
La « démarche d'investigation » dans les collèges français

Démarche d'investigation et formation

Cécile de Hosson, Stéphanie Mathé, Martine Méheut

Laboratoire de didactique André Revuz
Université Paris Diderot-Paris 7
Bâtiment Condorcet, 8^e étage, Courrier 7086
4, rue Elsa Morante
75205 Paris CEDEX 13
cecile.dehosson@univ-paris-diderot.fr

RÉSUMÉ. Dans cet article, nous présentons différents aspects d'un travail de thèse soutenue en juin 2010 ayant pour objet l'élaboration et l'évaluation d'un dispositif de formation visant l'appropriation par des enseignants de la « démarche d'investigation », apparue en 2005 dans les programmes de collège français. Les résultats issus de la recherche en didactique professionnelle et portant sur l'impact des « textes prescripteurs » en situation d'exécution nous ont permis de penser une formation se donnant pour but de réduire l'écart entre les intentions programmes et la perception qu'en ont les enseignants. La construction du dispositif de formation repose sur une étude en deux étapes. La première, de nature épistémologique, présente « la démarche d'investigation » telle que préconisée par les programmes scolaires français comme un objet particulier donnant de l'activité scientifique une image restreinte liée à la résolution de problème. La seconde, de nature didactique, consiste en l'analyse de fiches de préparation de séquences d'investigation et met en évidence des démarches plus variées dans lesquelles les notions de « conceptions » et « d'hypothèses » apparaissent peu fréquentes et/ou peu appropriées. La formation mise en place est construite autour de ces notions. L'analyse de questionnaires et d'enregistrements audio d'une séance de travail en groupes consacrée à l'élaboration d'une séquence d'investigation nous permettent de mesurer l'impact de « l'intervention formatrice » sur le rapport des enseignants formés aux notions abordées, à fois en termes de savoirs théoriques et de savoir-faire associés aux notions de conceptions et de démarche hypothético-déductives.

MOTS-CLÉS : démarche d'investigation, hypothèse, conceptions des élèves, enseignants, formation

KEYWORDS : inquiry-based teaching, hypothesis, pupils' conceptions, teachers, training

Introduction

La « démarche d'investigation » (DI), objet d'enseignement apparu pour la première fois dans les programmes de collège français en 2005, est le reflet d'une volonté partagée par un grand nombre de pays dans le monde d'offrir aux élèves une image plus conforme de l'activité scientifique et de leur proposer des tâches plus ouvertes et moins guidées au sein desquelles l'expérimentation occupe une place prépondérante. La DI est présentée depuis 2005 sous la forme d'un « canevas » de sept étapes structuré autour de l'idée de « situation-problème » (Bulletin officiel spécial n° 6 du 28 août 2008). De manière plus explicite, les programmes précisent que la situation-problème doit être élaborée par l'enseignant à partir de l'analyse de plusieurs éléments tels que les savoirs visés, les acquis initiaux des élèves et les obstacles cognitifs. La résolution du problème à résoudre est laissée à la charge des élèves qui sont invités à formuler des hypothèses et à élaborer des protocoles expérimentaux afin de tester leurs hypothèses par l'expérience. Ainsi posée, la DI s'affiche dans les programmes de sciences de collège comme une modalité d'enseignement des sciences fondée sur la résolution de problèmes par franchissement d'obstacles cognitifs. Elle présente de l'activité de construction du savoir scientifique une image singulière, et place le problème scientifique dans le champ des « anomalies » conservant ainsi la connotation négative héritée du langage courant. On retrouve ici les traits d'une épistémologie « bachelardienne » dans laquelle le problème à résoudre apparaît comme une anomalie au regard de ce qui est attendu (Mathé *et al.* 2008). Dans ce contexte, le rôle de l'enseignant n'est plus tant de présenter aux élèves les résultats de la science que de proposer des problèmes dont le traitement sera l'occasion d'apprentissages de concepts et de savoir-faire dans un cadre que l'on voudrait davantage socioconstructiviste. En outre, la formulation d'une situation-problème, telle qu'elle se voit définie dans les programmes, suppose que les enseignants connaissent les idées des élèves risquant de faire obstacle à l'apprentissage dans différents domaines des sciences physiques et qu'ils soient capables de les exploiter pour élaborer des problèmes adéquats.

