



HAL
open science

Modéliser les enseignements scientifiques fondés sur les démarches d'investigation : développement des compétences professionnelles, apport du travail collectif

Michel Grangeat

► To cite this version:

Michel Grangeat. Modéliser les enseignements scientifiques fondés sur les démarches d'investigation : développement des compétences professionnelles, apport du travail collectif. Les enseignants de sciences face aux démarches d'investigation, Presses Universitaires de Grenoble, pp.155-184, 2013, 978-2-7061-1794-7. halshs-01412270

HAL Id: halshs-01412270

<https://shs.hal.science/halshs-01412270>

Submitted on 8 Dec 2016

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.

Modéliser les enseignements scientifiques fondés sur les démarches d'investigation : développement des compétences professionnelles, apport du travail collectif

Michel Grangeat

Univ. Grenoble Alpes
Laboratoire des sciences de l'éducation

Ce chapitre concerne la question des recherches sur le développement des compétences professionnelles à propos des enseignements scientifiques fondés sur les démarches d'investigation (ESFI). Dans un premier temps, nous préciserons ce que nous entendons par ESFI et nous verrons que ces activités sont complexes pour les enseignants. Puis, à partir des cadres théoriques référés à la psychologie ergonomique, nous identifierons des repères permettant de comprendre le développement des compétences professionnelles dans les activités complexes. Ensuite, à partir des travaux et réflexions menés dans le cadre du projet européen S-TEAM, nous élaborerons un modèle apte à identifier l'activité d'enseignants de sciences au cours d'une séance fondée sur les démarches d'investigation. Nous terminerons en confrontant ce modèle au cas de vingt enseignants, certains inscrits dans un travail collectif, d'autres non. La question qui sous-tend ce chapitre est d'ordre méthodologique car il s'agit de permettre aux enseignants, aux formateurs et aux chercheurs de situer les activités d'enseignement et les apports du travail collectif en référence à une modélisation prenant en compte la complexité des ESFI.

*Grangeat, M. (2013). Modéliser les enseignements scientifiques fondés sur les démarches d'investigation : développement des compétences professionnelles, apport du travail collectif. In M. Grangeat (Ed.), *Les enseignants de sciences face aux démarches d'investigation* (p. 199-234). Grenoble : Presses Universitaires.

1. La complexité des enseignements fondés sur les démarches d'investigation

L'enseignement des sciences fondé sur les démarches d'investigation (ESFI) se développe dans de nombreux pays, notamment en Europe (Rocard *et al.*, 2007). Ce type d'enseignement combine quatre caractéristiques principales :

- une activité de résolution de problèmes ouverts ;
- une part significative d'expérimentation et de recherche d'information ;
- une possibilité d'autorégulation des apprentissages, laissant plus d'autonomie aux élèves ;
- un appui sur les débats scientifiques entre pairs.

“The S-TEAM proposal described inquiry-based science teaching (IBST) as being characterised by activities that engage students in:

- authentic and problem based learning activities where there may not be a correct answer
- a certain amount of experimental procedures, experiments and ‘hands on’ activities, including searching for information
- self-regulated learning sequences where student autonomy is emphasised
- discursive argumentation and communication with peers (‘talking science’).”

(Doris Jorde & Olsen Moberg, 2010, p. 3)

Ces caractéristiques se retrouvent clairement dans les programmes français du secondaire, au collège comme au lycée. Voici ce qui est prescrit pour l'enseignement des sciences physiques et chimiques au lycée :

« Initier l'élève à la démarche scientifique, c'est lui permettre d'acquérir des compétences qui le rendent capable de mettre en œuvre un raisonnement pour identifier un problème, formuler des hypothèses, les confronter aux constats expérimentaux et exercer son esprit critique.

Il doit pour cela pouvoir mobiliser ses connaissances, rechercher, extraire et organiser l'information utile, afin de poser les hypothèses pertinentes. Il lui faut également raisonner, argumenter, démontrer et travailler en équipe. En devant présenter la démarche suivie et les résultats obtenus, l'élève est amené à une activité de communication écrite et orale susceptible de le faire progresser dans la maîtrise des compétences langagières. »

Bulletin officiel spécial n° 4 du 29 avril 2010, p. 1

Du fait de cette combinaison de caractéristiques, l'ESFI ne consiste pas en une procédure linéaire que les enseignants pourraient appliquer de manière normée, en suivant une démarche toujours identique. En conséquence, une marge d'initiative assez large est laissée à chaque enseignant. C'est ce que précisent les programmes français pour le collège et le lycée :

« [Dans le canevas de la démarche d'investigation] sept moments essentiels ont été identifiés. L'ordre dans lequel ils se succèdent ne constitue pas une trame à adopter de manière linéaire. En fonction des sujets, un aller et retour entre ces moments est tout à fait souhaitable, et le temps consacré à chacun doit être adapté au projet pédagogique de l'enseignant. »

Bulletin officiel spécial n° 6 du 28 août 2008, p. 4

« Ce canevas est la conceptualisation d'une démarche type. Le plus souvent, pour des raisons variées, il convient d'en choisir quelques aspects pour la conception des séances. C'est là aussi un espace de liberté pédagogique pour le professeur qui vérifiera toutefois qu'à l'issue de l'année, les différentes étapes auront bien été envisagées. »

Bulletin officiel spécial n° 4 du 29 avril 2010, p. 3

En conséquence, ces ESFI sont définis à partir d'une combinaison de caractéristiques qui représentent des lignes directrices et laissent une place importante à l'autonomie des acteurs, les professeurs comme les élèves (Larcher & Peterfalvi, 2006). Cette définition n'est pas pour autant compliquée car l'on conçoit assez bien comment pourraient jouer ces différentes caractéristiques, afin de permettre aux élèves de s'engager dans des apprentissages scientifiques. Ces stratégies d'enseignement sont cependant complexes dans la mesure où elles mettent en jeu plusieurs variables qui interagissent entre elles, parfois de manière indépendante des acteurs principaux (par exemple, la remarque souvent entendue de la part des enseignants : « Cet élève-là, d'habitude il ne fait rien, mais alors dans les démarches d'investigation, il participe et souvent trouve la bonne réponse avant les autres »). Cette complexité est toujours difficile à aborder et, de ce fait, conduit soit à des enthousiasmes personnels qui souvent cachent le découragement de la masse des enseignants ordinaires, soit à des impuissances devant l'ampleur des changements à accomplir. Ce phénomène se retrouve au niveau européen.

Suite à la série de séminaires organisée en 2009 dans les quinze pays participant au projet S-TEAM, il n'apparaît aucune définition claire des ESFI. Cette lacune est préjudiciable pour les enseignants car les ESFI leur demandent une plus grande confiance dans leurs propres compétences à mener des activités ouvertes dans lesquelles la responsabilisation des élèves est privilégiée et à conduire des débats qui ne sont pas toujours strictement liés aux programmes. Il apparaît aussi que cette lacune est préjudiciable aux dispositifs de formation des enseignants.

“The seminars showed that no common definition currently exists at a European level. In many of the participating countries appropriate translations of the term in the national language were not found. [Nevertheless] the existence of working definitions of inquiry or IBST is not in itself sufficient to begin the process of change in science education. [Teachers need to be confident in their own capacity] to be open to changes in the

direction of activities, or to be able to discuss topics which may be outside the lesson plan or the curriculum itself. This confidence might be acquired through experience, but it would be much more effective to develop it through professional development activities. [Unfortunately, the seminars] have confirmed, that there is a lack of professional development activities aimed specifically at improving the teaching of IBST.”

(Jorde & Olsen Moberg, 2010, p. 3)

Ce chapitre concerne donc la question des critères permettant d'identifier les ESFI. Il ne s'agit pas de figer une définition qui aboutirait à une procédure normée que les enseignants devraient appliquer car cela serait contraire aux fondements des ESFI. Il s'agit de proposer une modélisation de ces stratégies d'enseignement en tenant compte de leur inhérente complexité. Ces modélisations devraient permettre aux enseignants et aux formateurs de situer leur activité dans un éventail de possibles et ceci de manière réfléchie, raisonnée, justifiée. Il s'agit bien de rendre confiance à ces acteurs en leur fournissant des outils qui sont issus des recherches en éducation, qui leur permettent de conduire leur activité et de l'améliorer en prenant en considération la complexité des stratégies d'enseignement reconnues comme efficaces. Ce chapitre concerne donc également le développement des compétences professionnelles.

2. Le développement des compétences professionnelles vu comme un continuum

Des recherches en psychologie ergonomique ou en didactique professionnelle, il ressort que les compétences professionnelles ne s'acquièrent pas par paquets, comme si l'on mémorisait un ensemble d'informations ; elles n'émergent pas non plus de manière définitive, comme si l'on obtenait un niveau de qualification pour telle activité. Les recherches sur le développement professionnel montrent plutôt que celui-ci consiste en des réorganisations successives des conceptualisations, des manières de penser sa propre activité en rapport avec la situation dans laquelle elle est insérée (Grangeat & Gray, 2007 ; Grangeat, Rogalski, Lima, & Gray, 2009).

2.1. Quatre modes de développement des compétences professionnelles

Ces réorganisations successives provoquent des sauts conceptuels, des retours en arrière et des stagnations par paliers. Il ne s'agit donc pas d'un développement linéaire et régulier (Pastré, Mayen, & Vergnaud, 2006). Quatre paliers de développement sont souvent proposés : novice, débutant avancé, praticien compétent et expert (Dreyfus & Dreyfus, 1986 ; Korthagen & Vasalos, 2005).

2.1.1. Le novice : identifier des indices pour agir

Le novice s'efforce d'identifier des indices, des évidences dans la situation qui est la sienne, afin de se repérer, de poser un diagnostic et de décider d'une action qui a du sens pour lui. Sur ce palier de développement, toute la difficulté consiste à repérer l'information pertinente qui va initier l'action adéquate. Le rôle d'autrui est essentiel dans cet effort d'élaboration mais les professionnels débutants sont souvent centrés sur leur propre activité.

