleurs effectué leur étude sur des élèves plus âgés (9-10 ans en moyenne).

Lors de l'évaluation diagnostique, nous avons fait une démonstration de transfert de liquide, d'une quantité d'eau d'un verre dans une bassine (plus large que le verre). Pour les CE2, la quantité d'eau dans les deux récipients était la même, tandis que pour les CE1, il n'y avait pas la même quantité d'eau. Cette limite cognitive que Piaget nommait de « conservation », était

une étape à franchir, selon lui, pour atteindre le stade des opérations concrètes. Piaget considérait qu'il fallait atteindre le stade suivant, celui de la pensée formelle pour pouvoir isoler un facteur et penser de façon hypothético-déductive. Même si depuis Piaget, d'autres ont proposé des théories sur le développement cognitif de l'enfant, on comprend à partir de cet exemple les freins qui peuvent être ceux des CE1 par rapport aux CE2.

Comment expliquer la plus forte réussite de la création d'un protocole par rapport à l'analyse d'un protocole donné ?

Nous l'expliquons par l'implication réelle de l'élève. En effet dans le cas de la création de protocole, l'élève était dans une démarche d'investigation, il savait qu'il exécuterait son protocole contrairement à l'analyse où l'élève faisait une évaluation.

3. Limites et perspectives

Quelles sont les limites de ce que j'ai fait ?

Le protocole écrit peut être une limite pour certains élèves ayant des difficultés de graphisme ou des difficultés pour expliciter par écrit ce qu'ils envisagent de faire. Une amélioration possible serait d'enregistrer les descriptions que feraient ces élèves de leurs protocoles.

La faible population (10 CE1+11CE2) ne permet pas une réelle exploitation statistique. Un protocole croisé permettrait également une meilleure fiabilité.

Qu'est-ce qui devrait être modifié ?

Avec le recul, je réalise maintenant qu'il aurait été plus judicieux :

- De faire une séance explicite sur la notion de paramètre d'une hypothèse.
- De ne pas utiliser les raccourcis « but de l'hypothèse » et « paramètre de l'hypothèse ».
- D'utiliser dès le modelage la grille d'auto-évaluation simplifiée.
- De proposer des protocoles aussi complexes en pratique guidée qu'en évaluation.
- De placer les élèves dans une réelle situation de communication en leur proposant d'écrire un protocole dans le but de le présenter à une autre classe.
- D'utiliser l'étayage par le groupe avant de passer en pratique autonome individuelle.
- De modifier certains pictogrammes pour qu'ils soient plus explicites pour les élèves.
- De donner le « but et le paramètre de l'hypothèse » aux CE1 afin de leur faciliter l'élaboration ou l'analyse d'un protocole.
- D'ajouter comme critère d'analyse la vitesse de production d'un protocole.

Comment aller plus loin ?

Nous avons remarqué les effets directs d'un questionnaire auprès des élèves. Par exemple après la question : « Comment vas-tu faire pour obtenir une grande ou une petite flaque d'eau ? », un élève s'est empressé d'ajouter une grande et une petite assiette à son protocole. C'est pourquoi en prolongement de notre étude nous pourrions mesurer cet effet du questionnaire. Il faudrait pouvoir photographier une copie avant et après questionnaire.

Nous pourrions également, avec le même procédé de photographies, mesurer l'effet immédiat de la grille d'auto-évaluation qui a servi ici d'étayage et d'évaluation formatrice.

Il serait intéressant de comparer aussi les protocoles produits avec ou sans proposition de matériel.

Malgré la différence de cycle, les résultats de la classe des CM1 ne permettent pas non plus de valider notre hypothèse. L'incompréhension du paramètre est la difficulté commune de nos classes. Il serait donc intéressant d'étudier et de mettre en place une séance explicite dédiée à ce qu'est un paramètre, et de mesurer son effet.

Les résultats obtenus pour ma pratique professionnelle

Cet écrit m'a permis d'apprendre à préparer et à faire une séance explicite. Je pourrai généraliser ces compétences dans d'autres domaines. Je suis également convaincue que certaines étapes de la démarche d'investigation sont complexes, et que la compréhension passe par l'apprentissage explicite de concepts tel que le protocole d'expérimentation. Les étayages (pictogrammes, grille d'auto-évaluation, travail de groupe) ainsi que le questionnaire demeurent également pour moi, indispensables.

