

Étayer des démarches d'investigation avec le numérique

Difficultés rencontrées lors de la mise à l'épreuve d'une application

**Scaffolding inquiry-based learning with a digital technology:
difficulties encountered when testing a learning environment**

**Apoyar la investigación científica en clase con tecnología
digital: dificultades encontradas al probar un entorno digital**

<https://doi.org/10.52358/mm.vi8.231>

Matthieu Cisel, enseignant-chercheur
CY Cergy Paris Université, France
matthieu.cisel@cyu.fr

RÉSUMÉ

Le Carnet Numérique de l'Élève-Chercheur (CNEC) est une application dont la fonction principale est d'étayer des démarches d'investigation. Il vise notamment à faciliter la rédaction de propositions scientifiques : questions, formulation d'hypothèses ou de protocoles. Au cours d'une étude de terrain menée auprès de quatre enseignants dans deux écoles primaires et deux collèges, nous nous sommes intéressés aux modes d'appropriation de la technologie par les praticiens. Nous avons mobilisé la théorie de l'activité d'Engeström pour appréhender, au prisme de la notion de contradiction, les tensions que génère en classe l'utilisation des étayages. Bien que les intentions didactiques portées par le CNEC soient alignées avec les programmes, elles entrent en contradiction avec la manière dont les praticiens mènent généralement une démarche d'investigation. Le risque de dévoiement des fonctionnalités s'en trouve accru, ce qui limite la possibilité d'utiliser les étayages pour la formation continue des enseignants, l'un des rôles qui leur avait été initialement attribué.

Mots-clés : démarche d'investigation, étayage, formation continue, évaluation, technologies numériques



ABSTRACT

The Student-Researcher Digital Notebook (SRDN) is a learning environment whose primary function is to scaffold inquiry-based learning, notably improving the phrasing of scientific claims like hypotheses or research questions. We carried out a field study with four teachers in two elementary schools and two middle schools to see how practitioners used the technology. We used Engeström's activity theory, and more specifically, the notion of contradiction, to identify the tensions that arose from using the scaffolds that we had designed. Although the objectives underlying the SRDN were aligned with official curricula, the teachers appeared reluctant to be constrained by scaffolds into inquiry-based learning approaches that they were not familiar with. It increased the risk of misuse of the features that we had designed. Scaling up teacher training through such digital scaffolds, one project's initial goals, appeared likely to fail.

Keywords: inquiry-based learning, uses, lifelong learning, evaluation, digital technologies

RESUMEN

El CDAI (Cuaderno Digital del Alumno-Investigador) es un entorno de aprendizaje cuya función es reforzar el aprendizaje basado en la indagación, en particular para mejorar la redacción de afirmaciones científicas como hipótesis o preguntas de investigación. Estudiamos cómo los docentes utilizaron el CDAI en dos escuelas primarias y dos escuelas secundarias. Usamos la teoría de la actividad de Engeström, y más específicamente la noción de contradicción, para identificar las tensiones que surgieron del uso de las bases que habíamos diseñado. Aunque los objetivos subyacentes del CDAI estaban alineados con los planes de estudio oficiales, los maestros parecieron reacios a verse incentivados a aplicar una forma de aprendizaje basado en indagación que no conocían. Ello aumentó el riesgo de usar de forma errónea las bases que habíamos diseñado, limitando la posibilidad de utilizar dichas bases para la formación continua de los docentes, uno de los objetivos iniciales del proyecto.

Palabras clave: investigación científica, utilidad, formación continua, evaluación, tecnología digital

Introduction

Les démarches d'investigation (Coquidé *et al.*, 2009; Prieur *et al.*, 2013) supposent de laisser aux élèves une certaine liberté d'action pour répondre à une question qui aura été éventuellement coconstruite avec eux. On parle d'*inquiry-based learning* dans la littérature anglo-saxonne (Abd-El-Khalick *et al.*, 2004; Edelson *et al.*, 1999; Pedaste *et al.*, 2015). En France, les injonctions régulières à développer ce type de démarche appellent à la mise en œuvre d'une formation continue spécialisée. Ont déjà été mis en place à cette fin des cours en ligne, comme la série de MOOC produits par le programme Savanturiers¹,

¹ <https://les-savanturiers.cri-paris.org/formations-savanturiers/moocs-formations-en-ligne/>



ainsi que des formations à distance produites dans le cadre du programme Magistère² (Pogent *et al.*, 2019). On recense également désormais des manuels numériques, comme le manuel *Esprit Critique, Esprit Scientifique* produit par La main à la pâte³. Ce dernier manuel propose des activités, des expériences et des réflexions sur les objectifs d'apprentissage.

La question de la formation à la démarche d'investigation est particulièrement prégnante pour les enseignants exerçant à l'école primaire, qui n'ont pas nécessairement reçu de formation scientifique approfondie (Banchi et Bell, 2008; Alake-Tuenter *et al.*, 2012). Avec l'essor du numérique dans les salles de classe, se pose la question du rôle que le numérique pourrait jouer pour faire évoluer les pratiques enseignantes en matière de mise en œuvre de la démarche d'investigation. Les programmes de l'école primaire indiquent que les élèves doivent être capables de formuler des hypothèses et des protocoles, à travers l'item « pratiquer et des démarches scientifiques et technologiques » (*Bulletin officiel de l'Éducation nationale*, 2016). L'évolution des technologies éducatives pourrait être mise au service de ces objectifs, notamment faciliter le travail de rédaction et d'argumentation autour des propositions effectuées.

On peut en particulier utiliser des étayages portés par des applications numériques (de Jong, 2006; van der Valk et de Jong, 2009). Ceux-ci viendraient structurer la démarche des élèves et, indirectement, contribuer à la formation des praticiens en attirant leur attention sur les caractéristiques que devraient idéalement revêtir les productions écrites. Ils pourraient alors être mobilisés en complément de formations, ou au cours de celles-ci. « Étayage » est une traduction de *scaffold* dans la littérature anglo-saxonne, qui correspond littéralement à un « échafaudage ». Wood, Bruner et Ross (1976) ont adopté la première fois la métaphore de l'échafaudage pour expliquer le rôle que les adultes peuvent jouer pour orienter les élèves dans des activités de résolution de problèmes. Ainsi, une aide fournie à l'oral peut constituer un étayage, comme des consignes écrites présentées via une application numérique.

C'est selon cette logique qu'a été prise la décision de créer des étayages pour le Carnet Numérique de l'Élève-Chercheur (CNEC). Développé à partir de 2016 dans le cadre du consortium les Savanturiers du Numérique, sa mise au point a été pilotée par l'entreprise Tralalère et le programme Savanturiers. Ce programme à destination du primaire et du secondaire lancé en 2013 (Royer, 2017; Carosin et Demeuse, 2018) vise à développer des projets de recherche miniatures encadrés par des mentors généralement issus du milieu universitaire, afin d'initier les élèves aux méthodes de l'investigation scientifique. Il défend une approche de la démarche d'investigation qualifiée dans la littérature anglo-saxonne de *Student-Question Based Inquiry* (SQBI) (Herranen et Aksela, 2019), que l'on peut traduire par « investigation fondée sur les questions des élèves ». Le CNEC propose plusieurs modules, dont la fiche recherche qui porte les étayages. Celle-ci a été pensée pour aider les élèves à structurer leurs propositions scientifiques; elle est au centre de cette contribution.

Les tests de l'application en classe (Cisel, Barbier et Baron, 2019) ont suggéré que l'utilisation par les élèves des étayages portés par la fiche recherche soulevait un certain nombre de tensions susceptibles de nuire à leur appropriation. Cette considération nous a amené à analyser la mise à l'épreuve en classe de l'application sous l'angle de la théorie de l'activité d'Engeström (1987), théorie qui permet d'analyser de telles tensions au prisme de la notion de contradiction.

² <https://magistere.education.fr/>

³ <https://www.fondation-lamap.org/fr/esprit-scientifique>



La théorie de l'activité comme cadre théorique

Principes généraux de la TA

La théorie de l'activité (TA) représente un cadre interdisciplinaire qui trouve ses origines dans les travaux en psychologie du développement, conduits dans les années 1930, en premier lieu par Vygotsky (2013). Au fil de ses formes successives, elle s'est développée pour devenir ce que l'on nomme parfois la théorie de l'activité de troisième génération (Engeström, 1987). Elle est largement utilisée dans le champ de l'éducation et plus particulièrement dans le champ des technologies éducatives, de la formation à distance (Dir et Simonian, 2015) ou de la conception d'environnements informatiques (Bourguin, 2000; Bourguin, Derycke et Tarby, 2005). L'activité y est représentée par un modèle empirique constitué de six pôles en interaction : le sujet de l'activité, son objet, ses résultats, les règles qui la régissent, la communauté, la division du travail et les instruments, qui constituent le centre de notre réflexion.