2.1.2. Le débutant avancé : donner du sens aux situations

Le développement professionnel se poursuit par l'élaboration d'unités de signification qui agrègent les éléments divers, construits à travers l'expérience, les interactions et la formation. Ces unités regroupent quatre éléments (Grangeat, 2010a):

- les buts que se donnent les acteurs ;
- les informations prises dans la situation afin de porter un diagnostic sur l'activité ;
- les règles d'action qui découlent de ce diagnostic ;
- les connaissances qui font référence pour justifier ces actions.

Ces unités sont proches de ce que – dans les métiers de l'industrie – Vergnaud (1996b) nomme des schèmes et de ce que Boreham, Samurçay et Fischer (2002) décrivent comme *work process knowledge*. Afin de mettre en évidence la singularité du métier d'enseignant, nous avons choisi de nommer ces unités de signification des savoirs-processus (Grangeat, 2010a ; Grangeat & Munoz, 2011). Sur ce palier, les acteurs élaborent des savoirs-processus de plus en plus étendus : une grande variété d'indices est extraite de la situation et initie de nombreuses actions possibles.

2.1.3. Le praticien compétent : catégoriser les situations semblables

Sur ce palier, les différentes situations et les savoirs-processus pertinents sont constitués en réseaux de significations. Sous l'effet des interactions au travail, de la formation et de l'expérience, c'est l'activité de catégorisation qui joue à plein : les savoirs-processus sont regroupés selon des classes de situations, organisés selon les dimensions critiques de l'activité, orientés vers des buts génériques qui sous-tendent la manière d'agir des acteurs. Ces réseaux de significations mettent ainsi en relation les savoirs-processus avec les éléments organisateurs de la situation : les

objectifs de l'activité, les artefacts et ressources disponibles, la culture de la communauté professionnelle et l'organisation du travail. Constituer de tels réseaux de significations permet de concevoir des actions plus souples, plus adaptées aux exigences des missions complexes et aux réalités du terrain. Cela permet aussi d'anticiper les actions et leurs conséquences, de savoir parfois attendre sans réagir trop promptement à chaque incident ; bref, de prendre du recul sur sa pratique, qu'elle soit individuelle ou collective. Ces organisations de savoirs-processus autour des buts génériques de l'activité, nous avons choisi de les nommer modèles opératifs, à la suite des travaux de Pastré (2005b). Ils sont également proches de ce qu'Engeström (2000) décrit comme *activity system*.

2.1.4. L'expert : anticiper les situations dans le cadre du collectif

Au niveau expert, deux types de connaissances supplémentaires sont mobilisés. D'abord, des métaconnaissances, c'est-à-dire des connaissances sur ses propres compétences dans une situation donnée. En fait, plus le sujet est compétent, plus il parvient à estimer la pertinence des stratégies et des règles d'action dont il dispose en fonction des particularités de la situation. Ensuite, des connaissances sociales, c'est-à-dire des connaissances à propos des rôles et des ressources de chaque membre de l'équipe par rapport à la mission. Selon Wageman et Percier (2004), plus le sujet est compétent, plus il est capable d'ajuster son action et la conduite de celle-ci par rapport au collectif.

La conduite de l'action est alors réfléchie : le sujet se distancie de l'action immédiate pour construire des plans d'action étendus, qui investissent tout l'espace professionnel, en jouant sur des lieux et des temporalités variés. Cette extension lui confère une marge de liberté lui permettant de jouer avec la variabilité des événements qui surgissent dans les situations quotidiennes et donc avec la diversité, l'hétérogénéité, des autres acteurs. Un tel développement professionnel se retrouve dans le cas des enseignants : l'activité des enseignants experts, telle qu'elle est observée et verbalisée lors d'entretiens, semble à la fois mieux organisée, plus adaptée aux particularités des classes et des élèves et plus ouverte aux coopérations entre professionnels (Grangeat, 2008 ; Grangeat, Rogalski, *et al.*, 2009).

Il faut noter que le propre de l'expertise n'est pas de se situer toujours au maximum

de la performance attendue. Il s'agit plutôt de faire des choix réfléchis, afin de privilégier quelques aspects importants de l'activité. Toute activité en situation complexe est toujours un « brouillon inachevé » mais il est essentiel, pour chaque acteur, de parvenir à vérifier qu'aucune dimension importante de la situation n'ait été oubliée (Amalberti, 2001).

2.2. Le rôle du collectif dans le développement des compétences professionnelles

De manière concomitante à ce développement individuel, les recherches mettent en évidence un impact des interactions professionnelles sur les conceptualisations et les pratiques individuelles. Trois études ont été conduites sur ce thème dans le cadre du projet S-TEAM. Dans le champ de la formation initiale, Leroy (2011) montre que la création d'un conflit sociocognitif entre enseignants débutants modifie leur manière de penser les ESFI, à condition que ce conflit soit régulé de manière épistémique – en référence aux connaissances professionnelles – et non de manière normative – par complaisance ou autoritarisme. Dans le champ de la formation continue, Coppé et Tiberghien (2010) montrent que les enseignants modifient à la fois leurs pratiques et leurs savoirs professionnels, suite à la participation à un groupe qui est constitué de chercheurs et de praticiens et qui est fondé sur des apports de savoirs, des conceptions communes de séances et des échanges pour les améliorer. Enfin, Guedet, Trouche et Aldon (2011) mettent en évidence des modifications comparables lorsque les interactions se déroulent à travers des plateformes distantes.

De fait, les aspects collectifs du travail jouent un rôle de plus en plus prégnant dans l'activité individuelle (Grangeat, 2010b). Les questions vives que se posent les chercheurs aujourd'hui concernent alors l'établissement de cadres théoriques et méthodologiques permettant de comprendre la manière dont les individus connectent leurs activités au sein des collectifs et des réseaux. Une modélisation dans laquelle la signification attribuée à l'objet du travail évolue est proposée par Engeström (2001). Cette transformation débute par un point de vue plutôt individuel (e.g., telle enseignante est préoccupée par l'une de ses élèves, Laura) et avance vers une catégorisation (e.g., l'enseignante partage ses préoccupations avec ses collègues en faisant référence aux spécificités communes de Laura et d'autres élèves). Selon l'expérience des acteurs, les ressources qui leur sont disponibles, la nature de la

communauté et de l'organisation du travail, cette nouvelle signification peut être partagée (e.g., dans l'établissement, les enseignants ont des objectifs communs vis-à-vis des élèves comme Laura). Cette représentation opérative partagée par le collectif – nommée ainsi pour mettre l'accent sur le caractère pragmatique de cette unité de signification propre à la communauté professionnelle – agirait alors comme une référence commune qui contribue, avec d'autres éléments, à orienter l'activité individuelle.

Les compétences professionnelles semblent ainsi s'élaborer selon deux voies irrémédiablement intriquées : l'individuel et le collectif (Boreham, 2004). Cependant, cet impact du collectif doit être appréhendé avec précaution. Dans une synthèse de cette question, Rogalski (2005) montre que le collectif agit pour le meilleur comme pour le pire. Dans le premier cas, l'intégration des individus au collectif conduit à un dépassement des compétences individuelles. Dans le deuxième, des décisions et des actions absurdes, voire dangereuses, peuvent être mises en œuvre si les biais introduits par les individus et par l'organisation du travail se renforcent les uns les autres.

2.3. En bref : le développement des compétences professionnelles enseignantes

Par rapport à la problématique de ce chapitre, cette étude de la littérature apporte quelques avancées. Nous en retiendrons deux ici.

Premièrement, les pratiques enseignantes peuvent être décrites comme étant soutenues par un ensemble de savoirs professionnels – des savoirs-processus – qui peuvent être regroupés en un système donnant du sens à la situation – un modèle opératif. Ce système est organisé autour des dimensions critiques de l'activité. Ces savoirs sont issus des interactions au travail, de la formation et de l'expérience. Ils découlent donc, d'une part, des échanges informels, ceux qui résultent de la cohabitation dans un même établissement ou un même secteur scolaire et ceux qui accompagnent la conduite de projets communs. Ils découlent aussi, d'autre part, des échanges dans les dispositifs formels, qu'il s'agisse de formations initiales ou continues, y compris sous forme d'ateliers de conception de séquences ou de ressources, et de séminaires de réflexion sur les pratiques, en présentiel ou à travers des plateformes distantes. Ces échanges contribuent à l'élaboration de

représentations opératives partagées dans le collectif professionnel, représentations qui orientent les activités des personnes. L'objectif de la recherche est alors d'élaborer des modélisations aptes à identifier ces conceptualisations du métier et notamment, pour le cas présent, de dégager les dimensions critiques de la situation ESFI.

Deuxièmement, le développement des compétences professionnelles est fait de paliers, de sauts qualitatifs et de retour en arrière. Quatre paliers sont repérés, de novice à expert. Les premiers paliers sont centrés sur l'activité de la personne au travail, sur le noyau dur du métier. Les paliers ultimes sont ouverts aux interactions avec autrui et à la prise en compte de la variabilité des situations de travail. L'expertise consiste alors à jouer sur l'étendue de ces paliers en fonction des spécificités de l'activité en cours. Dans cette étude, le terme « mode » sera préféré à celui de « palier » pour tenir compte du fait que l'activité des enseignants repose sur des choix dépendants des compétences professionnelles et des situations d'enseignement. La question pour la recherche consiste alors à définir ces modes en fonction d'une analyse des prescriptions et des savoirs sur le métier – autrement dit, des programmes et de la littérature scientifique sur l'enseignement des sciences – et d'une analyse de l'activité professionnelle effective (Grangeat, 2010c).

3. Une modélisation des ESFI issue du projet S-TEAM

Cette section vise à déterminer les dimensions critiques – les axes structurants – qui permettent aux acteurs ou aux observateurs d'identifier une stratégie ESFI parmi d'autres manières d'enseigner. Cette question est apparue comme essentielle dès les premières journées d'étude S-TEAM (Grangeat & Aubert, 2010 ; Robine, 2009).