4. Conclusion

Nous avons pris conscience de la complexité de notre problématique lors de notre rencontre avec Paricia Marzin. En effet l'explicitation et la formalisation de la conception de protocole sont au cœur de ses travaux de recherche depuis plusieurs années.

Humblement, malgré notre implication, nous ne nous attendions donc pas à révolutionner en quelques mois cette problématique. Comme formulé précédemment, nous avons constaté des avancées significatives mais insuffisantes.

Nous serons donc en veille sur ce sujet et suivrons avec intérêt les publications et notamment les avancées de l'équipe de Paricia Marzin pour, peut-être à l'avenir, participer à la mise en place d'une version du logiciel CODEX adaptée à l'école.

Bibliographie

- APPEX (Association Pour la Pédagogie Explicite), (2014). La pédagogie explicite. Repéré à http://www.3evoie.org/index.php?option=com_content&view=article&id=897:diaporama-la-pedagogie-explicite,catid=34:page-daccueil
- Archer, A. L., & Hughes, C. A. (2011). *Explicit instruction: Effective and efficient teaching*. New York : Guilford Press.
- Bachelard, G. (1938). La formation de l'esprit scientifique. Paris. Vrin.
- Bernard, C. (1947). Principes de médecine expérimentale, Paris, PUF.
- Bissonnette, S. & Richard, M. (2001). Comment construire des compétences en classes. Des outils pour la réforme. Montréal : Chenelière/McGraw-Hill
- Bonnéry, S. (2007). Comprendre l'échec scolaire. Élèves en difficultés et dispositifs pédagogiques. Paris : La dispute.
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. Hillsdale : Laurence Erlbaum.
- Dehaene, S. (2013). Les quatre piliers de l'apprentissage ou ce que nous disent les neurosciences. *ParisTech Review, November*, 1-8.
- Engelmann, S. (1980). *Direct instruction*. Englewood Cliffs : Educational Technology.
- Engelmann, S. (2007). *Teaching needy kids in our backward system: 42 years of trying*. Eugene – Oregon : ADI Press.
- Gauthier, C., Bissonnette, S., Richard, M., & Castonguay, M. (2013). *Enseignement explicite et réussite des élèves: la gestion des apprentissages*. Montréal : Pearson.
- Gauthier, C., Desbiens, J. F., & Martineau, S. (2003). *Mots de passe pour mieux enseigner*. Québec : Presses Université Laval.
- Ham, C. d' (2009). Le construction de protocole expérimental : objet et moyen d'apprentissage. *Les Cahiers Pédagogiques*, 469.
- Hattie, J. (2009). *Visible learning. A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. New York : Routledge
- Hattie, J. (2015). Hattie Ranking: 195 Influences And Effect Sizes Related To Student Achievement. Repéré à <https://visible-learning.org/nvd3/visualize/hattie-ranking-interactive-2009-2011-2015.html>
- Hollingsworth, J., & Ybarra, S. (2013). *L'enseignement explicite: une pratique efficace*. Québec : Chenelière éducation.

- Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational psychologist*, 41(2), 75-86.
- Klahr, D., & Nigam, M. (2004). The equivalence of learning paths in early science instruction: Effects of direct instruction and discovery learning. *Psychological science*, 15(10), 661-667.
- Mathe, S., Meheut, M., & De Hosson, C. (2008). Démarche d'investigation au collège : quels enjeux ? *Didaskalia (Paris) [ISSN 1250-0739]*, 2008, N°32 ; p.41-76.
- Rosenshine, B. (2010). Principes d'enseignement. *Série Pratiques éducatives*, 21, 1-31.
- Saavedra, R. (2015). Etayer le travail des élèves avec la plateforme LabBook pour donner davantage de sens aux activités expérimentales réalisées par des élèves de première S. *HAL*, p.9.
- Vallaud-Belkacem, N. (2015). Nouveau socle commun de connaissances, de compétences et de culture : large adoption par le Conseil supérieur de l'éducation. Repéré à <http://www.education.gouv.fr/cid86906/nouveau-socle-commun-de-connaissances-de-competences-et-de-culture-large-adoption-par-le-conseil-superieur-de-l-education.html>.
- Ministère de l'éducation. (2000). Bulletin officiel n°23 du 15 Juin 2000. Repéré à <http://www.education.gouv.fr/bo/2000/23/ensel.htm>
- Ministère de l'éducation. (2008). Extrait du Bulletin Officiel hors série n°3 du 19 juin 2008. Repéré à <http://www.education.gouv.fr/bo/2008/hs3/default.htm>
- Ministère de l'éducation. (2015). Bulletin officiel spécial n°11 du 26 novembre 2015. Repéré à http://www.education.gouv.fr/pid285/bulletin_officiel.html?pid_bo=33400