1. Une formation pour favoriser le dialogue entre les textes des programmes et les enseignants : problématique et questions de recherche

Depuis 2005, plusieurs études se sont développées dans le but de caractériser la façon dont les enseignants de sciences de collège se sont approprié la DI. Les travaux de Calmettes ont mis en évidence des écarts et des tensions entre la façon dont la DI s'incarne dans les classes de sciences physiques et la façon dont elle s'exprime à travers la demande institutionnelle. Selon Calmettes, il existe une certaine variabilité dans la mise en œuvre de la DI au sein des pratiques ordinaires d'enseignement (Calmettes 2009). Nous avons relevé une variabilité semblable lors de l'analyse de fiches de préparation d'enseignants labélisées « démarche d'investigation » mises à disposition sur le portail de huit académies différentes et

dans lesquelles les notions d'obstacles cognitifs et d'hypothèses apparaissent peu fréquentes et/ou peu appropriées, et où l'idée de situation-problème (Robardet 2001) se voyait dissoute au sein d'un espace de contextualisation créé par les enseignants et absent des programmes : la « situation de départ » (Mathé *et al.* 2008). Celle-ci est le lieu de petites anecdotes conçues pour introduire de manière ludique le parcours proposé aux élèves. L'analyse de ces situations montre qu'elles participent rarement à l'émergence d'un problème scientifique à résoudre.

De telles tendances nous permettent de penser que les intentions des auteurs des programmes n'ont pas été directement perçues par les enseignants qui agissent en « transformateurs d'intentions didactiques » (Hirn 1995), non seulement parce que les innovations institutionnelles viennent s'inscrire dans des modes de pensées, une épistémologie, et des pratiques bien installés, mais aussi parce que les « repères conceptuels » (Mayen & Savoyant 2002) qui pourraient leur permettre de s'orienter dans leur activité, sont absents des programmes : la DI est ainsi construite autour de plusieurs notions clés (conceptions, obstacles cognitifs, hypothèses) qui ne sont pas définies et pas davantage illustrées.

C'est pour réduire l'écart entre les prescriptions institutionnelles et les pratiques des enseignants que nous avons conçu notre formation.

En prenant la démarche d'investigation comme un objet de formation, c'est-à-dire « pas seulement un contenu à enseigner, [...] mais comme un objet à travailler » (Mayen & Savoyant, 2002, p. 227), nous avons cherché à établir un « dialogue » entre les auteurs des programmes et les enseignants grâce à une intervention formatrice. L'impact de cette intervention a été mesuré à travers l'analyse de l'évolution des connaissances et des discours des enseignants formés sur quelques aspects de la DI telle qu'elle apparaît dans les programmes, analyse que nous avons menée à partir des questions de recherche suivantes :

(1) Comment ont évolué, au cours de la formation, l'appropriation et la mobilisation, par les enseignants, des notions de « conception », d'« obstacle cognitif » ?

(2) Comment ont évolué, au cours de la formation, l'appropriation et la mobilisation, par les enseignants, de la notion de démarche hypothético-déductive ?

(3) Quels autres aspects de la démarche d'investigation ont attiré l'attention des enseignants ?

(4) Quelles stratégies les enseignants mettent-ils en place pour concilier les exigences des programmes et les contraintes de terrain ?

Dans ce texte, nous présenterons uniquement quelques éléments de réponses à la première et à la quatrième question. Pour une analyse complète, nous renvoyons le lecteur à Mathé (2010).

2. Définition d'un cadre d'élaboration de la formation

La formation, d'une durée de 12 heures, s'est déroulée pendant l'année scolaire 2008-2009 dans le cadre du Plan Académique de Formation. Elle a concerné 20 enseignants issus de deux académies différentes. Inscrite dans le champ de la Théorie Anthropologique du Didactique (Chevallard 1999), cette formation avait pour but l'appropriation, par les enseignants formés, de savoir-faire (type de tâches et techniques utilisées pour la réalisation des tâches) et de savoirs (théories justifiant les techniques) associés aux notions d'obstacle cognitif, de conception et de situation-problème (voir tableau 1).