Cette définition des démarches d'investigation dans l'enseignement scientifique ne peut pas être étroite et fermée car cela reviendrait à prescrire une méthode d'enseignement. Elle visera donc plutôt à permettre aux acteurs de se situer sur quelques axes bien identifiés. Dans cette perspective, Lebeaume (2011) propose de caractériser l'objectif des démarches d'investigation dans le curriculum selon un repère en trois axes : connaissances, compétences, expériences. Ce modèle permet de caractériser l'approche de l'enseignement selon que les démarches d'investigation privilégient soit l'élaboration de connaissances nouvelles, soit la maîtrise de compétences méthodologiques, soit, le vécu d'une expérience forte

relative à la science ou à la culture scientifique. L'objectif de ce chapitre est semblable mais le niveau d'analyse est différent : c'est l'identification des stratégies d'enseignement effectives qui est recherchée.

3.1. Les six dimensions critiques des ESFI

Afin d'élaborer un modèle permettant des recherches, deux types de textes ont été analysés. Il s'agit, principalement, de l'ensemble des productions du projet européen S-TEAM qui représentent un corpus exceptionnel car il résulte d'échanges entre des chercheurs, des formateurs et des enseignants issus de quinze pays. D'une manière complémentaire, ont été pris en compte des écrits destinés aux enseignants de sciences et qui discutent les stratégies d'enseignement fondées sur l'investigation. Ces analyses conduisent à proposer un modèle en six dimensions critiques, en six axes représentant des continuums sur lesquels les acteurs de l'enseignement scientifique peuvent situer des pratiques réalisées ou observées.

Pour chaque dimension, une référence sera faite au canevas de la démarche d'investigation en sept moments décrit dans le Bulletin officiel spécial n° 6, du 28 août 2008. Sur chaque continuum, on placera quatre modes servant de repères. Les premiers modes correspondent à des stratégies centrées sur l'enseignant et les contenus. À l'inverse, les modes terminaux correspondent à des stratégies plus complexes, centrées sur les apprenants et la maîtrise de connaissances et de compétences mises en œuvre dans les ESFI.

3.1.1. L'origine du questionnement

La première dimension concerne l'origine du questionnement. Elle correspond au premier moment de la démarche d'investigation proposée par les programmes officiels français. À un premier pôle du continuum, l'enseignant propose le questionnement initial et fait en sorte qu'il devienne celui des élèves ; à l'autre extrémité, l'enseignant construit une situation qui permettra aux élèves d'élaborer des problèmes, par exemple à partir d'un thème commun ou d'une sorte d'intrigue. Cette dimension critique des ESFI se retrouve dans la littérature européenne, notamment à travers les productions de S-TEAM. Ainsi, le *delivrable* 6a précise que ce sont les enseignants qui proposent la séance fondée sur l'investigation mais que, selon les choix effectués pour introduire le questionnement, les élèves seront plus ou moins impliqués dans la recherche de réponses.

“It is the teacher who introduces an open-ended investigation. The way in which it is introduced is critical. Small, seemingly insignificant variations in formulations can have consequences for the task, and for how it is approached by the students [...] The degree of difficulty of the task can be regulated through the way it is formulated. To ask ‘Does sugar dissolve better in warm water than in cold?’ makes the task less challenging than stating: ‘Find out how the temperature affects the dissolving of sugar in water’. [...] The student’s interest in an open-ended investigation may diminish if the challenge seems insurmountable. However, as the students develop their knowledge, the investigations can also become more challenging.”

(Forsman & Kurtén-Finnäs, 2010, p. 18)

Cette idée qui consiste à placer les élèves dans une situation d’expectative ou de conflit cognitif, afin de déclencher de nouvelles acquisitions, se retrouve également dans les perspectives proposées aux enseignants de sciences britanniques. Le rôle de l’enseignant consiste à lier les notions abordées par les programmes avec les connaissances préalables des élèves, par l’intermédiaire de situations d’enseignement adaptées.

“Children work things out for themselves from an early age and often arrive at ideas that conflict with scientific ones because they are based on young children’s necessarily limited experience and reasoning. But seen from the children’s point of view they are reasonable [...]. These ideas are not to be stamped out by telling the children the ‘right’ answer, which would in most cases be too complex for them to understand.

Constructivist pedagogy starts from these ideas and sees the role of the teacher as providing children with the experiences, evidence and reasoning skills that will enable them to construct *scientific* ideas. So constructivism [...] identifies effective learning as involving active participation of the learner, distinguishing it from a view of learning as the acquisition of more knowledge and skills.”

(Harlen, 2009, p. 36)

3.1.2. La nature du problème

La deuxième dimension correspond à la nature du problème qui motive l’investigation. Elle recoupe les deuxième et troisième moments de la démarche d’investigation des programmes français. D’un côté du continuum, ce problème est fermé et les élèves suivent un protocole alors qu’à l’autre extrémité de cet axe, le problème est ouvert et les élèves ont à déterminer leur protocole et à choisir le matériel pour tester leurs hypothèses. Ici encore, cette dimension se retrouve soit dans les études en direction des enseignants en France (Larcher & Peterfalvi, 2006), soit dans celles produites par S-TEAM. Le *delivrable* 6a indique une catégorisation des ESFI en quatre niveaux, selon la plus ou moins grande ouverture du problème :

“An open-ended investigation is defined according to levels of inquiry [...]. In an investigation in level 0, the procedure as well as the answers is given, whereas the answer is unknown in an investigation at level 1. In level 2 the problem is given but the

answer is open. However, the students need to figure out how to conduct the investigation and/or plan what equipment they will need to solve the problem. An investigation where the students themselves are to select and formulate the problem, as well as planning how to solve it, is in level 3, the highest level of inquiry.”

(Forsman & Kurtén-Finnäs, 2010, p. 14)

3.1.3. La responsabilisation des élèves

La troisième dimension est relative à la responsabilisation des élèves dans la conduite de la démarche d’investigation. Elle comprend des éléments des troisième et quatrième moments du programme français. Le premier mode du continuum est caractérisé par un fort guidage de l’enseignant. L’opposé est défini par une plus grande part laissée à l’autorégulation de leurs apprentissages par les élèves. Les références aux programmes en France et aux travaux de S-TEAM sont les mêmes que pour les dimensions précédentes (Larcher & Peterfalvi, 2006). Selon le *delivrable* 6a, les ESFI provoquent l’élaboration de nouvelles connaissances lorsque la situation conduit les élèves à mobiliser par eux-mêmes les connaissances acquises préalablement, tant au niveau des contenus que des méthodes de résolution ou d’expérimentation.

“Problem solving in the lab entails that the students activate and make use of their previous knowledge in order to solve the problems. This previous knowledge constitutes both conceptual knowledge and insights into how to conduct an investigation [...]. At the same time, the problem solving means that the practical capacities of the students are needed for them to be able to conduct the investigation. When the students are posed with a problem that they are to solve themselves and they thereby need to activate their prior knowledge, prerequisites for new and meaningful knowledge-making are created.”

(Forsman & Kurtén-Finnäs, 2010, p. 15)

Les lignes directrices élaborées pour les enseignants de sciences britanniques développent la même idée. Elles vont au-delà de la simple investigation en incluant la responsabilisation des élèves dans l’évaluation de leurs apprentissages scientifiques.

“Formative assessment serves to regulate teaching to keep pace with learners’ understanding. It has at its centre the involvement of pupils in their own learning, giving them the information and skills they need to take responsibility for their own progress. But it gives no guidance on selecting and testing evidence.

What is not mentioned in one approach [here formative assessment] is covered by another [*i.e.*: constructivism, discussion, enquiry], so it would clearly be of value to bring these complementary approaches together in a concept of good pedagogy in science education.”

(Harlen, 2009, p. 39)

Cette dimension trouve une justification plus large dans la perspective internationale inscrite dans le programme PISA. Afin de se positionner face aux questions socio-techniques de notre époque, les citoyens doivent avoir la capacité de relier des observations, des hypothèses et des conclusions. Ils doivent savoir juger par eux-mêmes si un raisonnement est scientifique ou non, si une observation est valide et si les conclusions sont appuyées sur des données pertinentes et fiables.

“The ability to relate evidence or data to claims and conclusions is seen as central to what all citizens need in order to make judgements about the aspects of their life which are influenced by science. It follows that every citizen needs to know when scientific knowledge is relevant; distinguishing between questions which science can and cannot answer. Every citizen needs to be able to judge when evidence is valid, both in terms of its relevance and how it has been collected. Most important of all, however, every citizen needs to be able to relate evidence to conclusions based on it and to be able to weigh the evidence for and against particular courses of action that affect life at a personal, social or global level.”

(OECD/PISA, 1999, p. 62)

3.1.4. La diversité des élèves

La quatrième dimension concerne la prise en considération de la diversité des élèves. Comme la précédente, elle se retrouve dans les troisième et quatrième moments de la démarche d'investigation telle qu'elle est préconisée officiellement en France. Cette dimension pose deux sortes de questions quant aux objectifs des démarches d'investigation.

Une première question consiste à se positionner vis-à-vis des différents niveaux d'accès à la culture scientifique (Albe, 2011). Un consensus semble s'établir pour privilégier un niveau qui permette aux élèves de faire des choix éclairés en ce qui concerne les questions scientifiques qui se posent dans le monde, en dehors de l'école et dans leur future vie de citoyen. En cela, sont refusées deux définitions : d'une part, la simple maîtrise du lexique permettant de parler des faits scientifiques dans des contextes limités et, d'autre part, la compréhension experte de la nature de la science, de son histoire et de son rôle culturel.

“Included in the many different views of scientific literacy [...] are notions of levels of scientific literacy. For example, Bybee (1997) has proposed four levels, of which the lowest two are 'nominal scientific literacy', consisting of knowledge of names and terms, and 'functional literacy', which applies to those who can use scientific vocabulary in limited contexts. These are seen as being at levels too low to be aims within the OECD/PISA framework. The highest level identified by Bybee, 'multidimensional scientific literacy', includes understanding of the nature of science and of its history and role in culture, at a level most appropriate for a scientific elite rather than for all citizens. It is, perhaps, the assumption that scientific literacy involves thinking at this level of

specialisation that causes difficulty in communicating a more attainable notion of it. What is more appropriate for the purposes of the OECD/PISA science framework is closer to Bybee's third level, 'conceptual and procedural scientific literacy'.