Annexes

Annexe 1. Questionnaire « les difficultés dans la démarche d’investigation »	1
Annexe 2. Évaluation diagnostique sur l’eau d’un élève de CE1	2
Annexe 3. Séquence	4
Annexe 4. Évaluation diagnostique sur le protocole d’un élève de CE2	5
Annexe 5. Copie produite lors de la pratique guidée	7
Annexe 6. Copie produite lors de la pratique autonome individuelle	8
Annexe 7. Évaluation sommative d’un élève de CE2	9

Annexe 1. Questionnaire « les difficultés dans la démarche d'investigation »

Questionnaire "les difficultés dans la démarche d'investigation"

Difficultés pour les élèves

1. Dans quelles étapes, selon vous, les élèves ont le plus de difficultés :
(Notez-les par ordre de difficulté (1 = peu difficile 3 = très difficile))

	Observer
	Se questionner
	Faire des hypothèses
	Imaginer un protocole
	Faire les expériences imaginées
	Valider/invalidier l'hypothèse
	Communiquer les résultats
	Autre :

2. De quels types sont ces difficultés ?
(linguistique, cognitive, comportementale...)

Difficultés pour l'enseignant

1. Quelles difficultés rencontrez vous dans la mise en place de la démarche d'investigation pour les sciences ?

2. Adaptez vous la démarche d'investigation pour la rendre plus explicite. Si oui, comment ?

Votre profil

Vous êtes :

	PE 1 ^{er} degré
	PE 2 ^{er} degré
	PES

	Cycle 2
	Cycle 3
	Cycle 4

Annexe 2. Évaluation diagnostique sur l'eau d'un élève de CE1

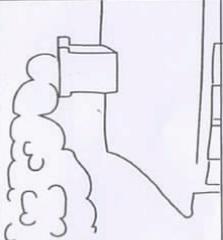
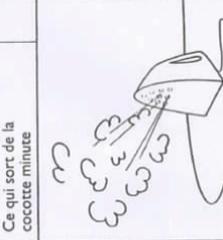
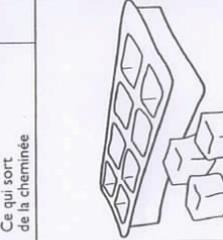
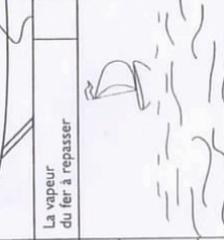
L'eau
dans la vie quotidienne

Cycle II
Prétest

Nom : MOUSSI A. H. JAMARITA Prénom : _____

Date : 24/11/17

Consigne : mets la lettre E quand tu penses que le dessin représente de l'EAU

		
Le nuage	Ce qui sort de la cocotte minute	Ce qui sort de la cheminée
		
La pluie qui tombe	La vapeur du fer à repasser	Des glaçons sortis du réfrigérateur
		
Le brouillard	La mer	La neige

Questionnaire d'introduction

NOM : BOESAY Date : 24/11/17

Réponds à chacune des questions suivantes de la façon la plus complète possible à l'emplacement prévu ; utilise le dos de la page ou une autre feuille de papier si tu n'as pas assez de place.

1 - D'où vient l'eau de pluie ?
d'un nuage.

2 - D'où viennent les nuages ?
du ciel.

3 - Comment se forment les nuages ?
Grâce à la vapeur.

4 - Quand tu poses un verre rempli de glaçons sur la table, des gouttelettes d'eau apparaissent sur l'extérieur du verre. D'où vient cette eau ?
des glaçons.