Objectifs	Type de tâche
<p>J1 Caractérisation de la façon dont les enseignants se sont approprié la DI.</p>	<p>J1 Questionnaire initial : les stagiaires expriment leurs idées sur la DI (traits spécifiques, difficultés de mises en œuvres, exemples).</p>
<p>J1 Explicitation des programmes autour des notions d'obstacles cognitifs, de conception et de situation-problème.</p> <p>Savoirs visés : J1 Savoir ce qu'est une conception/Distinguer conception, difficulté récurrente, réponse d'élève à une question.</p> <p>Savoir-faire associés : J1 Savoir repérer une conception J2 Savoir construire un problème en référence à une conception identifiée ou connue.</p>	<p>J1 Apports didactiques sur les conceptions + exemples de conceptions associées aux savoirs en jeu dans les programmes de 5^e et 4^e.</p> <p>J1 Questionnaire « conceptions » : les stagiaires disposent d'un questionnaire didactique visant l'identification des conceptions des élèves à propos de transformations chimiques. Ils doivent identifier les conceptions initiales des élèves et les difficultés qu'ils peuvent rencontrer dans la mise en pratique de ce thème.</p> <p>J2 Enregistrement audio d'une séance de travail consacrée à l'élaboration d'une situation problème par petits groupes d'enseignants, puis recueil des travaux.</p>

Tableau 1 : *Présentation des savoirs et des savoir-faire abordés lors des journées J1 et J2 de la formation*

Comme annoncé précédemment, nous nous intéressons ici uniquement à l'évolution du rapport des enseignants formés aux notions d'obstacle cognitif et de conception en termes de savoir et de savoir-faire.

L'établissement du dialogue que nous ambitionnions visait à rendre les enseignants aptes à prendre en compte des conceptions d'élèves pour formuler un problème qui favorise leur dépassement et qui permette la mise en œuvre, par les élèves eux-mêmes, d'une démarche hypothético-déductive. La journée 1 était centrée sur les apports théoriques et sur la réalisation d'une tâche d'entraînement visant l'identification et la caractérisation de conceptions d'élèves à partir d'un questionnaire de type didactique. La journée 2 avait pour but l'élaboration d'une séquence d'investigation qui allait être discutée lors de la journée 3 après mise en place de la séquence en situation réelle de classe.

Précisons que la notion de conception a été présentée aux enseignants formés comme une forme de raisonnement ou une connaissance permettant à l'élève d'expliquer et de prévoir de manière opérationnelle un certain nombre d'observations. Il leur a également été rappelé qu'il s'agit d'une construction *a posteriori* du chercheur (en didactique des sciences par exemple). Notre intention n'était pas de proposer une définition de la notion de conception, mais de permettre aux enseignants de comprendre les raisons d'un certain nombre de réponses qu'ils voient s'exprimer dans leur classe. Il s'agissait également de leur faire prendre conscience du fait que certaines de ces réponses, bien que non conformes à celles apportées par les sciences physiques, sont souvent sous-tendues par des raisonnements d'une telle cohérence qu'ils résistent à l'appropriation de savoirs alternatifs ; des réponses sous-tendues par un raisonnement de type « linéaire causal » ont ainsi été présentées en électrocinétique.

3. Méthodologie de recueil et d'analyse des données

Les apports de la formation en termes de savoir-faire liés aux notions d'obstacles cognitifs et de conceptions ont été évalués à travers l'évolution du discours des enseignants au cours des différentes étapes de la formation, notamment à partir des réponses aux questionnaires (voir tableau 1), et des transcriptions d'enregistrements audio réalisés lors de la journée 2.

Cette dernière est venue s'appuyer sur le découpage du *verbatim* des enseignants en « unités de signification » (Bardin, 1977), c'est-à-dire en autant d'unités que l'on a pu déceler à chaque transition thématique identifiée lors de la lecture des transcriptions. Ceci nous a permis de reconstruire le discours des enseignants formés sur des notions telles que celle de « conception », d'en dégager les traits principaux afin de les mettre en perspective avec les opinions recueillies grâce au questionnaire initial (tableau 1). Nous avons ainsi supposé que le discours des enseignants au cours de l'étape d'élaboration d'une séquence d'investigation (journée 2) était marqué à la fois par les apports théoriques et par une tâche d'entraînement consistant en un repérage de conceptions à partir de réponses d'élèves à un questionnaire conçu par des chercheurs en didactique.