Décomposition du système d'activité

Le système d'activité analysé a pour sujet l'enseignant et pour objet la structuration des projets de chaque groupe. Les instruments mobilisés correspondent aux différents outils que l'enseignant utilise avec ses élèves au cours d'une séance : le CNEC et ses étayages, l'éventuel cahier papier associé au projet, les ressources bibliographiques, etc. Ce système est soumis à un certain nombre de règles, comme la nécessité d'une certaine adéquation entre les objectifs poursuivis au sein du projet et le programme imposé par l'Éducation nationale. La communauté est constituée des autres personnels de l'établissement, avec en particulier les autres enseignants, du personnel Savanturiers et du mentor généralement attribué par le programme. La division du travail analysée porte sur la répartition des tâches lors du choix des orientations impulsées au projet. Les rôles respectifs du mentor, des élèves et des enseignants varient d'un projet à l'autre. Ces six pôles sont documentés pour chacun des projets observés.

Contradictions

Un système d'activité évolue notamment lors de dépassement de contradictions induites par des perturbations, d'où qu'elles proviennent : innovations technologiques, changements réglementaires, modifications de la division du travail. La recherche de dépassement des tensions associées notamment à ces évolutions constitue l'un des mécanismes à l'origine de l'évolution de l'activité. Engeström (1987) distingue plusieurs niveaux de contradictions. Les contradictions primaires correspondent aux tensions au sein d'un pôle donné. Par exemple, s'agissant du pôle Instruments, le CNEC et un manuel scolaire peuvent entrer en tension lorsqu'ils sont mobilisés de manière concomitante et qu'ils véhiculent des représentations contradictoires de la démarche scientifique. Les contradictions secondaires découlent des tensions entre deux pôles, tandis que les ternaies correspondent aux tensions entre anciens et nouveaux éléments d'un pôle.

Revue de littérature et problématique

La conception du CNEC s'est inscrite dans une longue lignée de travaux. Ainsi, l'utilisation d'étayages dans l'enseignement constitue pour van de Pol, Volman et Beishuizen (2010) une pratique typiquement associée à la théorie historico-culturelle de Vygotsky. On trouve depuis trois décennies dans la littérature (Edelson *et al.*, 1999; Pea, 2004; Sharma et Hannafin, 2007; Tabak et Reiser, 1997), des travaux portant sur la manière dont les outils numériques peuvent être utilisés par les enseignants pour étayer l'apprentissage des élèves, notamment dans le cadre de démarches d'investigation (De Jong, Sotiriou

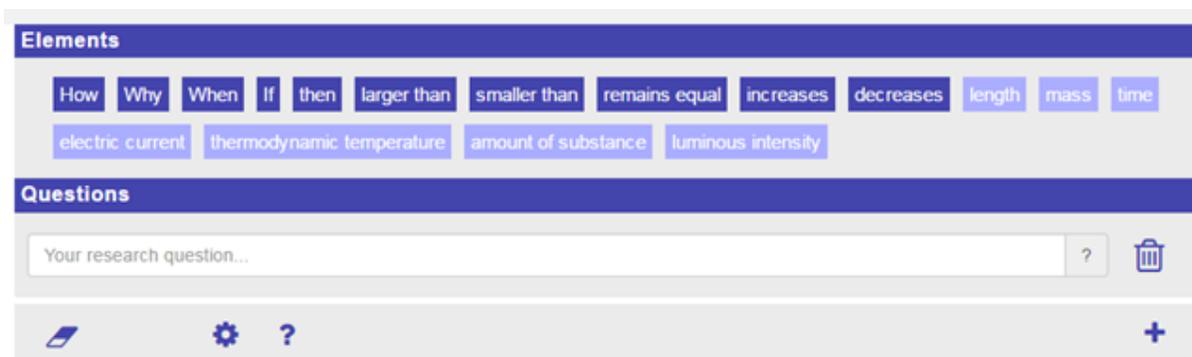


et Gillet, 2014; Manlove *et al.*, 2007). Dans ce contexte, certains logiciels permettent de simplifier des tâches de recherche d'information (Quintana *et al.*, 2004; Zhang et Quintana, 2012; Hsu, Lai et Hsu, 2015) ou d'écriture, que cela soit dans le domaine de la conception expérimentale (Girault et d'Ham, 2014; Saavedra, 2015; Bonnat, 2017; Bonnat, Marzin-Janvier et d'Ham, 2019), ou pour la rédaction de productions scientifiques (Hmelo-Silver, Duncan et Chinn, 2007; van Joolingen et De Jong, 1991).

Ces étayages visent à restreindre la complexité de la tâche en permettant à l'apprenant de résoudre des problèmes qu'il ne peut accomplir seul. Ils peuvent notamment aider à formuler des questions de recherche, des hypothèses (van Joolingen et De Jong, 1991; van Joolingena et de Jong, 1993) (figure 1), des protocoles, comme c'est le cas pour le Knowledge Forum (KF) (Impedovo et Andreucci, 2016; Scardamalia et Bereiter, 2006). L'ensemble d'une démarche peut être instrumenté par certains Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH), de la formulation de la question initiale à celle des conclusions, comme c'est le cas pour le *WISE*, ou *Web-based Inquiry Science Environment* (Slotta et Linn, 2009), en passant par le processus d'idéation ou de recherche documentaire (Quintana *et al.*, 2004).

Figure 1

Exemple de l'*Hypothesis Scratchpad* (van Joolingen et De Jong, 1991), dont la fonction est de faciliter la rédaction d'hypothèses par les élèves dans le cadre d'une démarche d'investigation



Nous nous sommes posé la question du rôle que des étayages pourraient jouer dans la formation des élèves et des enseignants, plus particulièrement pour l'enseignement de la démarche d'investigation. Un outil même bien conçu ne peut être utilisé seul pour former des enseignants; la chose a été démontrée de manière récurrente, notamment dans les recherches en ingénierie didactique de deuxième génération (Perrin-Glorian, 2011). Néanmoins, la mise à disposition de l'outil s'accompagne dans le cas présent de formations, dispensées régulièrement par l'équipe de conception tout au long des trois années qu'a duré la mise au point du CNEC.

Pour que la combinaison des formations et de l'incitation à utiliser les étayages se traduise par un changement de pratique dans la direction voulue par les concepteurs de l'application numérique, il faut en premier lieu identifier les tensions générées par leur mobilisation afin de pouvoir les dépasser. Ces tensions peuvent être accrues, dans le cadre d'un programme comme les Savanturiers, par l'agentivité dont disposent les élèves quant au choix des questions servant de fil rouge au projet. Ces considérations nous ont amené à construire notre recherche autour de la problématique suivante : Quelles contradictions sont engendrées par l'utilisation d'étayages numériques visant à structurer une démarche d'investigation et comment se traduisent-elles dans l'appropriation des outils proposés?



Notre recherche se basait sur une hypothèse relative aux actions mises en place spontanément par les enseignants : la mise à disposition d'étayages structurant les différentes étapes du projet conduirait les praticiens dans leur travail de médiation auprès des élèves à focaliser leur attention sur deux points : d'une part sur l'enseignement de la structure et de la nature de la démarche suivie, qu'elle soit ou non de nature hypothético-déductive, et d'autre part sur une formulation rigoureuse des énoncés scientifiques (questions, hypothèses, etc.). Pour l'équipe de conception, le fait de porter ainsi une attention croissante sur ces considérations conduirait indirectement élèves et enseignants en demande de formation à une meilleure maîtrise de la nature et de la structure d'une démarche d'investigation, à force de répétitions et de projets. Pour mettre à l'épreuve notre hypothèse relative au travail de médiation – l'hypothèse relative aux apprentissages n'étant pas testable dans le cadre de notre dispositif de recherche (Cisel, 2020) –, nous avons réalisé des observations en classe dans quatre établissements, observations que nous avons complétées par des *focus groups* (Krueger, 2014) avec les enseignants. La section qui suit permet d'entrer davantage dans le détail de la méthodologie suivie.