5 - Regarde ta réponse à la question 4 ci-dessus. Dans l'espace ci-dessous, explique pourquoi tu penses ainsi.
parce que il son plain d'eau

Source : Module Changements d'état, La Main à la Pâte (1998)

6 - Tu regardes à nouveau le verre le lendemain et tu trouves qu'il reste un petit peu d'eau au fond du verre, alors que l'extérieur du verre est sec. Explique toutes les choses dont tu penses qu'elles pourraient être la cause de l'assèchement de l'eau à l'extérieur du verre.

Dans la nuit les glaçons ont fondu.

Entoure la meilleure réponse à la question suivante.

7 - Des quantités égales d'eau sont versées dans deux récipients dessinés ci-dessous.



Récipient 1



Récipient 2

Si les deux récipients sont placés au soleil pour une durée de deux heures nous pourrions nous attendre à trouver :

1. Moins d'eau qu'au début dans chaque récipient, mais toujours la même quantité d'eau dans les deux récipients.
2. Plus d'eau dans le récipient 2 que dans le récipient 1.
3. Plus d'eau dans le récipient 1 que dans le récipient 2.
4. La même quantité d'eau qu'au début dans chaque récipient.

8 - Regarde la réponse que tu as sélectionnée pour la question 7. Dans l'espace ci-dessous, explique pourquoi tu penses ainsi.

parce-que dans la bassine 1 la moitié de l'eau.

3

9 - Il y a eu violent orage. Les lignes à haute tension sont cassées. Il n'y a plus d'électricité pour faire fonctionner le sèche-linge. Ci-dessous, fais une liste de trois ou quatre choses que tu pourrais faire pour que tes habits sèchent plus vite.

10 - Si tu penses qu'il pourrait y avoir une différence si l'on place les habits dehors ou dans la maison, explique pourquoi.

parce-que dans la maison le séchage se marche.

11 - Est-ce qu'un verre d'eau ou un verre de cubes de glace c'est pareil ? Pourquoi oui ou pourquoi non ?

non c'est pas pareille.

12 - Tu vis dans un village en Alaska qui n'a pas d'électricité. Les hivers sont longs et froids, mais le printemps est agréable et court, l'été est modérément chaud. Pendant l'hiver, la glace est taillée dans les étangs pour conserver la nourriture. Explique comment tu peux garder la glace pour l'utiliser pendant l'été.

on met dans la neige à côté de la maison.

4

Annexe 3. Séquence

Séquence : L'élaboration d'un protocole en sciences

Discipline : Sciences expérimentales et technologiques

Objectif de la séquence :

- Proposer une démarche pour résoudre un problème ou répondre à une question de nature scientifique ou technologique et en particulier proposer un protocole et savoir le critiquer.
- Comprendre le phénomène de l'évaporation.
- Maîtriser le vocabulaire suivant : protocole, expériences, évaporation.

Prérequis :

- Sciences : les différents états de l'eau
- Mathématiques : notion de volume et de surface à l'air

Séance 1 : Evaluation diagnostique n°1 (45 min)

Les élèves doivent répondre à un questionnaire sur les différents états de l'eau et leur changement d'état.

Séance 2 : Evaluation diagnostique n°2 (45 min)

Les élèves doivent critiquer différentes propositions de protocole.

Hypothèse : Il faut du soleil pour faire pousser une plante.

Séance 3 : Séance explicite sur l'élaboration d'un protocole (3 X 45 min)

1. Retour sur l'évaluation diagnostique sur les protocoles et réalisation en classe entière d'une affiche concernant les critères d'évaluation d'un protocole.
2. Modelage sur l'élaboration et l'évaluation d'un protocole.

Hypothèse : il faut du savon pour pouvoir faire des bulles de savon.

Le professeur fait le modelage au tableau de la stratégie d'élaboration d'un protocole à partir d'une hypothèse.
Aide : pictogrammes. Création d'une deuxième affiche concernant l'évaluation du protocole et présentation de la grille d'auto-évaluation.

3. Pratique guidée : les élèves élaborent en binôme puis seul des protocoles à partir de différentes hypothèses avec aide du professeur et de la grille d'auto-évaluation.

Aide : pictogrammes + fiche de protocole pré-remplie.

Hypothèses :

- Il faut cuire un gâteau avec de la levure pour qu'il gonfle.
- Il faut utiliser une luge en bois pour descendre une pente le plus vite possible.
- Il faut mettre de la semoule dans un sablier pour qu'il s'écoule le plus lentement possible.
- Il faut lâcher une balle de ping-pong sur de la pâte à modeler pour faire un gros trou.