Ce questionnaire avait pour but de révéler les types de raisonnement mis en œuvre pour expliquer quelques conséquences de la transformation chimique résultant d'un mélange de zinc métallique et d'acide chlorhydrique en solution (amincissement de la lame de zinc, formation de dihydrogène, évolution de la quantité d'acide, arrêt de la transformation). La façon dont les enseignants pouvaient approcher les réponses des élèves a été caractérisée selon trois niveaux hiérarchiques distincts (voir tableau 2). À chaque niveau était associée une unité de signification correspondant, dans la plupart des cas, à une tentative d'interprétation, par l'enseignant, des réponses des élèves en termes de conceptions ou de raisonnements sous-jacents.

Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3
L'élément de réponse de l'enseignant porte sur les lacunes ou les incompréhensions de l'élève quant au concept qui lui aurait permis de répondre correctement.	L'élément de réponse de l'enseignant montre un repérage de similitudes pertinentes dans les réponses des élèves. Ces dernières sont citées ou paraphrasées, mais pas interprétées.	Les enseignants ont repéré, à partir des similitudes dans les réponses des élèves, une tendance de raisonnement sous-jacente.

Tableau 2 : Niveaux d'interprétation des réponses des élèves

4. Résultats

4.1. Comment les enseignants interprètent-ils des réponses d'élèves à un questionnaire didactique après apports théoriques ?

Le questionnaire présenté aux enseignants visait la mise en évidence de deux conceptions fréquemment utilisées par les élèves pour interpréter certaines conséquences associées aux transformations chimiques (Brosnan, 1990, Hatzinikita *et al.*, 2005, Gauchon *et al.* 2007) : la confusion entre transformation physique et transformation chimique (la disparition d'une partie du zinc métallique est perçue comme une dissolution), et la conception « agent/patient » (l'acide chlorhydrique est considéré comme responsable de la disparition du zinc métallique et ne subit aucune détérioration). Les réponses des enseignants ont été découpées en unités de significations (US) qui ont été ensuite classées selon les trois niveaux du tableau 2.

Intéressons-nous à la réponse suivante, proposée par l'un des enseignants formés pour interpréter la phrase « c'est l'acide qui ronge la plaque » qu'un élève propose pour expliquer l'amincissement de la plaque de zinc : « Lors d'une réaction chimique, il y a un acteur et un autre qui subit : HCl agit et Zn subit ici. HCl agit mais il n'est en rien changé car rien ne se passe visuellement (pas de changement de couleur ni de volume) ». Cette réponse est composée de deux phrases, qui véhiculent chacune une idée. Dans la première phrase, on trouve l'idée que les réactifs ont des rôles dissymétriques : l'un est agent, l'autre patient. Tandis que dans la deuxième phrase, l'enseignant fait référence au fait que les élèves considèrent que la matière est transformée seulement si cette transformation est visible, perceptible par leurs sens. Nous avons donc ici deux unités de signification distinctes, correspondant au niveau 3. Le tableau 3 rend compte de la répartition des réponses des enseignants par niveau d'interprétation. Deux tiers des enseignants ont su interpréter certaines réponses des élèves avec un degré élevé de généralisation. La conception « agent/patient », la confusion entre transformations physique et chimique, ont, par exemple, été clairement formulées. Une moitié des enseignants a, par ailleurs, repéré des similitudes pertinentes (manifestations de conceptions) dans des réponses d'élèves, s'arrêtant, ici, à citer ou paraphraser ces derniers. Enfin, moins de la moitié des enseignants a évoqué certaines réponses erronées des élèves

uniquement du point de vue des lacunes ou incompréhensions des concepts qui leur auraient permis de répondre correctement.

Niveau d'interprétation	Exemple de réponse d'enseignant	nombre d'unités de signification	nombre d'enseignants (N = 20)
Niveau 1	« l'idée de transformation n'est pas acquise »	14	9
Niveau 2	« l'acide rouge, attaque »	20	9
Niveau 3	« les réactifs ont des rôles dissymétriques selon certains élèves »	33	13

Tableau 3 : Répartition des unités de signification choisies pour interpréter les réponses des élèves au questionnaire « transformation chimique »

4.2. Comment s'incarne l'appropriation par l'enseignant de la notion de conception dans l'élaboration d'une situation-problème ?