Having considered a number of existing descriptions, OECD/PISA defines scientific literacy as follows: 'Scientific literacy is the capacity to use scientific knowledge, to identify questions and to draw evidence-based conclusions in order to understand and help make decisions about the natural world and the changes made to it through human activity'."

(OECD/PISA, 1999, p. 60)

Une deuxième question concerne les stratégies d'enseignement permettant d'inscrire tous les élèves dans la perspective de cet accès à la culture scientifique. L'idée qui émerge du projet S-TEAM est de varier les approches de la science en utilisant différents systèmes sémiotiques : expérimentation et jeux de rôles, notamment.

"Scientific literacy involves seeing science in different lights and from different viewpoints. Our individual deliverables suggest different ways of viewing and engaging in science, such as through drama, media coverage, objects and dance. Multi-modal literacy (MML), embraces not only verbal language but also these other semiotic tools [...]. Most statements of Scientific Literacy virtually require MML approaches to teaching since the variety of skills and competencies demanded are not easily met with only verbal language. In turn, MML promotes scientific literacy in that the nature of science is more fully experienced and understood from the diverse perspectives of MML.

The likelihood of MML leading to inquiry is greater than with just verbal language communication (Kress, 2003) because the semiotic mediation through signs in different modes, often simultaneously used in clusters, adds to the cognitive load of Scientific Literacy concepts and thereby provides valuable tools for inquiry based teaching. Dance, theatre and hands-on, all add to the cognitive load and hence more constructivism is needed for learning, with a resulting enriched cognitive output."

(WP8 S-TEAM, 2010, p. 22)

En ce qui concerne les stratégies d'enseignement, le premier mode du continuum, qui est centré sur l'enseignant, consiste simplement à gérer le comportement de certains élèves pour les rendre actifs dans la démarche d'investigation. L'autre mode du continuum, centré sur les apprenants, consiste à adapter la situation de manière à prendre en compte leurs spécificités.

3.1.5. L'argumentation scientifique

La cinquième dimension du modèle concerne le développement de l'argumentation scientifique. Elle recoupe les moments trois à six du canevas proposé par le programme français. Le premier mode du continuum consiste à faciliter la communication entre élèves dans les petits groupes de travail. Le mode ultime consiste à leur permettre de justifier leur point de vue en référence à des résultats ou

à des savoirs.

Les pratiques argumentatives sont intéressantes dans l'enseignement des sciences pour trois raisons principales qui sont en cohérence avec les autres dimensions du présent modèle. Tout d'abord, la pratique de l'argumentation rend l'apprenant acteur dans la formulation et l'acquisition de nouvelles connaissances. Ensuite, comme les interactions sociales jouent un rôle central dans la construction des connaissances, l'instauration de débats scientifiques est un facteur de déclenchement d'apprentissages. Enfin, l'argumentation est au cœur de la démarche scientifique et donc de l'éducation scientifique :

“Science education requires a focus on how evidence is used to construct explanations; that is, on examining the data and warrants that form the substantive basis of belief in scientific ideas and theories, and on understanding the criteria used in science to evaluate evidence [...] The study of argument and its construction, then the evaluation of the data and warrants and the consideration of opposing hypotheses must become a core pedagogic practice within science.”

(Simon, S., Erduran, S., & Osborne, J., 2006, p. 236)

L'investigation et l'argumentation constituent ainsi deux facettes de la démarche scientifique. Contrairement à ce que pourrait laisser croire un canevas trop strict de la démarche d'investigation en classe, investigation et argumentation ne sont pas successives mais entremêlées : les débats peuvent avoir lieu au moment de la formulation des hypothèses, du choix du protocole, de l'interprétation des résultats, de la rédaction des conclusions ou de la diffusion des résultats. Le rapport WP7a de S-TEAM montre que cette intrication nécessite, de la part des enseignants, une attention spécifique portée à la qualité des situations qui visent à développer les compétences argumentatives :

“For successful argumentation, the following elements are necessary [...]:

a) to identify arguments and their elements, *i.e.*, simple and complex statements (negation, conjunction, disjunctions, and conditions), their relationships (equality, contradiction, and independence) and their positions within arguments (premises and conclusions);

b) to construct arguments and their elements, *i.e.*, to produce complete chains of arguments, especially to build main conclusions and to add missing (or implicit) premises or conclusions; and

c) to evaluate arguments and their elements, *i.e.*, to proof the relevance, validity, reliability, truth, etc. of an argument; to identify criteria for evaluation in respect to their relevance for application; and to find and prevent from formal and informal errors in argumentation (invalid arguments, vicious circles, etc.).”

(Augustinienė, Bankauskienė, & Čiučiulkienė, 2010, p. 11)

Les études coordonnées par Buty, C. et Plantin, C. (2009) montrent cependant que l'argumentation scolaire comporte une spécificité : elle concerne le plus souvent des questions dont la réponse est connue. De ce fait, au terme du cours, les élèves doivent avoir une idée claire de ce que l'enseignant a voulu leur faire construire à travers le débat. L'enseignant doit donc orienter les débats de manière à les conduire vers des procédures stabilisées reconnues par la communauté scientifique. L'argumentation se termine alors par une institutionnalisation des conclusions des échanges. Ces spécificités justifient la dimension suivante.

3.1.6. L'explicitation des savoirs découlant de l'investigation

Cette dimension consiste à rendre explicites les objectifs des enseignants et notamment les acquisitions qui étaient visées à travers les démarches d'investigation. Le premier mode du continuum consiste pour les enseignants à énoncer leurs attentes pour la séance en cours. Le mode ultime comporte l'explicitation des savoirs et des métaconnaissances nécessaires à un réinvestissement des acquis de la séance et, plus largement, de la séquence. Chaque élève devra se demander ce qui est déjà connu sur la question, ce qui est requis comme activité et dans quelle situation elle s'inscrit et, enfin, quelles sont les stratégies disponibles pour réaliser l'activité, notamment en terme de contrôle de l'exactitude des démarches et des résultats.

Les études concordent en effet pour montrer que les enseignements sans guidance de la part des enseignants nuisent à certains élèves et notamment à ceux qui rencontrent des difficultés scolaires (Kirschner, Sweller, & Clark, 2006). D'autres recherches montrent l'impact positif de l'enseignement explicite des stratégies métacognitives (Zohar & David, 2008) : les acquisitions de tous les élèves, y compris ceux qui rencontrent des difficultés en sciences, sont améliorées lorsque les élèves sont informés des attentes des enseignants et lorsque des rappels fréquents sont faits aux méthodes leur permettant de contrôler eux-mêmes leurs démarches et résultats.

Cette dimension n'apparaît pas en tant que telle dans les programmes français. Elle se retrouve cependant dans les deux derniers moments de la démarche d'investigation : il s'agit de faire le bilan de la séance en ce qui concerne les savoirs notionnels et méthodologiques acquis, ainsi que de permettre aux élèves d'être

capables de réinvestir ces connaissances et compétences dans des situations scolaires futures (nouveaux problèmes et tests évaluatifs).

« L'acquisition et la structuration des connaissances :

- mise en évidence, avec l'aide de l'enseignant, de nouveaux éléments de savoir (notion, technique, méthode) utilisés au cours de la résolution ;
- reformulation écrite par les élèves, avec l'aide du professeur, des connaissances nouvelles acquises en fin de séquence.

La mobilisation des connaissances :

- exercices permettant d'automatiser certaines procédures, (entraînement), liens ;
- nouveaux problèmes permettant la mise en œuvre des connaissances acquises dans de nouveaux contextes (réinvestissement) ;
- évaluation des connaissances et des compétences méthodologiques. »

Bulletin officiel spécial n° 6 du 28 août 2008, p. 4

Ces objectifs d'autorégulation des apprentissages sont en revanche clairement exprimés dans les perspectives internationales. Les réflexions organisant le programme PISA en ce qui concerne l'accès à la culture scientifique préconisent le fait de rendre les élèves conscients de leurs propres stratégies d'apprentissage et des démarches qu'ils emploient pour réussir.

“Students must become able to organise and regulate their own learning, to learn independently and in groups, and to overcome difficulties in the learning process. This requires them to be aware of their own thinking processes and learning strategies and methods.”

(OECD/PISA, 1999, p. 9)

3.2. En bref : une modélisation des ESFI selon six dimensions

En résumé, l'activité enseignante dans une situation ESFI peut être organisée selon six dimensions critiques :

- l'origine du questionnement ;
- la nature du problème ;
- la responsabilisation des élèves dans l'investigation ;
- la prise en compte de leur diversité ;
- le rôle de l'argumentation ;
- l'explicitation des savoirs découlant de l'investigation.

Chacune de ces dimensions constitue un continuum sur lequel les stratégies d'enseignement peuvent être positionnées. Les premiers modes de ce continuum correspondent à des stratégies plutôt centrées sur l'enseignant et les contenus. À l'inverse, les modes terminaux correspondent à des stratégies plus complexes,

centrées sur les apprenants et la maîtrise de connaissances et de compétences spécifiques. Les recherches sur le développement professionnel citées précédemment conduisent à placer, sur ces continuums, quatre modes servant de repères. La section suivante vise à préciser ces modes.

4. Confrontation de la modélisation à la réalité du travail enseignant

Les modes de réalisation des ESFI sont obtenus à la suite de l'étude de vingt séances de classe. La population de l'étude est composée de six enseignants ordinaires n'ayant pas récemment suivi de formation aux ESFI, de six enseignants de sciences débutants ayant participé à une formation spécifique (Leroy, 2011), ainsi que de huit enseignants dits « impliqués » car ils participent à la conception et à la réalisation d'actions de formation en direction de leurs collègues. Ces enseignants sont également étudiés par D. Cross et par M. Gandit, E. Triquet et J.-C. Guillaud dans cet ouvrage.