Méthodologie

Nous avons suivi une double approche au cours de la conception du CNEC et de sa mise à l'épreuve. Dans un premier temps, nous nous sommes appuyé sur une revue de la littérature pour coconcevoir différentes formes d'étayages en collaboration avec les autres membres du consortium. Dans un second temps, nous avons mis à l'épreuve les étayages via des tests utilisateurs en classe et collecté, via des *focus groups* réunissant les enseignants, un certain nombre de données relatives aux éléments qui font obstacle à leur appropriation. Nous revenons sur ces deux axes de travail dans les sections qui suivent.

Conception des étayages

Dans le cadre de ce projet, les chercheurs ont réalisé un travail d'élicitation des besoins (Robertson, 2001) tout en étant eux-mêmes force de proposition en termes d'orientations technologiques. Ils ont structuré les propositions des différentes parties prenantes, mais ont laissé aux enseignants le choix des scénarios d'utilisation. Par ailleurs, il y a alternance, sur une période de trois ans, entre phases de conception et interventions en classe, l'analyse de ces dernières étant mobilisée pour faire évoluer le prototype. Nous commencerons par préciser les diverses intentions didactiques portées par le CNEC et la manière dont elles se sont traduites dans les fonctionnalités de l'application.

DEUX TYPES DE DÉMARCHE PORTÉS PAR LES ÉTAYAGES : CHERCHEUR ET INGÉNIEUR

En premier lieu, le CNEC vise à faire acquérir aux élèves la distinction entre ce qui relève d'une démarche hypothético-déductive et ce qui relève d'autres formes de démarche (technologique, etc.). Nous justifions cette intention didactique par le fait qu'il est nécessaire, pour pouvoir rédiger une hypothèse par exemple, d'apprendre à faire la distinction entre d'une part une explication plausible d'un phénomène et d'autre part une solution technologique pensée pour résoudre un problème (comme une éolienne pour lutter contre le réchauffement climatique). Ce besoin n'a pas été explicitement exprimé par les enseignants, mais des observations réalisées en 2016 avant la conception des premières maquettes (Cisel, Barbier et Baron, 2019) ont montré qu'il était fréquent pour les élèves comme pour certains enseignants d'amalgamer démarche hypothético-déductive et démarche technologique. En second lieu, le CNEC vise à faire acquérir les différentes étapes d'une démarche hypothético-déductive. En dernier lieu, il s'agit de travailler sur la rigueur des écrits des élèves sur le plan rédactionnel à chacune des étapes de la démarche. Cela correspond à une demande explicite des programmes. Le niveau d'exigence doit pouvoir être adapté au niveau d'enseignement, de sorte que pour chaque étape d'une démarche hypothético-déductive par exemple, les étayages ne sont pas formulés de la même manière selon le niveau scolaire.



La fiche recherche a été pensée avec ces différentes intentions didactiques pour objectif. Le module décompose la démarche d'investigation en cinq étapes. Les groupes d'élèves doivent envoyer à leur enseignant une production à corriger pour chacune de ces étapes. Il s'inscrit dans une série d'autres modules ayant des fonctions diverses (annexe 1). Au début du projet, les élèves pouvaient choisir entre deux démarches : la démarche dite du chercheur et celle de l'ingénieur. La démarche du chercheur, inspirée des matériaux de formation des Savanturiers, d'entretiens menés auprès d'enseignants et de modélisations classiques de la démarche d'investigation (Pedaste *et al.*, 2015), est structurée selon les étapes suivantes : question, hypothèse, protocole, données, conclusion. Les élèves peuvent sauter n'importe laquelle de ces étapes, et en particulier l'étape « Hypothèses », lorsqu'ils ne suivent pas une démarche hypothético-déductive.

La démarche dite de l'ingénieur suit une structure analogue, mais ce sont les termes *problème* et *solution* qui sont utilisés en lieu et place de *question* et *hypothèse*. Dans cette démarche, il ne s'agit pas tant de répondre à une question que de produire un artefact comme solution technologique à un problème. Appuyés par des enseignants Savanturiers à l'origine de la proposition, nous avons considéré que la capacité à distinguer entre d'une part une démarche hypothético-déductive (associée au parcours chercheur) et d'autre part une logique de résolution de problème (associée au parcours ingénieur) contribue à la meilleure compréhension de ce que représente une hypothèse comme explication plausible d'un phénomène, ou un protocole comme approche de mise à l'épreuve de cette explication. En effet, limiter le dévoiement de ces termes en classe constitue l'une des intentions didactiques portées par le CNEC. Il est peu plausible qu'un choix ponctuel entre ces deux démarches conduise à des apprentissages durables chez l'élève. En revanche, nous émettons l'hypothèse que la participation à plusieurs projets successifs, la réalisation de plusieurs séquences consacrées à ce choix au sein du même projet, ou l'exposition aux deux types de démarches au sein de la même classe peut, à terme, déboucher sur l'apprentissage visé.

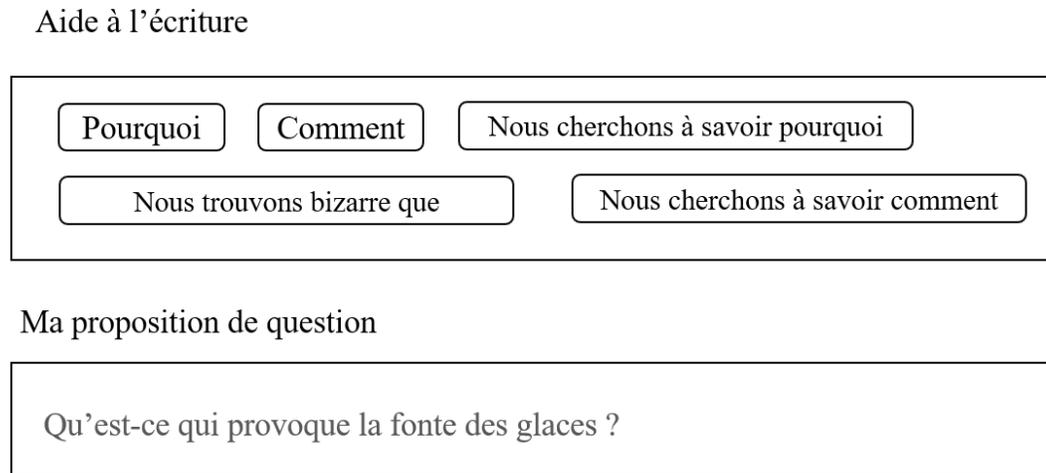
OUVREURS DE PHRASE ET QUESTIONS D'AUTOÉVALUATION

Trois types d'étayages ont été mis au point : les ouvreurs de phrase (intitulés *Aide à l'écriture* dans l'application), les questions d'autoévaluation et les conseils de réécriture. À chaque étape correspond un lot d'étayages, sachant que ces étayages diffèrent dans les démarches « chercheur » et « ingénieur ». Le travail des chercheurs a ensuite consisté à produire, en collaboration avec des enseignants partenaires, le contenu des étayages. Est fourni à la figure 2 un exemple de la manière dont apparaît le module du CNEC qui porte les étayages, ainsi qu'un détail des étayages de type ouvreurs de phrase et questions d'autoévaluation pour l'ensemble des étapes d'une démarche hypothético-déductive (annexe 2). Après une période d'observation de deux ans au cours desquels des projets Savanturiers non instrumentés par le CNEC ont été suivis (Cisel, Barbier et Baron, 2019), des tests utilisateurs ont été organisés au cours de l'année scolaire 2018-2019, de manière concomitante avec des *focus groups* (Cisel et Baron, 2019).



Figure 2

Étayages tels qu'ils apparaissent au sein du CNEC pour l'aide à la formulation



PARTICIPATION DES ENSEIGNANTS À LA CONCEPTION DU CNEC

Goigoux (2017) a insisté dans ses écrits sur le fait que « les chances de réussite d'une innovation dépendaient d'une part de sa compatibilité avec les schèmes professionnels des enseignants ». Ce type de considération a légitimé l'inclusion de praticiens dans le processus de conception. Les enseignants ont contribué à la conception du CNEC d'une part au cours de dix-huit comités de conception (CoCon) organisés à intervalles réguliers au cours des trois années qu'a duré le projet et d'autre part en effectuant des retours en direct aux concepteurs du CNEC, au moment des tests utilisateurs de l'application. Au cours des CoCon, des activités variées ont été conçues de manière négociée entre les différents acteurs du consortium. Après une première phase consacrée à l'élicitation libre des besoins, la seconde s'est centrée sur la collecte de retours d'enseignants sur des maquettes d'interfaces (Cisel et Baron, 2019). Dans une dernière phase, les enseignants ont été familiarisés avec les premiers prototypes et ont effectué des retours sur les utilisations du CNEC en classe. La participation au travail de conception par les enseignants impliqués dans les tests, notamment par la formulation des éléments textuels constitutifs des étayages interactifs, leur a permis d'acquérir une bonne connaissance de ceux-ci. Cela ne présageait néanmoins en rien de leur velléité de les utiliser en classe.