Séance 4 : séance autonome (2X45 min)

Être capable d'élaborer un protocole expérimental pour résoudre un problème.

Problème de départ : « Ce matin, il a plu. Il y a des flaques d'eau dans la cour. Maintenant, les flaques ont disparu. Que s'est-il passé ? »

Les élèves proposent différentes hypothèses puis élaborent des protocoles à partir de celles-ci.

Mise en commun des protocoles puis création de protocoles finaux en groupe.

Séance 5 : Expérimentation et conclusion (2X 45 min).

Les élèves mettent en place les expériences à partir des protocoles proposés. Ils analysent les résultats.

Construction de la trace écrite sur le phénomène d'évaporation de l'eau.

Séance 6 : Evaluation sommative (45 min)

Les élèves doivent critiquer différentes propositions de protocole.

Hypothèse : il faut une étincelle pour obtenir du feu.

Annexe 4. Évaluation diagnostique sur le protocole d'un élève de CE2

Séance 1 - fiche élève

NOM : _____

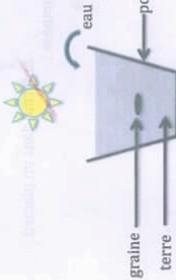
Hypothèse : Le paramètre "soleil" est nécessaire pour qu'une plante pousse.

Matériel :

- Graines
- pots
- eau
- placard
- soleil
- sac à main
- terre
- tire-bouchon

Consigne : Regarde chaque protocole d'expérimentation, et pour chacun dit si il permet de répondre à l'hypothèse et pourquoi.

A.



graine
terre

eau

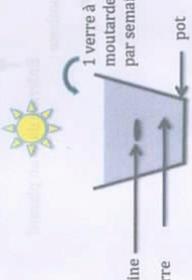
pot

Ce protocole d'expérimentation permet de répondre à l'hypothèse :

Oui Non

Qu'est ce qui ne va pas dans ce protocole ?
Parce qu'il faut la mettre au minimum au soleil et dans l'obscurité

B.



graine
terre

eau

pot

Ce protocole d'expérimentation permet de répondre à l'hypothèse :

Oui Non

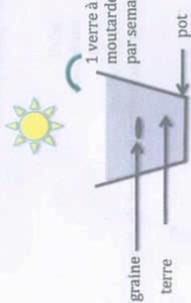
Qu'est ce qui ne va pas dans ce protocole ?
Parce qu'il ne faut pas le mettre dans un placard

1 verre à moutarde d'eau par semaine

Enfermé dans un placard

Séance 1 - fiche élève

C.



graine
terre

1 verre à moutarde d'eau par semaine

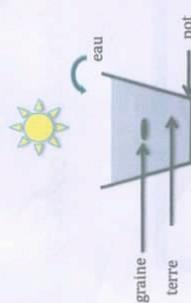
pot

Ce protocole d'expérimentation permet de répondre à l'hypothèse :

Oui Non

Qu'est ce qui ne va pas dans ce protocole ?
Il faut le mettre au soleil avec de l'eau

D.



graine
terre

eau

pot

Ce protocole d'expérimentation permet de répondre à l'hypothèse :

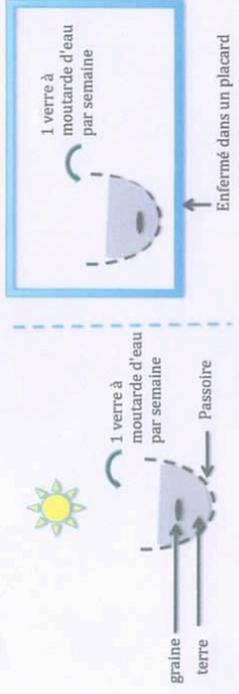
Oui Non

Qu'est ce qui ne va pas dans ce protocole ?

1 verre à moutarde d'eau par semaine

Enfermé dans un placard

E.



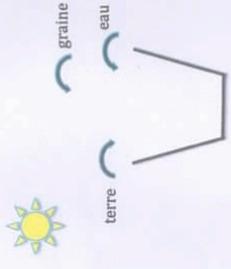
Ce protocole d'expérimentation est-il réalisable ?