Nous avons demandé à ces personnes volontaires de conduire une séance fondée sur les démarches d'investigation. Nous ne sommes pas intervenus sur le contenu ou l'organisation de ces séances, laissant ces choix à la responsabilité des acteurs de l'étude. Juste après cette séance, ou dans les heures qui suivent, un entretien de cinquante minutes environ est conduit à propos des vingt dernières minutes de l'enregistrement vidéo de la séance. L'entretien est enregistré, puis intégralement transcrit. À partir de l'observation et de la transcription, le modèle opératif de chaque volontaire de l'étude a été établi selon la méthodologie de Grangeat (2011). Les sections suivantes utilisent les éléments de ces transcriptions et de ces modèles opératifs afin de préciser quatre modes de réalisation sur chacune des six dimensions du modèle des ESFI.

4.1. Analyse de l'activité effective d'enseignants de sciences vis-à-vis des ESFI

En référence au modèle ESFI à six dimensions, nous avons réparti les savoirs-processus des enseignants observés en quatre modes : les deux premiers centrés sur l'enseignant, les deux seconds ouverts sur les élèves. Pour chacun de ces modes, nous énonçons les critères qui ont guidé cette catégorisation et nous donnons un extrait d'entretien qui est représentatif du corpus. Les pratiques présentées ne sont pas « exemplaires » au sens où il s'agirait de « bonnes pratiques » à imiter. Il s'agit de pratiques effectives qui sont mises en œuvre par les

acteurs de l'étude. Elles restent à discuter et parfois à améliorer par les acteurs eux-mêmes ou à l'occasion de sessions de formation.

4.1.1. Qui est à l'origine du questionnement ?

4.1.1.a. L'enseignant apporte le questionnement initial.

L'enseignant a identifié un questionnement qui correspond à ses objectifs pour la classe et le propose aux élèves.

« Au niveau du sujet, dans ma progression, j'étais au milieu du chapitre "nombres relatifs". J'ai essayé de chercher un sujet [pour cette séance fondée sur les démarches d'investigation]. Alors j'en ai parlé avec une collègue qui fait rarement de démarches d'investigation mais qui fait souvent des narrations de recherche. Et donc je lui ai demandé un peu ce qu'elle avait et les différents sujets qu'elle exploitait et ce que j'ai pu trouver sur Internet, c'est très souvent de la géométrie. Peu de sujets de numérique et encore moins de nombres relatifs. Du coup j'ai pris un sujet qui n'avait pas d'ancrage concret dans la progression mais que je trouvais quand même intéressant. »

Ant., enseignant débutant en mathématiques.

4.1.1.b. L'enseignant propose un questionnement initial en lien avec l'expérience des élèves.

Le questionnement proposé est en lien avec ce que les élèves connaissent, soit à travers de précédentes séances de cours, soit à travers leur vécu en dehors de la classe.

« On a déjà parlé des graines avant dans la partie "L'installation du végétal". C'est pour ça qu'on reprend l'idée des graines pour arriver sur la notion du végétal avec le pollen et les étamines. Je leur ai remontré des graines qu'on avait étudiées et c'est moi qui ai amené la question : comment sont produites ces graines ? Après ils savent que pendant la démarche on passe un petit temps où on émet des solutions possibles, des hypothèses. C'était la continuité, ce qu'on a fait aujourd'hui. »

Cle., enseignante débutante en sciences de la vie et de la Terre.

4.1.1.c. Les élèves construisent un questionnement à partir d'une situation proposée par l'enseignant.

Le questionnement n'est pas donné par l'enseignant qui a conçu une situation propice à l'élaboration du questionnement par les élèves.

« L'idée c'est de partir sur un nouvel objet, donc la dernière fois on a travaillé sur le sèche-cheveux. Quand je donne le top, ils échangent et font une feuille de groupe. Il faut qu'ils produisent le plus de richesse possible sur les fonctions techniques de l'objet [chasse d'eau]. Ils connaissent un objet, ils ont des connaissances, ils ont du mal à les formuler, il y a le vocabulaire qui est mince. À travers ça, l'objectif est qu'on puisse débattre sur un problème. »

Nok., enseignant impliqué en technologie.

4.1.1.d. Les élèves construisent un questionnement à partir d'un thème qui dépasse la seule séance en cours.

À travers une logistique conséquente, associant plusieurs intervenants, les élèves

sont placés dans une situation qui leur permet d'élaborer un questionnement avec l'enseignant.

« Trois jours de suite, nous sortons dans la vallée de Bourg d'Oisans avec nos élèves de 5^e avec deux objectifs : introduire la séquence de géologie du programme ; étudier les risques géologiques. Nous observons les paysages, nous nous questionnons, nous émettons des hypothèses, nous testons certaines d'entre elles directement sur place et nous listons les autres à tester au laboratoire les semaines à venir. Nous emmenons deux classes en même temps. Nous sommes deux profs de SVT et deux profs d'histoire-géographie. Une ingénieure sécurité à l'IRMA nous accompagne. »

Sab., enseignante ordinaire en sciences de la vie et de la Terre.

4.1.2. Quelle est la nature du problème ?

4.1.2.a. L'enseignant propose un protocole à suivre étape par étape.

La réponse au questionnement peut rester ouverte mais la démarche à suivre est stricte.

« Les élèves ont proposé la solution pour tester les matériaux [*savoir s'ils sont conducteurs d'électricité*]. Maintenant il y a une phase en commun, justement pour le circuit. Après on va schématiser, on va symboliser, donc on va faire une étape d'abstraction... donc, dans cette étape, je reviens et je suis pas à pas. Cette étape, en électricité, c'est très important parce que là, déjà ils ont du mal à passer de la vue réelle au vrai circuit, et là il va falloir sans cesse passer du schéma à l'autre... »

Sat., enseignante impliquée en sciences physiques et chimiques.

4.1.2.b. L'enseignant propose une situation connue permettant aux élèves de concevoir un protocole.

La situation est ouverte mais facilement compréhensible par les élèves ; ces derniers ont à poser le problème et / ou à construire la manière de répondre au problème.

« J'avais envie qu'ils commencent à réfléchir là-dessus [*Je trajet de la lumière*] mais je sais pertinemment qu'ils ne vont pas avoir tous la solution à la fin de la séance. Je voulais qu'ils commencent à réfléchir à la question. C'est quelque chose de difficile pour eux, je voulais simplement qu'ils réfléchissent au problème [...] je n'ai pas forcément envie qu'ils repartent tous avec la réponse, ce n'est pas le but, je préfère qu'ils partent avec une question.

Klo., enseignante impliquée en sciences physiques et chimiques.

4.1.2.c. Les élèves disposent d'un matériel limité pour répondre à une consigne ouverte.

Les élèves posent le problème, conduisent le protocole mais disposent d'un matériel limité pour répondre à la question de départ.

« Je leur ai donné les graines. Donc ils mènent ça de façon tout à fait autonome à la maison, ils ont une fiche de travail mais c'est eux qui se débrouillent. Dans le premier chapitre, on a montré que les êtres vivants sont producteurs de matière vivante et organique parce qu'ils grandissent et qu'ils produisent...Et on a rendez-vous dans un

mois : l'objectif c'est qu'ils aient tracé la courbe de croissance des plants de fèves... L'objectif ultime c'est de mettre en culture différentes graines de lentille déjà germées, qu'ils arrivent à voir les conditions du milieu qui agissent sur les graines de lentille qu'ils mettent en culture, qu'ils soient un peu autonomes. »

Seb., enseignant impliqué en sciences de la vie et de la Terre.

4.1.2.d. Les élèves disposent d'un matériel libre pour répondre à une consigne ouverte.

Les solutions ne sont pas toujours connues à l'avance par la personne qui conduit la séance. La situation comporte des aides sous forme de guidage pour les élèves.

« L'objectif principal ce n'est pas de trouver la solution, les problèmes sont ouverts. Ils ont la possibilité de chercher des aides où ils veulent dans les livres, dans les cours. C'est un peu compliqué. Ce qui nous intéresse, c'est toutes leurs recherches, c'est : est-ce qu'ils ont persévéré ? Est-ce qu'ils ont essayé plusieurs fois ? »

Ino., enseignante impliquée en mathématiques.

4.1.3. Quelle responsabilité ont les élèves ?

4.1.3.a. L'enseignant met en place les étapes de la démarche d'investigation.

L'accent est mis sur une ou plusieurs étapes du canevas. Il s'agit d'ancrer une nouvelle manière de travailler en classe.

« En devoir à la maison, les élèves ont fait une fois des narrations de recherche. Mais ils n'ont pas été en situation de recherche en groupes durant la classe. Alors je prends le temps de mettre en place les groupes. Essayer de faire une production à présenter à la classe. Instaurer un partage des tâches. Demander aux groupes de chercher une ou deux solutions possibles. Faire respecter les règles : ne pas discuter, ne pas faire les zouaves. Je prévois un temps pour chaque étape : mise en place du problème, 5 minutes, mise en place des groupes, 5 minutes, le temps qu'ils réfléchissent, 10 minutes un quart d'heure, après mise en commun, 10 minutes. »

Pie., enseignant débutant en mathématiques.

4.1.3.b. L'enseignant amène les élèves à concevoir plusieurs procédures.

Parmi les étapes du canevas, l'accent est mis sur la production par les élèves soit d'hypothèses ou de conjectures variées, soit de plusieurs protocoles expérimentaux.

« Ils ne sont pas arrivés. Je les ai guidés, j'ai essayé le moins possible de le faire à leur place, mais j'ai posé des questions. Parfois je donne la réponse. Je leur dis "oui c'est ça continue maintenant". Moi je suis plus dans un but où j'aimerais bien qu'ils finissent. Je trouve que c'est intéressant de ne pas donner la réponse tout de suite, de questionner, mais il ne faut pas que ça bloque. Ma tutrice jouait vraiment le jeu jusqu'au bout : ne jamais leur donner de réponse. »

Flo., enseignant débutant en sciences physiques et chimiques

4.1.3.c. Les élèves sont responsables du processus d'investigation.

L'accent est mis sur la conduite de la démarche expérimentale par les élèves. Il s'agit de sortir du champ des exercices d'application routiniers.