Formation des enseignants et scénarios d'utilisation du CNEC

Les CoCon ont été l'occasion de mettre en place une série de huit formations d'une à deux heures auprès des enseignants impliqués dans la conception, dont l'objet dépassait la simple maîtrise des fonctionnalités du CNEC. Nous avons porté notre attention sur la décomposition d'une démarche d'investigation en différentes étapes et sur la distinction que l'on peut faire entre la démarche hypothético-déductive et la démarche de type résolution de problème via une solution technologique, pour légitimer la distinction entre étayages « chercheur » et étayages « ingénieur ». Nous avons enfin abordé dans ces formations la question de la formulation d'énoncés scientifiques par les élèves et du rôle que les étayages pouvaient jouer dans l'aide à l'écriture.

En termes de scénarios d'utilisation, la principale contrainte imposée consistait à demander aux enseignants qui testeraient l'application de faire suivre dans les projets d'élèves les différentes étapes qui étaient proposées dans le CNEC, quelle que soit celle des deux démarches que leurs élèves



avaient choisie. Nous avons fait le choix de ne pas imposer l'utilisation d'étayages et des scénarios afférents, car notre étude visait justement à appréhender comment des praticiens s'approprieraient spontanément l'EIAH en absence de contraintes explicites. Cette approche permet de mieux anticiper les utilisations futures qui seraient faites du CNEC si celui-ci avait été diffusé et utilisé plus largement dans les salles de classe (Loup-Escande, Burkhardt et Richir, 2013). En définitive, cette diffusion à grande échelle n'eut pas lieu malgré les investissements consentis dans le développement de l'application.

Observations de tests utilisateurs

Quatre projets en classe instrumentés par le CNEC ont été suivis de manière longitudinale par les chercheurs impliqués dans le projet de recherche. Dans l'ensemble des projets que nous avons suivis, les enseignants ont organisé leur classe en groupes de trois à quatre élèves, chaque groupe se consacrant à une thématique qui lui était propre. Dans la majorité des cas, le seul point commun entre les groupes était l'ancrage des projets dans une thématique définie à l'avance, comme la climatologie ou la biodiversité. Les praticiens ont systématiquement apporté une assistance de nature technique aux élèves pour les aider à se familiariser avec les fonctionnalités et ont réalisé un travail de médiation pour que les élèves comprennent les attendus associés à l'utilisation des étayages.

Le tableau 1 recense les caractéristiques des établissements où se sont déroulées les observations, la période d'observation considérée ainsi que le nombre de séances suivies. Les noms des établissements ont été modifiés pour anonymiser l'étude; il en va de même pour les enseignants.

Tableau 1

Détail des observations de tests utilisateurs réalisées par les chercheurs lors de la dernière année du projet (entre parenthèses sont précisés le niveau scolaire et la durée moyenne approximative d'une séance)

Code établissement	Niveau	Académie	Nb. Classes	Nb. Ens	Nombre de séances observées
Bouliers	Élémentaire (CE2)	Paris	2	2	8 (1 h 15)
Clignancourt	Élémentaire (CM1)	Paris	1	1	8 (1 h)
Victor Dupont	Collège (5 ^e)	Créteil	1	3	4 (2 h)
Jean Sébastien	Collège (5 ^e)	Paris	1	2	3 (2 h)

Focus groups

Un *focus group* représente une forme de recherche qualitative, durant laquelle des questions de recherche peuvent être traitées via une discussion de groupe, le tour de parole étant généralement contrôlé par l'investigateur (Krueger, 2014). Les enseignants partenaires du projet ont été réunis via des *focus groups* au cours desquels ils donnaient leurs points de vue sur les orientations technologiques impulsées au projet. Dix-huit réunions collectives impliquant les enseignants partenaires ont été organisées sur la période 2016-2019, durant lesquelles des *focus groups* ont été organisés. Quatre d'entre eux ont été consacrés spécifiquement à la question des étayages, que ce soit pour leur conception ou leur utilisation en classe. Le détail de la temporalité de ces *focus groups* est disponible



dans un rapport de synthèse sur la recherche (Cisel, Barbier et Baron, 2019). Chaque *focus group* réunissait de quatre à huit enseignants, certains des praticiens n'ayant pas été suivis de manière longitudinale au cours de leur projet. L'animation des *focus groups* était à la charge du chercheur et fondée sur un canevas d'entretien.

Au moment des entretiens, les enseignants partenaires étaient familiers avec l'artefact pour l'avoir mis à l'épreuve en classe. Le canevas d'entretien incluait notamment les questions suivantes : Dans quelle mesure avez-vous utilisé les étayages interactifs portés par la fiche recherche? Pour quelle raison avez-vous utilisé les étayages selon les modalités que vous avez choisies? Les verbatims ont été enregistrés puis retranscrits dans leur intégralité. Au cours de leur analyse, nous avons mis de côté les réticences des praticiens relevant simplement des bogues techniques. Nous nous sommes focalisé sur les autres éléments ayant pesé dans le choix des enseignants lors de l'analyse thématique des entretiens. Celle-ci a été réalisée au prisme des contradictions telles que définies par Engeström (1987). Nous nous sommes centré sur l'impact que les caractéristiques des étayages et la manière dont les praticiens se représentent la démarche d'investigation peuvent avoir sur leur utilisation en classe.

Résultats

L'étude de terrain a conduit à identifier deux phénomènes à l'œuvre eu égard à l'appropriation des étayages : tantôt la sous-utilisation et tantôt le dévoiement des fonctionnalités par rapport à l'intention didactique qu'elles portaient, y compris lorsque la proposition était issue d'un enseignant présent au cours d'un comité de conception. Les entretiens nous ont amené à interpréter ces tensions en tant que contradictions secondaires entre d'une part le pôle Instruments – représenté par le CNEC – et d'autre part le pôle Sujet. Par exemple, si l'établissement invite explicitement dans le bulletin officiel les enseignants à faire travailler les élèves du primaire et du secondaire sur la formulation d'hypothèses, elle ne fixe pas de critère précis pour déterminer si l'objectif a été atteint. Dès lors, l'objectif, qui consiste à enseigner la distinction entre démarche hypothético-déductive et démarche technologique, s'il fait consensus entre praticiens au moment des réunions de conception, semble secondaire au cours des tests utilisateurs, faute de consensus sur son importance. Nous utiliserons cette situation pour illustrer un dévoiement des fonctionnalités du CNEC. Dans un second temps, pour illustrer la sous-utilisation des étayages, nous reviendrons sur la question de la place que l'argumentation doit prendre en classe.

Dévoiement de termes, dévoiement de fonctionnalités : une illustration

Du fait de l'absence de critères d'évaluation fournis par l'établissement, chaque enseignant a développé une représentation personnelle des attendus relatifs à la formulation de propositions scientifiques; la manière de s'approprier les étayages varie dès lors considérablement d'un enseignant à l'autre. Par exemple, pour trois des quatre enseignants partenaires, nous avons constaté qu'il existait une relative indistinction entre une démarche scientifique (de type chercheur) et une démarche technologique (de type ingénieur), en particulier au niveau de l'école primaire. Ces praticiens structurent tous les projets selon les étapes proposées dans les étayages « chercheur » de la fiche recherche, utilisée systématiquement. Ils n'ont en revanche jamais mobilisé les étayages « ingénieur », malgré une formation sur le sujet. Ce résultat est observé de manière systématique pour ces enseignants, même lorsque la démarche de certains groupes d'élèves s'apparente effectivement à une démarche technologique, situation observée de manière systématique dans tous les établissements. Par exemple, à Bouliers, lorsqu'il s'agit de produire une petite station météorologique, loin de la logique explicative propre à la démarche hypothético-déductive, ce sont des termes comme *Hypothèse* ou *Protocole* qui sont utilisés. Les *focus groups* ont permis de mieux comprendre ce que l'on pourrait qualifier de dévoiement des termes portés par les étayages.