Oui

Non

Qu'est ce qui ne va pas dans ce protocole ?

F.



Ce protocole d'expérimentation permet de répondre à l'hypothèse :

Oui

Non

Qu'est ce qui ne va pas dans ce protocole ? *Parce que c'est tout mélanger.*

G.

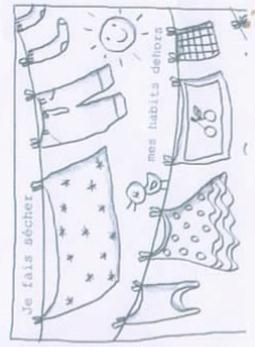
Ce protocole d'expérimentation permet de répondre à l'hypothèse :

Oui

Non

Qu'est ce qui ne va pas dans ce protocole ?

On prend plus de plants.



Annexe 5. Copie produite lors de la pratique guidée

NOM: _____

Hypothèse :
Il faut utiliser une luge en bois pour descendre une pente le plus vite possible.

Le BUT :
Descendre le plus vite possible une pente avec une luge en bois.

Le PARAMÈTRE :
une luge en bois avec

Protocole d'expérimentation :

The diagrams show two sleds on a slope. The left sled is labeled "luge en bois" and the right sled is labeled "luge en plastique". Both diagrams include a tree, a slope labeled "pente raide", and a sign labeled "VERGLAS".

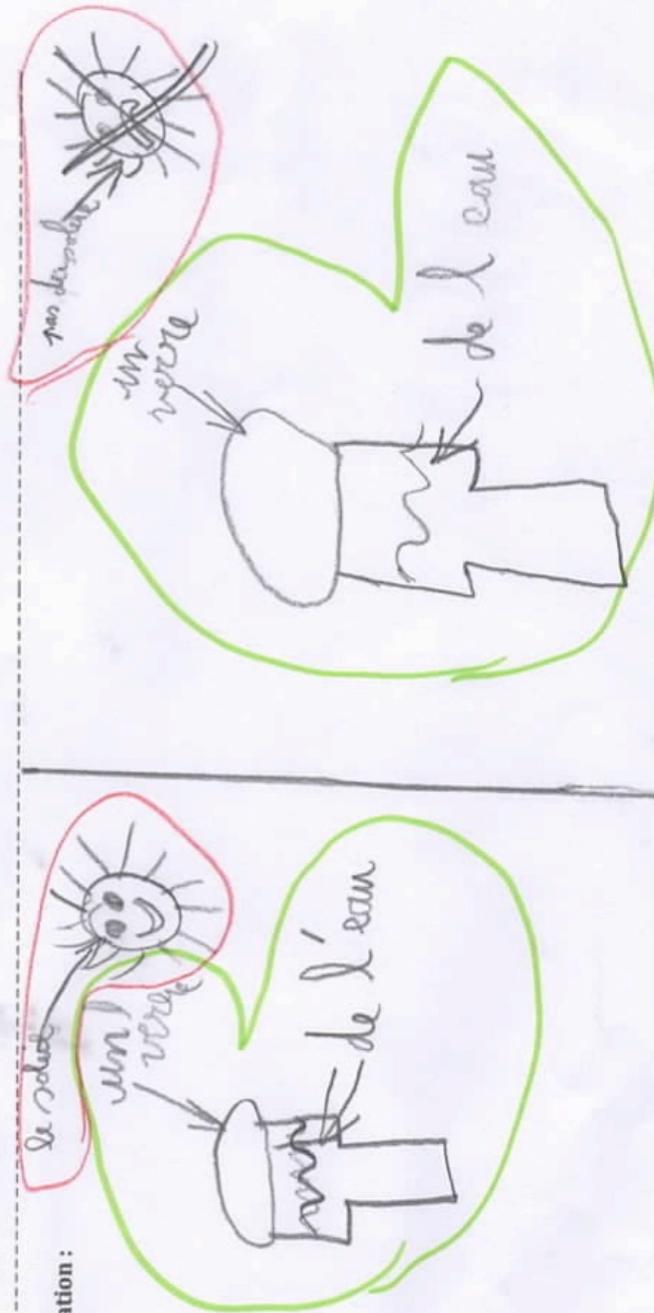
Annexe 6. Copie produite lors de la pratique autonome individuelle

Hypothèse : 2
Pour que l'eau s'évapore le plus vite il faut la mettre
au soleil !