« Si on garde notre façon de fonctionner, si je leur donne un TP avec le protocole

détaillé, etc., ils sont très à l'aise. Quand on les met dans une sorte de démarche expérimentale... Où on ne leur dit pas ce qu'il faut faire... c'est à eux d'imaginer le protocole... où il faut de l'autonomie... ils ne sont pas très à l'aise. C'est le genre d'élève là... c'est-à-dire qu'ils suivent la recette parce qu'on est quand même dans un système scolaire où on évalue les élèves sur leurs capacités à apprendre par cœur. On s'aperçoit que dans une démarche d'investigation, eh bien, l'élève moyen est plus performant, est plus compétent – parce qu'on va parler par compétence ensuite – que cette élève-là qui tourne à 16 de moyenne mais qui est paralysée par des habitudes. »

Teh., enseignante ordinaire en sciences physiques et chimiques.

4.1.3.d. Les élèves disposent d'outils d'auto-évaluation conçus par ou avec l'enseignant.

Les élèves disposent d'outils, souvent de grilles, qui détaillent ce qui est attendu, leur permettant d'estimer par eux-mêmes l'atteinte des objectifs fixés.

« Et puis d'autres, ils ne s'en rendent même pas compte mais quelque part, ils sautent une étape. Dans la grille d'évaluation, j'avais mis un point pour "j'écris mes résultats sans les interpréter" et un point pour "j'interprète mes résultats." Donc certains élèves, je leur ai demandé de relire leur compte-rendu : "Regardez la grille d'évaluation, est-ce que vous retrouvez tous les points ?" »

Teh., enseignante ordinaire en sciences physiques et chimiques.

« Pour l'instant, avec mes trois collègues du réseau pédagogique de proximité, on fait très peu d'autoévaluation. C'est-à-dire qu'on va à chaque fois nous, le plus souvent, ramasser et puis dire : "Ton schéma est juste". Il faut qu'on modifie la grille pour qu'il y ait une première colonne pour que eux, on puisse leur dire : "On prend 10 minutes en classe et vous évaluez vos classeurs et après on se les échange avec le voisin pour voir". Je pense qu'il y a un apprentissage qui soit plus systématique et qu'il y ait un propre jugement, que ce ne soit pas chaque fois le couperet qui tombe, même si là ce n'est pas noté, là ils n'ont pas de notes c'est un +, un moyen, un -, c'est du formatif. Mais du coup, oui, on se dit il y a beaucoup de choses à changer. »

Sat., enseignante impliquée en sciences physiques et chimiques.

4.1.4. Que faire de la diversité des élèves ?

4.1.4.a. L'enseignant gère le comportement de certains élèves pour les rendre actifs.

L'enseignant explique comment il fait en sorte que chaque élève entre et reste dans l'activité de recherche. L'activité reste identique pour tous les élèves.

« Cette élève, elle n'écoutait pas. Je fais attention à bien recadrer les élèves pour bien écouter les consignes au départ. Éviter de perdre trop de temps avec ceux qui n'écoutent pas. Les interpeller pendant qu'on fait le point. Bien souvent, même s'ils écoutent, ils reposent la question. Il y a toujours certaines choses qui ne sont pas claires pour eux. »

Cle., enseignante débutante en sciences de la vie et de la Terre.

4.1.4.b. L'enseignant modifie la tâche pour maintenir l'engagement de certains types d'élève.

Afin que certains types d'élève restent impliqués, au cours de la séance même, l'enseignant adapte la tâche à leur cas. Il s'agit souvent de gérer les différences de

rythme de travail.

« À la fin, s'il y a vraiment une grosse différence [entre les élèves], ce que je vais faire c'est que je dis à un élève : "Tu vas aider untel". Eux ils aident et souvent, quand ils vont sur le montage de quelqu'un, ils n'y arrivent plus d'un seul coup, donc ça leur permet de revoir vu qu'ils sont dans une situation nouvelle. Eux ça les occupe, ça les valorise et moi ça m'aide parce que eux aussi ils aident un groupe. »

Dra., enseignant ordinaire en sciences physiques et chimiques.

4.1.4.c. Chaque groupe d'élèves bénéficie du guidage de l'enseignant.

De manière systématique, l'enseignant supervise l'avancée de chaque groupe ou de chaque élève qui demande une aide. Il s'agit d'un guidage sous forme de questionnement ou de référence au matériel (consigne, documents de cours, résultats des expériences, rédaction du compte-rendu).

« Ils sont absorbés par le matériel. Je repasse pour chaque groupe. J'insiste et pose des questions : "Qu'est-ce qu'on cherche ? Qu'est-ce qu'on va faire ?", pour chaque groupe, pour chaque élève. Donc je leur donne le matériel, ils commencent à tripoter et à coller leur feuille. Ils ont le temps de se familiariser avec et je peux me permettre de repasser, de discuter avec eux, de voir ce qu'ils ont compris, ce qu'ils n'ont pas compris, parce que pour chaque groupe c'est différent, et de recadrer. Il faut que chaque élève ait compris pourquoi il allait le faire. Pour moi c'est le point clé. »

Luc., enseignante débutante en sciences de la vie et de la Terre.

4.1.4.d. Certains élèves, ayant des besoins spécifiques, bénéficient d'une adaptation de la situation.

Les élèves avec des besoins spécifiques – grande difficulté, situation de handicap, rapidité de compréhension et d'exécution – peuvent compter sur des ressources particulières ou sur une adaptation des attentes de l'enseignant, notamment en termes de temps alloué à l'activité. Ces adaptations ont été prévues avant la séance ou sont régulières pour ces élèves qui sont clairement identifiés.

« C'est un élève qui a des grosses difficultés de français car il est arrivé récemment en France, il avait énormément de mal en lecture et il a beaucoup de mal à s'exprimer. Moi je pensais que c'était un élève en grande difficulté et grâce à ce genre de démarche d'investigation je me suis rendu compte qu'il était très intelligent, très vif. Il arrive à trouver, il n'arrive pas à l'expliquer mais il trouve. Il met plus de temps et moi je valide, je lui dis "Super c'est très bien", même s'il n'a pas réussi à rédiger. »

Ice., enseignante impliquée en mathématiques.

4.1.5. Quelle est la place de l'argumentation ?

4.1.5.a. L'enseignant facilite la communication entre les élèves dans les petits groupes.

Par son intervention, l'enseignant fait en sorte que les élèves échangent entre eux. Il s'agit que tous participent au travail du groupe auquel ils appartiennent ou s'intéressent au travail en classe entière.

« S'ils travaillent trop vite, je démonte tout et je dis à l'autre : "Maintenant toi tu fais, toi tu touches rien et tu lui expliques", c'est pour être sûr que ça soit l'autre qui fasse avec ses mains. Naturellement, puisqu'ils travaillent depuis 8 mois ensemble, généralement ça se passe assez bien, ils le font assez naturellement [...]. Parce que le problème, un élève qui n'arrive pas à faire, souvent il laisse l'autre faire, il fait rien et il comprend rien. »

Dra., enseignant ordinaire en sciences physiques et chimiques.

4.1.5.b. L'enseignant fait communiquer à la classe les propositions des élèves.

L'accent est mis sur la communication par les élèves des démarches et résultats de leur investigation. L'enseignant profite de cet exposé pour corriger les erreurs.

« Elles étaient volontaires. Il y a 2 groupes qui avaient levé la main. J'avais repéré les groupes ayant fait des erreurs. J'ai fait expliquer les résultats de ces groupes. Je savais ce qu'ils avaient fait... Il y a plusieurs groupes qui m'intéressaient. Ce groupe-là avait la solution avec Pythagore mais ils n'avaient pas eu le temps de rédiger. Et le deuxième groupe, il y avait une erreur sur laquelle je voulais leur répondre après. J'avais remarqué qu'il y avait cette erreur et j'attendais la mise en commun pour expliquer au tableau. Je leur avais demandé s'ils avaient vérifié. Ils m'avaient dit "Oui, oui". Visiblement ils n'avaient pas vérifié. Ça ne faisait pas 5 cm, le carré. »

Pie., enseignant débutant en mathématiques.

4.1.5.c. Les élèves sont encouragés à prendre en compte les arguments d'autrui.

L'accent est mis sur l'organisation d'échanges entre les groupes ou entre les élèves à propos de leurs démarches et de leurs résultats.

« Lorsqu'on fait une mise en commun. J'essaie de renvoyer la question vers la classe. Plutôt que d'être uniquement dans un échange enseignant-élève, comme au début, j'essaie de renvoyer une question vers l'élève et vers la classe pour essayer d'instaurer un dialogue élève-élève. »

Ant., enseignant débutant en mathématiques.

4.1.5.d. Les élèves sont encouragés à justifier leurs réponses par des connaissances ou des résultats.

Dans l'argumentation, l'accent est mis sur la référence aux données : les groupes ou les élèves doivent exposer et confronter les étapes de leur démarche.

« Leur montrer, voilà on arrive à la bonne réponse là et sur cette feuille aussi mais qu'est-ce qu'il y a de différent entre les deux ? Donc voir oui, on arrive bien à la bonne réponse, mais quelqu'un qui va prendre une feuille comme ça, est-ce qu'il arrive bien à suivre votre cheminement et votre raisonnement pour trouver la réponse ? C'était les élèves les plus en difficulté... ils ont réussi à arriver au résultat mais c'est pas du tout étoffé, ça a été plus ou moins fait comme ça quoi. »

Nil., enseignante ordinaire, mathématiques.

4.1.6. Quel niveau d'explicitation des savoirs visés par l'enseignant ?

4.1.6.a. L'enseignant énonce ses attentes pour la séance en cours.

L'enseignant explique ce qu'il attend de la séance et particulièrement ce qui est

spécifique par rapport à d'autres séances. Il s'agit souvent du rôle de l'erreur.

« Ce qu'ils ont du mal enfin, c'est d'avoir un brouillon. Mais alors ça, ça ne passe toujours pas, pour la majorité, il y en a même qui me disaient "Là ce qui est propre, c'est ce qu'on va vous rendre et puis là c'est quand on cherche". J'avais bien marqué : "Laisser les traces de recherches"... Je leur ai bien redit : "Ça je veux le voir, laissez-moi les brouillons et tout". Donc c'est vrai qu'ils veulent toujours rendre quelque chose de fini et bien présenté. Mais c'est une des premières fois que je faisais ça donc c'est normal. »

Nil., enseignante ordinaire en mathématiques.