Les praticiens ont minimisé à plusieurs reprises l'importance de cette distinction, malgré leur appui à cette idée au cours des réunions de conception. C'est le cas notamment d'Isaline, enseignante à l'école des Peupliers, qui considère que, pour les CM1, la mise en activité constitue le principal objectif : « la démarche d'ingénieur, c'est aussi une démarche d'investigation et voilà, quoi ». Mateo, professeur de sciences de la Vie et de la Terre au collège Jean Sébastien, tient des propos relativement similaires : « Je pense que du coup la démarche scientifique, c'est un peu la même en fait. Nous on essaie toujours d'avoir le parallèle. [...] L'ingénieur lui c'est une problématique au niveau de l'outil, mais c'est la même chose en fait en soi ». Raymond, professeur des écoles qui fait travailler ses élèves sur la conception d'un jeu vidéo, va plus loin en faisant un parallèle entre les étapes d'un travail de conception et notamment le *benchmark*⁴ et un celle d'une démarche hypothético-déductive :

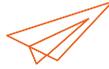
« Après c'est aussi savoir ce que c'est une expérience par exemple. Là par exemple le *benchmark* qu'on est en train de développer j'ai essayé de leur faire comprendre que c'est une expérience. Étant donné qu'on met en place un protocole, qu'on va prendre des données et qu'on va les exploiter, c'est une expérience et ça, ils ont beaucoup de mal à comprendre ».

Cette indistinction peut expliquer que ce sont systématiquement les étayages correspondant à une démarche hypothético-déductive qui sont mobilisés, y compris lorsque les projets d'élèves s'apparentaient à des démarches technologiques. Nous avons constaté que les élèves utilisaient fréquemment la terminologie présente dans les étayages – hypothèse, protocole, données, etc. – pour désigner des propositions qui n'en constituaient pas. L'utilisation du terme « protocole » pour désigner un *benchmark* en constitue une illustration frappante.

S'agissant des praticiens qui considèrent que l'enseignement de la distinction entre les démarches est hors programme, nous interprétons cette tension comme une contradiction secondaire entre le pôle Sujet de l'activité, avec en particulier les représentations que les enseignants ont de la démarche scientifique (Mansour, 2015) et le pôle Instruments, représenté par les étayages du CNEC (figure 3, flèche orange). Du fait de cette contradiction, l'intention des concepteurs du CNEC et du praticien à l'origine de cette proposition – inciter les enseignants à faire réfléchir les élèves à cette distinction – n'a pas eu l'effet recherché. En effet, il y n'a pas eu d'introduction en classe d'une réflexion d'ordre épistémologique sur ce qui constitue la nature d'une démarche scientifique.

Tant qu'elle n'est pas dépassée, cette contradiction traduite dans les modalités de médiation de l'application par l'enseignant est susceptible de pousser les élèves à prendre l'habitude de dévoyer les termes désignant les différentes étapes d'une démarche scientifique. Ces dévoiements constituent potentiellement autant d'obstacles pour des apprentissages futurs. Ce constat suggère même que l'utilisation des étayages du CNEC auprès d'un public de praticiens qui ne serait pas convaincu de l'importance que revêt l'intention didactique sous-jacente aux étayages peut même se révéler contre-productive du point de vue des apprentissages des élèves.

⁴ Le *benchmark* est ici défini par l'enseignant comme la démarche qui consiste à s'inspirer d'éléments d'autres jeux vidéo pour concevoir son propre jeu.

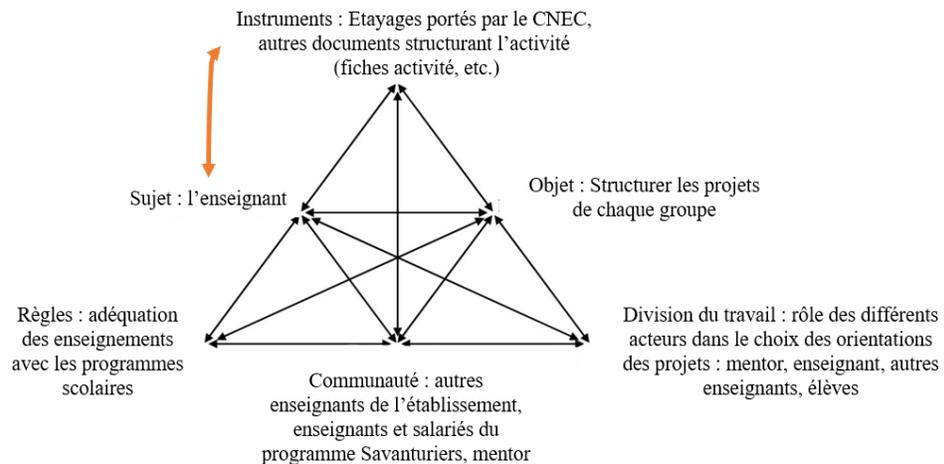


Sous-utilisation des étayages et dissensus quant aux attendus

Dans cette seconde partie des résultats, nous interprétons la sous-utilisation des aides à l'écriture conçues pour affiner la formulation des propositions scientifiques. Les enseignants évoquent à nouveau leurs représentations des attendus à un niveau donné pour légitimer leur choix de ne pas mobiliser les étayages comme cela avait été discuté au moment des formations. Dans un cas comme dans l'autre, nous interprétons les tensions observées à nouveau comme une contradiction secondaire entre le pôle Sujet d'une part et le pôle Instruments d'autre part (figure 3). Nous allons illustrer ce propos en revenant sur les modalités de déroulement des projets dans l'école primaire Bouliers et dans le collège Jean Sébastien.

Figure 3

Décomposition du système d'activité « projet Savanturiers instrumenté par le CNEC » selon le modèle développé par Engeström (1987)



Dans le cas de l'école Bouliers, la liberté d'action dont disposaient les élèves dans la formulation de leurs questions les a conduits à suivre des projets de natures variées, de l'analyse de la composition de l'atmosphère à l'impact de la température sur la vie animale en passant par la dispersion des polluants par les vents. Pour respecter cette liberté d'action, qui s'appliquait également à la mise en place du protocole, les enseignants ont consacré l'essentiel de leur temps à s'assurer que les élèves concevaient une production écrite ou mettaient en place les expériences qu'ils avaient conçues avec leur aide – recherche du matériel, suivi de la mise en place de l'expérience sur plusieurs séances. Pour l'enseignante, l'objectif n'était pas que les élèves travaillent leur capacité à formuler rigoureusement des énoncés scientifiques, mais que les élèves aillent au bout d'une démarche, ce qui contribue à expliquer le fait que les étayages comme les questions d'autoévaluation n'aient pas été mobilisés.



Par exemple, la question de recherche d'un groupe d'élèves de l'école Bouliers illustre ce point : « Qu'est-ce que l'atmosphère? »; elle correspond au titre d'une leçon de choses plus qu'au point de départ d'une démarche qui conduirait les élèves à développer leurs propres hypothèses et à les mettre à l'épreuve. Les élèves utilisent les recherches qu'ils effectuent sur Internet pour collecter ces informations et les synthétiser. Dès lors, l'utilisation d'étayages visant à structurer une argumentation sur la base des étapes d'une démarche d'investigation (Pedaste *et al.*, 2015) n'a que peu de sens pour l'enseignante. Ainsi, Anne-Charlotte déclare que la question de l'argumentation scientifique est secondaire par rapport à la mise en activité des élèves :

« RRD, Résolution à l'école, Raisonnement au collège et Démonstration au lycée. Finalement l'école, c'est ça, c'est la résolution de problèmes. [...] C'est une question d'engagement dans la tâche ».