Le BUT :
que l'eau s'évapore le plus vite !

Le PARAMETRE
le soleil !

Protocole d'expérimentation :



Annexe 7. Évaluation sommative d'un élève de CE2

Bilan de Sciences

Le protocole d'expérimentation

Nom : _____

Prénom : _____

Date : ___/___/___

Hypothèse : Il faut une étincelle pour obtenir du feu.

Matériel :

- Un allume gaz qui fait des étincelles
- du petit bois
- un barbecue (vide)
- des bouteilles en verre
- une cloche où on n'a pas d'air
- un tire bouchon

Regarde chaque protocole d'expérimentation, et pour chacun dit si il permet de répondre à l'hypothèse et pourquoi.

A.

Ce protocole d'expérimentation permet de répondre à l'hypothèse : Oui Non

Qu'est ce qui ne va pas dans ce protocole ?
car il n'a pas dessiné deux expériences.

B.

Ce protocole d'expérimentation permet de répondre à l'hypothèse : Oui Non

Qu'est ce qui ne va pas dans ce protocole ?
il n'a pas enveloppé en verre et en verre.

C.

Ce protocole d'expérimentation permet de répondre à l'hypothèse : Oui Non

Qu'est ce qui ne va pas dans ce protocole ?
Il a changer deux chose dans chaque expérience

Ce protocole d'expérimentation permet de répondre à l'hypothèse : Oui Non

Qu'est ce qui ne va pas dans ce protocole ?
Il a changer deux chose dans chaque expérience

Année universitaire 2016-2017

**Diplôme universitaire *Métiers de l'enseignement, de l'éducation
et de la formation*
Mention *Premier degré***

**Titre de l'écrit scientifique réflexif : *L'enseignement explicite au service de la démarche
d'investigation : élaboration d'un protocole expérimental*
Auteur : Céline SONZOGNI**

Résumé : Les programmes actuels préconisent la démarche d'investigation qui « développe la curiosité, la créativité, l'esprit critique et l'intérêt pour le progrès scientifique et technique ». Cette démarche par découverte est complexe à mettre en œuvre. Dans cet écrit nous étudions la démarche d'investigation, ses difficultés ainsi qu'un autre type d'enseignement, pouvant paraître à l'antipode : l'enseignement explicite. Nous nous intéressons plus particulièrement à la construction et l'analyse d'un protocole d'expérimentation partant de l'hypothèse qu'une des difficultés provient du fait est qu'il n'est pas enseigné en tant que tel. Nous testons si une séance explicite sur l'élaboration d'un protocole ainsi que des étayages, facilitent l'apprentissage. Pour cela, nous utilisons des productions d'élèves d'une classe de CE1/CE2 récoltées tout au long d'une séquence comportant une séance explicite. Nous analysons si les élèves ont acquis qu'il faut que le protocole soit pertinent, efficace, communicable et exécutable. Notre hypothèse sur la création et l'analyse d'un protocole est en conclusion seulement en partie validée pour les CE2 et elle ne l'est pas pour les CE1.

Mots clés : Enseignement des sciences, Cycle 2, CE1/CE2, Protocole d'expérimentation, Démarche d'investigation, Enseignement explicite

Summary : The current syllabus advocate the inquiry-based teaching which "develops curiosity, creativity, critical thinking and interest in scientific and technical progress". This discovery approach is complex to implement. In this paper, we study the investigation process, its difficulties and another type of teaching, which may appear to be at the opposite: direct instruction. We are particularly interested in the construction and analysis of an experimental protocol based on the assumption that one of the difficulties arises from the fact that it is not taught as such. We test whether an explicit lesson on the development of a protocol as well as scaffolds facilitate learning. For this purpose, we use the outputs of pupils of a CE1/CE2 class harvested along a unit which contains explicit lesson. We analyze whether students have learned that the protocol must be relevant, effective, communicable and enforceable. Our hypothesis on the creation and the analysis of a protocol is thus only partially validated for the CE2 and it is not for the CE1.

Key words : Science teaching, Key stage 2, CE1/CE2, Protocol, Inquiry-based teaching, Direct instruction