4.1.6.b. L'enseignant fait le bilan de la séance à propos des savoirs.

L'enseignant prend le temps de formuler une synthèse de la séance à partir des productions des élèves.

« À la fin de la séance, je leur demande de ranger le matériel... j'essaie dans la mesure du possible d'arrêter 2-3 minutes avant pour qu'ils se remettent tous face à moi et j'essaie de faire une synthèse du groupe. On fait le débriefing, on fait une photo [de leur production], on regarde un petit peu ce qu'ils ont trouvé. Je vais reformuler les questions pour faire la synthèse normalement. »

Ran., enseignant impliqué en technologie.

4.1.6.c. Les élèves expliquent ce qu'ils ont appris durant la séance.

Les élèves explicitent et comparent leurs démarches et leurs résultats. Ce qui conduit à élaborer une synthèse écrite.

« Ils ont eu du mal à faire le lien entre hypothèses, questions et recherche. Ils ont tous dit : "Pour rendre deux lampes indépendantes il faut faire deux boucles". Là je leur ai demandé de conclure et on a mis 3 minutes à conclure. Là c'était clair et s'ils répondent aussi clairement c'est que, à la fin, la notion je pense qu'elle est acquise, ils ont compris parce que dans la conclusion ils ont tous bien répondu. »

Dra., enseignant ordinaire en sciences physiques et chimiques.

4.1.6.d. Les élèves disposent explicitement des savoirs nécessaires à un réinvestissement des acquis.

Des documents spécifiques (définition des concepts essentiels, liste d'exercices, énoncé des objectifs de l'évaluation sommative, guide d'auto-évaluation) permettent aux élèves d'anticiper la manière d'utiliser les acquis qui résultent de la séance d'investigation.

« Je leur donne les définitions et après je leur demande avec les définitions de réexpliquer la position de la maison en fonction des nouveaux termes que j'ai apportés. Après je leur donnerai une évaluation de ce type-là voilà, avec des exercices avant. Je leur donne toujours les savoirs et les savoir-faire à la fin de chaque chapitre. Ils ont deux cases, une case avec "je sais" et une avec "je ne sais pas". Ils sont censés lire les savoirs et les savoir-faire à la fin du chapitre et puis cocher les cases quand ils savent et quand ils ne savent pas. »

Klo., enseignante impliquée en sciences physiques et chimiques.

4.2. En bref : une modélisation pour comprendre les ESFI

L'analyse des vidéos et des entretiens avec les enseignants a permis de préciser le modèle tiré de l'analyse des prescriptions et des recherches internationales. Les deux études se complètent. Tous les savoirs-processus extraits des entretiens ont pu être intégrés dans l'une des six dimensions du modèle initial. Les quatre modes des dimensions de ce modèle ont été précisés par l'analyse de l'activité effective. L'étude aboutit donc à élaborer un modèle suffisamment robuste pour, à la fois, supporter d'autres études et aider à concevoir des formations.

L'activité des enseignants de l'étude peut être positionnée dans ce modèle ESFI à six dimensions (voir Annexe 1). Sur chaque dimension, nous avons cherché le palier maximum sur lequel se situait chaque acteur de l'étude. Ces résultats peuvent permettre de répondre à plusieurs questions et notamment à celle des écarts entre les trois catégories d'enseignants étudiées (impliqués, ordinaires, débutants). Cela rend possible l'étude des effets de l'inscription dans un travail collectif mais tel n'est pas le but de ce chapitre. En revanche, ces résultats peuvent être rendus sous forme de constellations qui illustrent le positionnement de telle ou telle personne observée. Ces constellations montrent qu'aucun enseignant ne se situe au maximum pour toutes les dimensions, ce qui correspond à l'attendu. Elles mettent alors en évidence les choix pédagogiques, plus ou moins conscients, des enseignants. Par exemple (voir Figure 1), l'enseignant expert Seb propose le questionnement lui-même mais c'est un problème ouvert qui permet de développer l'argumentation. L'enseignante ordinaire Sab ouvre le questionnement et laisse construire le protocole pour donner des responsabilités aux élèves, tandis que l'enseignante débutante Luc cherche à couvrir tous les axes, tout en parvenant particulièrement à donner des responsabilités aux élèves, à prendre en compte leur diversité et à développer l'argumentation.

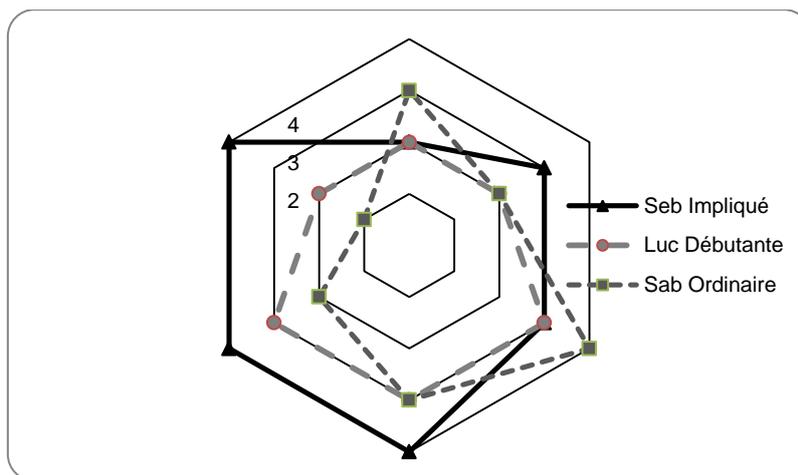


Figure 1. Positionnement de trois enseignants sur le modèle ESFI à six dimensions.

5. Conclusion : perspectives de formation et de recherche

Dans ce chapitre, nous avons d'abord constaté que les enseignements scientifiques fondés sur les démarches d'investigation constituent des activités complexes qui engagent une implication cognitive des professionnels du fait des choix qu'elles induisent. Les études en psychologie ergonomique, servant ici de cadre de référence, conduisent à mettre au jour des structures cognitives qui contribuent à l'activité des professionnels : savoirs-processus, modèles opératifs individuels, représentations opératives partagées. Ces structures s'organisent selon les dimensions critiques de la situation de travail, qui représentent des continuums sur lesquels les professionnels se positionnent, sans toujours chercher à se situer au maximum. À partir des productions du projet S-TEAM, nous avons dégagé six dimensions essentielles de ces situations. L'analyse de l'activité effective de vingt enseignants de sciences contrastés (impliqués, ordinaires et débutants des quatre disciplines scientifiques) a permis d'identifier quatre modes de réalisation sur chacune de ces dimensions. L'étude aboutit ainsi à une modélisation des ESFI à six dimensions, structurées en quatre modes sur lesquels il est possible de positionner une activité d'enseignement. Ces dimensions et ces modes mettent en lumière les choix pédagogiques des enseignants. Cette modélisation peut ouvrir vers deux perspectives.

Une première perspective est praxéologique : il s'agit de permettre de repérer les stratégies d'enseignement de manière à évaluer leur adéquation avec les ESFI. Ce positionnement des acteurs sur le modèle ESFI à six dimensions peut être réalisé de l'extérieur, mais aussi par la personne elle-même, sous forme d'auto-évaluation.

Dans les deux cas, le but est de mieux comprendre les pratiques et de les améliorer. Ce positionnement devrait aider les acteurs à justifier leurs choix pédagogiques et à les rassurer quant à l'impossibilité de travailler toujours en « performance maximale ». L'élucidation des modèles opératifs permet de répertorier les buts poursuivis, les indices mobilisés et le répertoire des actions disponibles dans un collectif enseignant. Au cours d'une formation, il est alors possible de mettre en débat ces répertoires, de manière à les harmoniser à travers le collectif, à les améliorer en modifiant les manières de faire peu adéquates et en diffusant celles qui sont pertinentes. Dans cette mesure, cette modélisation devrait soutenir la confiance des acteurs dans la mise en œuvre des ESFI, ce qui était l'un de nos buts de départ.

Une deuxième perspective est heuristique : il s'agit de mieux comprendre ce que sont les ESFI et ainsi de pouvoir mener des recherches descriptives ou comparatives. Les modèles opératifs qui sous-tendent cette modélisation en continuums selon six dimensions permettent de décrire et de comparer finement les conceptualisations et les pratiques enseignantes. Identifier la partie commune de ces modèles opératifs conduit à dégager la représentation opérative partagée par le collectif étudié. De plus, cette modélisation peut permettre de mesurer des évolutions, grâce au repérage des modes maximums atteint par chaque acteur de l'étude : peuvent être identifiés, par exemple, les effets d'un dispositif de formation sur les compétences professionnelles, en comparant leur configuration avant et après l'action de formation.

Une perspective de recherche particulièrement fructueuse consisterait à étudier plus finement la dimension « explicitation des savoirs découlant de l'investigation » qui semble être un point faible des pratiques observées. Il s'agirait de comprendre comment les élèves sont mis en position de comprendre le lien entre les séances « démarche d'investigation » et les objectifs visés par les enseignants, notamment en termes d'évaluation de connaissances ou de compétences. L'étude devrait alors porter, à la fois, sur les pratiques enseignantes et sur les apprentissages des élèves. Il s'agit là d'un enjeu crucial pour le développement des apprentissages scientifiques.