En creux, l'enseignante suggère que les différents étayages visant à formuler de manière rigoureuse différentes productions scientifiques correspondent à un objectif trop ambitieux pour l'école primaire. Si le résultat est analogue au niveau du collège, l'explication diffère sensiblement, dans la mesure où l'apprentissage de l'argumentation est considéré comme plus important qu'il ne l'est par les professeurs des écoles, en particulier dans les cours de sciences expérimentales. En revanche, les enseignants partenaires estiment que l'utilisation des questions d'autoévaluation pour juger le fond des propositions scientifiques par les élèves serait trop chronophage pour être faisable. Ainsi, Matéo déclare :

« Au collège, honnêtement, les questions qu'il va y avoir pour s'autoévaluer, ça va surtout servir pour est-ce que j'ai bien rédigé. Les élèves peuvent pas forcément chercher le fond de ce qu'ils ont écrit, parce que le fond en fait, il est déjà apporté soit par le problème, soit par l'enseignant, parce que sinon en fait on a une perte de temps qui est phénoménale. [...] Il faudrait avoir trois ou quatre fois plus de temps qu'une heure et demie par semaine quoi. Ou plusieurs années, c'est-à-dire que les élèves aient le temps de développer ce projet sur plusieurs années ».

La médiation nécessaire pour que les étayages puissent être utiles à l'apprentissage de l'argumentation scientifique et de la formulation des propositions est jugée trop chronophage et loin de ce qu'ils estiment être les attendus de l'établissement. Si le fait d'argumenter ses propositions est inscrit dans les programmes, ils estiment que le niveau d'exigence porté par le CNEC est trop important au vu du temps dont ils disposent. L'intention didactique portée par l'application – accroître le niveau d'exigence quant à la formulation des propositions scientifiques – se heurte à la représentation que les enseignants se font des apprentissages à exiger, ce qui conduit à une sous-utilisation des fonctionnalités développées. Dans la continuité des travaux de Perrin-Glorian (2011), ces résultats confirment qu'en l'absence de mécanismes incitatifs, les praticiens semblent peu enclins à modifier leurs pratiques même avec des formations et la mise à disposition d'outils spécialisés. Cette considération soulève des doutes quant à la possibilité de former à grande échelle des enseignants par la seule mise à disposition d'étayages et de formations attenantes.

Discussion

Les étayages proposés dans le CNEC visaient notamment à permettre aux élèves de suivre la démarche de leur choix, tantôt une démarche scientifique, avec en particulier la démarche hypothético-déductive, tantôt une démarche technologique, et d'offrir éventuellement aux praticiens l'opportunité d'expliquer la distinction entre les deux approches. Or les enseignants, s'ils ont suivi la structure en cinq étapes relevant d'une démarche hypothético-déductive (Pedaste *et al.*, 2015), ont à plusieurs reprises préféré dévoyer sensiblement le sens de termes comme « hypothèse » ou « protocole ». Par ailleurs, l'invitation



à l'argumentation scientifique que portaient ces étayages – appuyer ses propositions sur une source, ou à la réflexivité, conformité des questions, hypothèses et protocoles avec un certain nombre de critères de qualité portés par l'application – n'ont trouvé que peu d'échos dans les pratiques enseignantes. Nous avons interprété ces résultats comme découlant de contradictions secondaires entre le pôle Instruments et le pôle Sujet.

Les tensions que soulève l'utilisation des étayages semblent magnifiées par le caractère ouvert des démarches des élèves. Nous utilisons ici le terme « ouvert » pour traduire le vocable *Open Inquiry* (Tafoya, Sunal et Knecht, 1980; Zion et Mendelovici, 2012) et utiliserons dès lors le syntagme « investigation ouverte », type de démarche d'investigation où l'élève dispose d'une grande liberté d'action à toutes les étapes de la démarche, de la formulation de la question à la construction des protocoles.

Cette configuration diffère sensiblement des contextes comme celui où a été utilisé le LabNBook (Bonnat, 2017), avant tout dans une logique de conception expérimentale, les élèves ayant pour tâche uniquement de choisir des réactifs et leurs quantités et non de fixer l'objectif de l'expérience et d'identifier l'hypothèse que celle-ci permettrait de corroborer ou d'infirmer. L'instrumentation par des étayages, alors même qu'elle a été couplée par des formations, ne semble pas avoir permis le dépassement des contradictions qu'induit l'introduction d'une logique d'investigation ouverte. Avec les moyens à la disposition, les chercheurs, les mentors et les ressources du programme Savanturiers dans leur ensemble, les enseignants qui le souhaitent ont à leur disposition de multiples ressources pour se former.

Néanmoins, les contraintes qui pèsent sur leur activité, qu'elles soient dictées par l'Éducation nationale ou qu'elles soient induites par leur adhésion aux valeurs des Savanturiers comme la liberté d'action, conduisent à des contradictions secondaires difficilement dépassables par les enseignants. De ce point de vue, seule une évolution des règles, avec en particulier une accentuation de l'importance de l'enseignement des aspects méthodologiques des démarches d'investigation, serait susceptible de faire évoluer la situation. Dès lors, ce travail d'observation, bien qu'il soit limité à un nombre réduit d'enseignants, suggère que les étayages portés par le CNEC portent des objectifs jugés trop ambitieux par les enseignants. Dès lors, si l'EIAH était amené à être utilisé à plus large échelle, les étayages ne seraient probablement pas utilisés dans l'esprit selon lequel ils ont été conçus et échoueraient à jouer un rôle de formation qu'on pourrait éventuellement leur attribuer.

Conclusion

Limites de la recherche liées à l'agentivité des enseignants

L'une des principales limites de cette recherche réside dans notre parti méthodologique, à savoir accorder une grande agentivité aux praticiens quant aux modalités de médiation des étayages. Si cette approche permet de mieux appréhender ce qui se passerait spontanément dans les classes en l'absence de contrainte, elle nous contraint à renoncer à identifier comment les étayages conçus pourraient faciliter les apprentissages visés. À ce stade, cette recherche ne nous permet que d'identifier certaines des contradictions qui gêneront l'adoption de l'outil, mais n'apporte que peu d'éléments quant aux bénéfices potentiels ou effectifs du CNEC et des étayages en termes d'apprentissages des élèves.



Perspectives

La réticence des enseignants à utiliser certaines des fonctionnalités du CNEC d'une part et l'éventuel dévoiement de ces fonctionnalités d'autre part soulignent l'importance qu'il y a à inciter les enseignants à mobiliser dans leur pratique les outils dont le développement est financé par des fonds publics. L'utilisabilité et l'utilité perçue (Tricot *et al.*, 2003) représentent un prérequis pour que l'incitation en question ne s'apparente pas à une contrainte à utiliser des outils inadaptés ou peu ergonomiques. Néanmoins, le fait que ces conditions d'utilité et d'utilisabilité soient remplies de manière satisfaisante ne saurait constituer une condition suffisante de l'appropriation de tels outils numériques. Et si la mise à disposition gratuite de l'application pour les praticiens peut certainement faciliter son adoption, se pose la question des récompenses aux enseignants introduisant le numérique dans leurs pratiques.

Si la réflexion des pouvoirs publics se cantonne au simple financement des solutions logicielles, le risque est grand de voir les fonds publics dépensés inutilement faute d'appropriation des outils à la fin des projets. Pour mettre en place un système de récompenses fondé sur les usages, il est nécessaire de les caractériser de manière précise, sans avoir à se reposer sur des données d'utilisation autodéclarées. Pour les enseignants et établissements ouverts à ce type de démarche, une piste envisageable consiste à mobiliser les traces d'interaction, ou *learning analytics* dans la littérature anglo-saxonne. Cela permettrait de caractériser à grande échelle le devenir de l'application, sur le modèle de ce que Faber, Luyten et Visscher (2017) ont fait pour le projet ELAN. Il faudrait alors prendre garde que l'établissement d'une correspondance entre récompenses et analyses d'utilisation fondées sur des données ne soit pas elle-même à l'origine de nouvelles contradictions qu'il sera alors nécessaire de dépasser.

Liste de références

- Abd-El-Khalick, F., BouJaoude, S., Duschl, R., Lederman, N. G., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A. et Tuan, H. (2004). Inquiry in science education : International perspectives. *Science Education*, 88(3), 397-419. <https://doi.org/10.1002/sce.10118>
- Alake-Tuenter, E., Biemans, H. J. A., Tobi, H., Wals, A. E. J., Oosterheert, I. et Mulder, M. (2012). Inquiry-Based Science Education Competencies of Primary School Teachers: A literature study and critical review of the American National Science Education Standards. *International Journal of Science Education*, 34(17), 2609-2640. <https://doi.org/10.1080/09500693.2012.669076>
- Banchi, H. et Bell, R. (2008). The Many Levels of Inquiry. *Science and Children*, 46(2), 26-29.
- Bulletin officiel de l'Éducation nationale (2016). Évaluation des acquis scolaires des élèves et livret scolaire, à l'école et au collège. *Bulletin officiel* n° 3.
- Bonnat, C., Marzin-J. P et d'Ham, C. (2019). Modélisation didactique pour la conception d'étayages dans un EIAH : Exemple d'une activité de conception expérimentale en biologie. *STICEF*, 25. <https://doi.org/10.23709/sticef.25.2.4>
- Bonnat, C. (2017). *Étayage de l'activité de conception expérimentale par un EIAH pour apprendre la notion de métabolisme cellulaire en terminale scientifique*. Manuscrit de thèse non publié. Université Grenoble Alpes, France.
- Bourguin, G. (2000). *Un support informatique à l'activité coopérative fondé sur la Théorie de l'Activité : le projet DARE*. Manuscrit de thèse non publié. Université Lille 1, France.
- Bourguin, G., Derycke, A. et Tarby, J. C. (2005). Systèmes Interactifs en Co-évolution Réflexions sur les apports de la Théorie de l'Activité au support des Pratiques Collectives Distribuées. *Revue d'Interaction Homme Machine*, 6(1).
- Carosin, E. et Demeuse, M. (2018). *Les Savanturiers - Rapport d'évaluation final* (p. 110). <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01962598/document>
- Cisel, M. et Baron, G. L. (2019). Utilisation de tableaux de bord numériques pour l'évaluation des compétences scolaires : une étude de cas. *Questions Vives*, 31. <https://doi.org/10.4000/questionsvives.3883>



- Cisel, M., Barbier, C. et Baron, G.-L. (2019). *Rapport scientifique de synthèse de la recherche Cahier numérique de l'élève chercheur* (CNEC). [Rapport de recherche]. Université Paris Descartes (Paris 5). <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02278348>
- Cisel, M. (2020). Évaluer l'utilité d'un EIAH : difficultés rencontrées lors d'une expérience randomisée. *STICEF*, 27(1). <https://doi.org/10.23709/sticef.27.1.1>
- Coquidé, M., Fortin, C. et Rumelhard, G. (2009). L'investigation : fondements et démarches, intérêts et limites. *ASTER*, 49, 51-78. <https://doi.org/10.4267/2042/31129>
- de Jong, T. (2006). Technological Advances in Inquiry Learning. *Science*, 312(5773), 532-533. <https://doi.org/10.1126/science.1127750>
- de Jong, T., Sotiriou, S. et Gillet, D. (2014). Innovations in STEM Éducation: the Go-Lab federation of online labs. *Smart Learning Environments*, 1(1), 3. <https://doi.org/10.1186/s40561-014-0003-6>
- Dir, M. et Simonian, S. (2015). Analyse de l'activité tutorale dans un organisme privé de formation à distance selon le modèle d'Engeström : tensions et écarts au prescrit. *Distances et médiations des savoirs*, 11. <https://doi.org/10.4000/dms.1109>
- Edelson, D. C., Gordin, D. N. et Pea, R. D. (1999). Addressing the Challenges of Inquiry-Based Learning Through Technology and Curriculum Design. *Journal of the Learning Sciences*, 8(3-4), 391-450. <https://doi.org/10.1080/10508406.1999.9672075>
- Engeström, Y. (1987). *Learning by expanding*. Prienta-Konsultit Oy.
- Faber, J. M., Luyten, H. et Visscher, A. J. (2017). The effects of a digital formative assessment tool on mathematics achievement and student motivation: Results of a randomized experiment. *Computers & Éducation*, 106, 83-96. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.12.001>
- Girault, I. et d'Ham, C. (2014). Scaffolding a Complex Task of Experimental Design in Chemistry with a Computer Environment. *Journal of Science Education and Technology*, 23(4), 514-526. <https://doi.org/10.1007/s10956-013-9481-5>
- Goigoux, R. (2017). Associer chercheurs et praticiens à la conception d'outils didactiques ou de dispositifs innovants pour améliorer l'enseignement. *Éducation et didactique*, 11(3), 135-42. <https://doi.org/10.4000/educationdidactique.2872>
- Herranen, J. et Aksela, M. (2019). Student-question-based inquiry in science education. *Studies in Science Education*, 55(1), 1-36. <https://doi.org/10.1080/03057267.2019.1658059>
- Hmelo-Silver, C., Duncan, R. G. et Chinn, C. A. (2007). Scaffolding and Achievement in Problem-Based and Inquiry Learning: A Response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006). *Éducational Psychologist*, 42(2), 99-107. <https://doi.org/10.1080/00461520701263368>
- Hsu, Y.-S., Lai, T.-L. et Hsu, W.-H. (2015). A Design Model of Distributed Scaffolding for Inquiry-Based Learning. *Research in Science Education*, 45(2), 241-273. <https://doi.org/10.1007/s11165-014-9421-2>
- Impedovo, M. A. et Andreucci, C. (2016). Co-élaboration de connaissances nouvelles : du modèle théorique à ses outils technologiques. *STICEF*, 23. <https://doi.org/10.23709/sticef.23.2.3>
- Krueger, R. A. (2014). *Focus groups: A practical guide for applied research*. Sage publications.
- Loup-Escande, É., Burkhardt, J.-M. et Richir, S. (2013). Anticiper et évaluer l'utilité dans la conception ergonomique des technologies émergentes : une revue, Anticipating and evaluating the usefulness of emerging technologies in ergonomic design: a review of usefulness in design. *Le travail humain*, 76(1), 27-55.
- Manlove, S., Lazonder, A.W. et de Jong, T. (2007). Software Scaffolds to Promote Regulation during Scientific Inquiry Learning. *Metacognition and Learning* 2(2-3): 141-55. <https://doi.org/10.1007/s11409-007-9012-y>
- Mansour, N. (2015). Science Teachers' Views and Stereotypes of Religion, Scientists and Scientific Research: A call for scientist-science teacher partnerships to promote inquiry-based learning. *International Journal of Science Education*, 37(11), 1767-1794. <https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1049575>
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., de Jong, T., van Riesen, S. A. N., Kamp, E. T. et Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Éducational Research Review*, 14, 47-61. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003>
- Perrin-Glorian, M. J. (2019, juin). A l'interface entre recherche et enseignement, les ingénieries didactiques. Dans *Actes du congrès : La TACD en questions, questions à la didactique*. 57-78.