Références bibliographiques

- Albe, V. (2011). *Démarches d'investigation et culture scientifique dans le cadre européen*. In M. Grangeat (Éd.), *Les démarches d'investigation dans l'enseignement scientifique Pratiques de classe, travail collectif enseignant, acquisitions des élèves* (pp. 240-255). Lyon: Ecole Normale Supérieure.
- Amalberti, R. (2001). La maîtrise des situations dynamiques. *Psychologie française*, 46(2), 107-118.
- Augustinienè, A., Bankauskienè, N., & Čiučiulkienè, N. (2010). *Argumentative competence: How to develop it?* (S-TEAM deliverable WP7a). Trondheim: S-TEAM/NTNU.
- Boreham, N. (2004). Orientating the work-based curriculum towards work process knowledge: a rationale and a German case study. *Studies in Continuing Education*, 26(2), 209-227.
- Boreham, N., Samurçay, R., & Fisher, M. (2002). Work process knowledge in technological and organizational development. In N. Boreham, R. Samurçay, & M. Fisher (Éd.), *Work Process Knowledge* (pp. 1-14). London: Routledge.
- Buty, C., & Plantin, C. (Éd.). (2009). *Argumenter en classe de sciences - Du débat à l'apprentissage*. Lyon: INRP.
- Bybee, R. W. (1997). Toward an understanding of scientific literacy. In W. Graber & C. Bolte (Éd.), *Scientific literacy* (pp. 37-68). Kiel: IPN.
- Coppé, S., & Tiberghien, A. (2010). *Elements for teachers's development and teaching resources* (deliverable WP4b). Trondheim: S-TEAM/NTNU.
- Dreyfus, H. L., & Dreyfus, S. E. (1986). *Mind over Machine: The Power of Human Intuition and Expertise in the Era of the Computer*. Oxford: Basil Blackwell.
- Engeström, Y. (2000). Activity theory as a framework for analyzing and redesigning work. *Ergonomics*, 43(7), 960-974.
- Engeström, Y. (2001). Expansive learning at work: toward an activity theoretical reconceptualization. *Journal of Education and Work*, 14(1), 133-156.
- Forsman, L., & Kurtén-Finnäs, B. (2010). *Developing scientific thinking in the classroom through inquiry* (deliverable WP6a). Trondheim: S-TEAM/NTNU.
- Grangeat, M. (2008). *Coopérations et partenariats pour enseigner. Pratiques de l'éducation prioritaire*. Créteil : CRDP-SCEREN.
- Grangeat, M. (2010a). *Effets de la confrontation entre enseignants de sciences débutants sur leurs conceptualisations et leurs pratiques en ce qui concerne les démarches d'investigation*. Présenté au Congrès international AREF, Genève.
- Grangeat, M. (2010b). Les régulations métacognitives dans l'activité enseignante : rôle et modes de

- développement. *Revue des sciences de l'éducation*, 36(1), 233-253.
- Grangeat, M. (2010c). Analyser le travail enseignant pour concevoir L'intervention éducative : Est-ce utile et pour quoi faire ? *Les Nouveaux Cahiers de la Recherche en Éducation*, 12(1), 31-46.
- Grangeat, M. (2011). Le travail collectif enseignant : éléments de modélisation du développement professionnel. In M. Grangeat (Éd.), *Les démarches d'investigation dans l'enseignement scientifique Pratiques de classe, travail collectif enseignant, acquisitions des élèves* (pp. 79-106). Lyon: École Normale Supérieure.
- Grangeat, M., & Aubert, J. (2010). *Dissemination strategy for inquiry-based methods in France* (Report for European Commission). Trondheim: NTNU.
- Grangeat, M., & Gray, P. (2007). Factors influencing teachers' professional competence development. *Journal of Vocational Education & Training*, 59(4), 485-501.
- Grangeat, M., & Munoz, G. (2011). La complexité des savoirs enseignants : une articulation entre expérience des acteurs, dispositifs de formation et théories d'enseignement. In P. Maubant & S. Martineau (Éd.), *Fondements des savoirs professionnels des enseignants* (pp. 143-164). Ottawa: Presses université d'Ottawa.
- Grangeat, M., Rogalski, J., Lima, L., & Gray, P. (2009). Comprendre le travail collectif enseignant : effets du contexte de l'activité sur les conceptualisations des acteurs. *Revue Suisse des Sciences de l'Éducation*, 31(1), 151-168.
- Gueudet, G., Trouche, L., & Aldon, G. (2011). La conception et les usages de ressources en ligne comme moteur et révélateur du travail collectif des enseignants. In M. Grangeat (Éd.), *Les démarches d'investigation dans l'enseignement scientifique Pratiques de classe, travail collectif enseignant, acquisitions des élèves* (pp. 151-182). Lyon: École Normale Supérieure.
- Harlen, W. (2009). Teaching and learning science for a better future. *School Science Review*, 90(333), 33-41.
- Jorde, D., & Olsen Moberg, A. (2010). *Preliminary report* (delivrable WP2a). Trondheim: S-TEAM/NTNU.
- 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.
- Korthagen, F., & Vasalos, A. (2005). Levels in reflection: core reflection as a means to enhance professional growth. *Teachers and Teaching: theory and practice*, 11(1), 47-71.
- Larcher, C., & Peterfalvi, B. (2006). Diversification des démarches pédagogiques en classe de sciences. *Le Bulletin de l'Union des Physiciens*, (886), 825-835.

- Lebeaume, J. (2011). L'investigation pour l'enseignement des sciences : actualité des enjeux. In M. Grangeat (Éd.), *Les démarches d'investigation dans l'enseignement scientifique Pratiques de classe, travail collectif enseignant, acquisitions des élèves* (pp. 19-34). Lyon : École Normale Supérieure.
- Leroy, N. (2011). Le volet français du projet S-TEAM : évaluation des effets d'un dispositif de formation incitatif à la mise en œuvre des démarches d'investigation en classe. In M. Grangeat (Éd.), *Les démarches d'investigation dans l'enseignement scientifique Pratiques de classe, travail collectif enseignant, acquisitions des élèves* (pp. 213-225). Lyon: École Normale Supérieure.
- OECD/PISA. (1999). *Measuring student knowledge and skills. A new framework for assessment*. Paris : OECD.
- Pastré, P. (2005). La conception de situations didactiques à la lumière de la théorie de la conceptualisation dans l'action. In P. Rabardel & P. Pastré (Éd.), *Modèles du sujet pour la conception. Dialectiques activités développement* (pp. 73-108). Toulouse : Octarès.
- Pastré, P., Mayen, P., & Vergnaud, G. (2006). La didactique professionnelle. *Revue française de pédagogie*, 154, 145-198.
- Robine, F. (2009). *L'enseignement des sciences, un défi en France et en Europe*. Conférence pour les premières journées d'étude S-TEAM. Grenoble.
- Rocard, M., Cesrmley, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Herniksson, H., & Hemmo, V. (2007). *Science education now: A renewed pedagogy for the future of Europe*. Bruxelles: European Commission.
- Rogalski, J. (2005). Le travail collaboratif dans la réalisation des tâches collectives. In J. Lautrey & J.-F. Richard (Éd.), *L'intelligence* (pp. 147-159). Paris : Hermès.
- Simon, S., Erduran, S., & Osborne, J. (2006). Learning to teach argumentation: research and development in the science classroom. *International Journal of Science Education*, 28(2-3), 235-260.
- Vergnaud, G. (1996). Au fond de l'action, la conceptualisation. In J.-M. Barbier (Éd.), *Savoirs théoriques et savoirs d'action* (pp. 275-292). Paris : Presses Universitaires de France.
- Wagemann, L., & Percier, M. (2004). De la difficulté méthodologique à reconnaître une compétence complexe. Étude de l'acquisition d'une compétence de base dans l'entraînement initial à la conduite d'un processus continu. In R. Samurçay & P. Pastré (Éd.), *Recherches en didactique professionnelle* (pp. 85-108). Toulouse : Octarès.
- WP8 S-TEAM (2010). *Scientific literacy and teacher professional development* (delivrable WP8a).

Trondheim: S-TEAM/NTNU.

Zohar, A., & David, A. (2008). Explicit teaching of meta-strategic knowledge in authentic classroom situations. *Metacognition and Learning*, 3(1), 59-82.

Dimension 1 : qui est à l'origine du questionnement ?			
Mode 1.1	Mode 1.2	Mode 1.3	Mode 1.4
L'enseignant apporte le questionnement initial	L'enseignant propose un questionnement initial en lien avec l'expérience des élèves	Les élèves construisent un questionnement à partir d'une situation proposée par l'enseignant	Les élèves construisent un questionnement à partir d'un thème qui dépasse la seule séance en cours

Dimension 2 : quelle est la nature du problème ?			
Mode 2.1	Mode 2.2	Mode 2.3	Mode 2.4
L'enseignant propose un protocole à suivre étape par étape	L'enseignant propose une situation connue permettant aux élèves de concevoir un protocole	Les élèves disposent d'un matériel limité pour répondre à une consigne ouverte	Les élèves disposent d'un matériel libre pour répondre à une consigne ouverte

Dimension 3 : quelle responsabilité ont les élèves ?			
Mode 3.1	Mode 3.2	Mode 3.3	Mode 3.4
L'enseignant met en place les étapes de la démarche d'investigation	L'enseignant amène les élèves à concevoir plusieurs procédures	Les élèves sont responsables du processus d'investigation	Les élèves disposent d'outils d'auto-évaluation conçus par ou avec l'enseignant

Dimension 4 : que faire de la diversité des élèves ?			
Mode 4.1	Mode 4.2	Mode 4.3	Mode 4.4
L'enseignant gère le comportement de certains élèves pour les rendre actifs	L'enseignant modifie la tâche pour maintenir l'engagement de certains élèves	Chaque groupe ou un nombre significatif d'élèves bénéficie du guidage de l'enseignant	Certains élèves, ayant des besoins spécifiques, bénéficient d'une adaptation de la situation

Dimension 5 : quelle est la place de l'argumentation ?			
Mode 5.1	Mode 5.2	Mode 5.3	Mode 5.4
L'enseignant facilite la communication entre les élèves dans les groupes ou la classe	L'enseignant fait communiquer à la classe les propositions des élèves	Les élèves sont encouragés à prendre en compte les arguments d'autrui	Les élèves sont encouragés à justifier leurs réponses par des connaissances ou des résultats

Dimension 6 : quel niveau d'explicitation des savoirs visés par l'enseignant ?			
Mode 6.1	Mode 6.2	Mode 6.3	Mode 6.4
L'enseignant énonce ses attentes pour la séance en cours	L'enseignant fait le bilan de la séance à propos des savoirs	Les élèves expliquent ce qu'ils ont appris durant la séance	Les élèves disposent explicitement des savoirs nécessaires à un réinvestissement des acquis

Annexe 1. Le modèle ESFI à six dimensions.