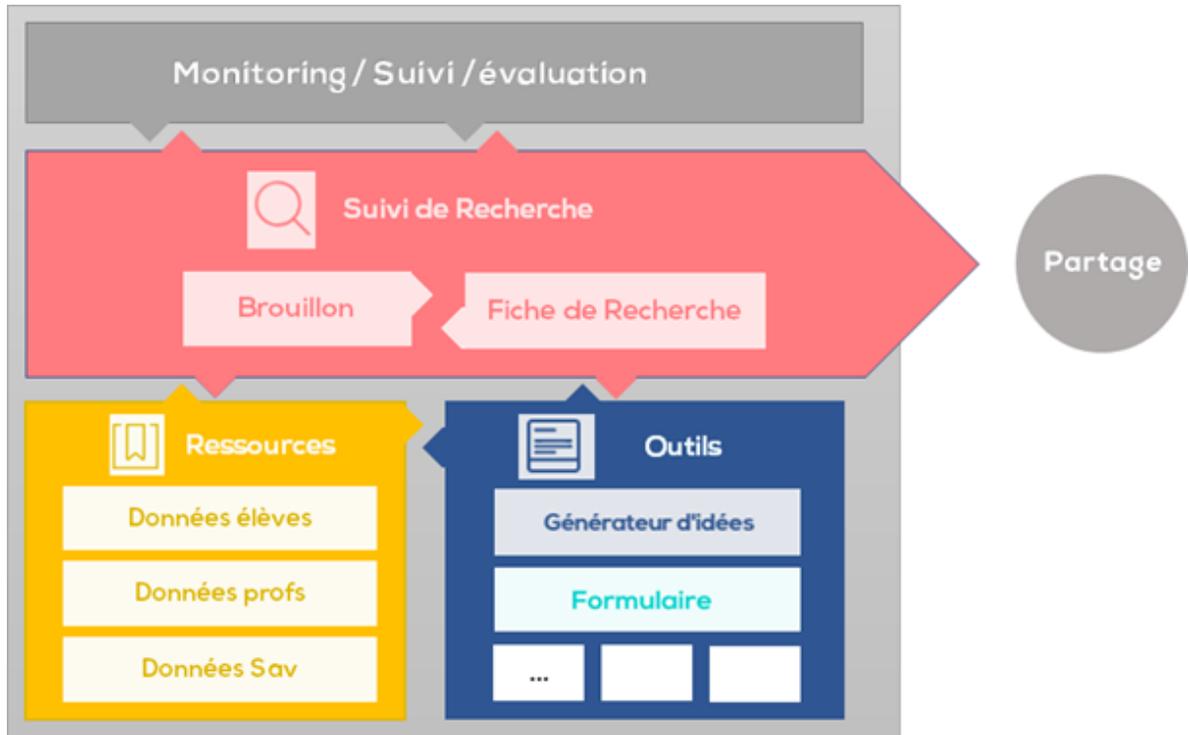
- Pogent, F., Albero, B. et Guérin, J. (2019). Transformations professionnelles et personnelles en situation de formation hybride. Le cas d'une professeure des écoles aux prises avec la plateforme M@gistère. *Distances et médiations des savoirs. Distance and Mediation of Knowledge*, (26). <https://doi.org/10.4000/dms.3604>
- Pea, R. D. (2004). The Social and Technological Dimensions of Scaffolding and Related Theoretical Concepts for Learning, Éducation, and Human Activity. *Journal of the Learning Sciences*, 13(3), 423-451. https://doi.org/10.1207/s15327809jls1303_6
- Prieur, M., Monod-Ansaldi, R. et Fontanieu, V. (2013). Réception des démarches d'investigation prescrites par les enseignants de sciences et de technologie. *RDST. Recherches en didactique des sciences et des technologies*, (7). <https://doi.org/10.4000/rdst.685>
- Quintana, C., Reiser, B., J., Davis, E., A., Krajcik, J., Fretz, E. et Duncan, R., G. (2004). A scaffolding design framework for software to support science inquiry. *Journal of the Learning Sciences*, 13(3), 337-386. https://doi.org/10.1207/s15327809jls1303_4
- Robertson, S. (2001). Requirements trawling: techniques for discovering requirements. *International Journal of Human-Computer Studies*, 55(4), 405-421. <https://doi.org/10.1006/ijhc.2001.0481>
- Royer, A. (2017). Les Savanturiers : le chemin de l'investigation scientifique. *Les Cahiers Pédagogiques*.
- Saavedra, R. (2015). *Étayer le travail des élèves avec la plateforme LabBook pour donner davantage de sens aux activités expérimentales réalisées par des élèves de première S*. Manuscrit de thèse non publié, Université Grenoble-Alpes, France.
- Scardamalia, M. et Bereiter, C. (2006). Knowledge Building: Theory, Pedagogy, and Technology. Dans K. Sawyer (Ed.), *Cambridge Handbook of the Learning Sciences* (p. 97-118). Cambridge University Press.
- Sharma, P. et Hannafin, M. J. (2007). Scaffolding in technology-enhanced learning environments. *Interactive Learning Environments*, 15(1), 27-46. <https://doi.org/10.1080/10494820600996972>
- Slotta, J. D. et Linn, M. C. (2009). *WISE Science: Web-Based Inquiry in the Classroom*. Teachers College Press.
- Tabak, I. et Reiser, B. J. (1997, juin). Complementary Roles of Software-based Scaffolding and Teacher-student Interactions in Inquiry Learning. Dans *Proceedings of the 2nd International Conference on Computer Support for Collaborative Learning*, 292-301.
- Tafoya, E., Sunal, D. W. et Knecht, P. (1980). Assessing Inquiry Potential: A Tool For Curriculum Decision Makers. *School Science and Mathematics*, 80(1), 43-48. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.1980.tb09559.x>
- Tricot, A., Plégat-Soutjts, F., Camps, J.-F., Amiel, A., Lutz, G. et Morcillo, A. (2003, avril). Utilité, utilisabilité, acceptabilité : interpréter les relations entre trois dimensions de l'évaluation des EIAH. Dans Desmoulins, C., Marquet, P., Bouhineau, D. (Eds), *Actes de la conférence the Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH 2003)* (p. 391-402). Strasbourg, France
- van de Pol, J., Volman, M. et Beishuizen, J. (2010). Scaffolding in Teacher-Student Interaction: A Decade of Research. *Éducational Psychology Review*, 22(3), 271-296. <https://doi.org/10.1007/s10648-010-9127-6>
- van der Valk, T. et de Jong, O. (2009). Scaffolding Science Teachers in Open-inquiry Teaching. *International Journal of Science Education*, 31(6), 829-850. <https://doi.org/10.1080/09500690802287155>
- van Joolingen, W. R. et De Jong, T. (1991). Supporting hypothesis generation by learners exploring an interactive computer simulation. *Instructional Science*, 20(5-6), 389-404. <https://doi.org/10.1007/BF00116355>
- van Joolingen, W. et de Jong, T. (1993). Exploring a domain with a computer simulation: Traversing variable and relation space with the help of a hypothesis scratchpad. Dans *Simulation-based experiential learning* (p. 191-206). Springer.
- Vygotsky, L. S. (2013). *Pensée et langage*. 4^e édition. La Dispute.
- Wood, D., Bruner, J. S. et Ross, G. (1976). The role of tutoring in problem solving. *Journal of child psychology and psychiatry*, 17(2), 89-100. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.1976.tb00381.x>
- Zhang, M. et Quintana, C. (2012). Scaffolding strategies for supporting middle school students' online inquiry processes. *Computers & Education*, 58(1), 181-196. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.07.016>
- Zion, M. et Mendelovici, R. (2012). Moving from Structured to Open Inquiry: Challenges and Limits. *Science Education International*, 23(4), 383-399.



Annexes

Annexe 1

Les étayages tels qu'ils apparaissent au sein du CNEC pour l'aide à la formulation





Annexe 2

Détail des étayages utilisés dans le module fiche recherche, par section

	Ouvreurs de phrase	Questions d'autoévaluation
Question	<p>Pourquoi? Comment?</p> <p>Quel(le)? Nous cherchons à savoir pourquoi. Nous cherchons à savoir comment. Nous trouvons ça bizarre que (cycle 3). Nous ne comprenons pas comment.</p>	<p>Est-ce qu'on peut répondre à ta question par un projet de recherche?</p> <p>Est-ce que c'est une question dont tu connais déjà la réponse?</p> <p>Est-ce que ta question contient du vocabulaire scientifique?</p> <p>Est-ce qu'on peut répondre à cette question par une recherche de quelques instants?</p>
Hypothèse	<p>Mon hypothèse, c'est que</p> <p>Peut-être que. Si notre hypothèse est juste, alors</p>	<p>Est-ce que ton hypothèse contient du vocabulaire scientifique?</p> <p>Est-ce que ton hypothèse est tautologique (trop évidente)?</p> <p>Peut-on explorer ton hypothèse en classe?</p> <p>As-tu appuyé ton hypothèse sur des documents?</p>
Protocole	<p>Nous cherchons à tester si</p> <p>Nous cherchons à comprendre comment</p> <p>J'ai besoin du matériel suivant</p> <p>La première étape consiste à</p> <p>Pour l'étape suivante, il faut</p> <p>La dernière étape consiste à</p>	<p>As-tu décrit les objectifs de ton protocole?</p> <p>As-tu décrit les résultats attendus?</p>
Données	<p>On observe que</p>	<p>As-tu illustré tes résultats? Si oui, mets un lien vers tes schémas, photos,</p>



	Ouvreurs de phrase	Questions d'autoévaluation
		<p>graphiques, tableaux, captures d'écran.</p> <p>Si tu as des valeurs chiffrées, les as-tu notées dans tes résultats?</p> <p>Si tu n'as pas suivi ton protocole à la lettre, l'as-tu précisé?</p>
Conclusion	<p>L'expérience va dans le sens de l'hypothèse, car</p> <p>Les résultats ne correspondent pas à ce que l'on attendait, car</p> <p>On aurait peut-être pu tester une autre hypothèse.</p> <p>Nos résultats n'expliquent pas pourquoi</p> <p>Pour aller plus loin, il faudrait</p>	<p>Maintenant que tu as interprété tes résultats, as-tu d'autres questions à explorer?</p> <p>Après avoir testé ton hypothèse, as-tu pensé à d'autres hypothèses?</p> <p>As-tu proposé une piste d'amélioration de ton protocole?</p>