La deuxième séance de formation, durant laquelle les enseignants devaient élaborer une séquence d'investigation, a montré que les quatre groupes de travail (notés A, B, C et D) avaient réalisé le choix de l'objectif de connaissance en fonction de l'existence de conceptions sous-jacentes (voir tableau 4). Ainsi, les versions finales des problèmes reflètent les intentions des enseignants de faire dépasser par leurs élèves certains obstacles cognitifs, préalablement identifiés, pour acquérir la connaissance visée. Pour C, il s'agit de trouver « une perception pour eux qui serait contradictoire avec la réalité scientifique ». Il est par ailleurs intéressant de noter que la plupart d'entre eux ont pointé des objectifs du programme ne pouvant pas être traité selon une DI. Ainsi, A trouve que « c'est ça qui est difficile dans le programme de 3^e, c'est qu'il y a beaucoup de choses où ils n'ont pas d'idées préalables. Tu vois ? Le test de reconnaissance, ils pourraient peut-être faire quelque chose mais ils ont aucune idée là-dessus en fait » ; cette phrase fait écho à ce témoignage de B : « Ben moi, je leur demande comment passer de l'eau boueuse à l'eau limpide. Mais y a pas vraiment de conception à faire ressortir ».

Objectif de connaissance	Phrases des enseignants qui indiquent une prise en compte des conceptions
La masse totale est conservée au cours d'une transformation chimique	« J'ai fait brûler du charbon de bois, il n'y a plus rien dans le flacon »
Un volume donné de gaz possède une masse	« L'air ne pèse rien, lorsque l'on ajoute de l'air dans un ballon, il devient plus léger »
La combustion du carbone produit du dioxyde de carbone	« En fait, la conception c'est qu'ils pensent que le feu c'est de la matière »
La masse totale se conserve au cours d'une dissolution	« Une dissolution est comprise comme une disparition de matière »

Tableau 4 : Objectifs de connaissance choisis par les quatre groupes d'enseignants et conception associée

Pour terminer, nous souhaiterions présenter quelques éléments de réponse à notre quatrième question de recherche qui avait pour objet de relever les stratégies pédagogiques mises en place par les enseignants pour tenter à la fois de respecter les caractéristiques propres à la démarche d'investigation et de s'adapter à diverses contraintes : temps, matériel, effectifs, etc.

4.3. Quelles stratégies les enseignants mettent-ils en place pour concilier les exigences des programmes et les contraintes de terrain ?

Lorsque les enseignants ont tenté de mettre en application ces directives au cours de la séance de travail, il est apparu de manière récurrente une stratégie consistant en la mise en scène du problème de la manière suivante : deux personnages, aux points de vue différents sur une situation donnée, dialoguent ; l'un des points de vue correspond à la connaissance visée, sous la forme d'une prévision ou d'une hypothèse, l'autre représente la conception à déstabiliser, également sous la forme d'une prévision ou d'une hypothèse explicative. Cette manière de présenter le problème semble également s'appuyer sur une vision particulière du rôle de l'expérience. Celle-ci est considérée, par une grande partie des enseignants, comme un moyen de trancher définitivement sur la validité d'une hypothèse. Ainsi, telle une « expérience cruciale », elle est utilisée pour départager les deux personnages de la situation de départ.

Elle permet, selon ces enseignants, de rejeter l'idée liée aux conceptions des élèves et de confirmer, dans le même temps, celle qui constitue la connaissance à acquérir. Cette manière de procéder répond également à des préoccupations de gestion de classe. Plusieurs enseignants se sont exprimés sur la difficulté qu'ils voyaient à laisser les élèves formuler leurs hypothèses librement, se demandant comment ils pourraient prendre en compte toutes ces propositions dans un temps compatible avec les contraintes des programmes. Cette mise en scène du problème, sous la forme d'un dialogue entre deux personnages, possède donc l'avantage non négligeable, pour les enseignants, de limiter les possibilités de propositions des élèves à deux hypothèses seulement. Les élèves n'ont alors plus qu'à prendre parti pour l'une ou pour l'autre des hypothèses, au cours de la discussion animée par l'enseignant, consacrée à l'appropriation du problème par les élèves.

La contextualisation du problème scientifique, de manière plus générale, a également été l'objet de discussions dans la moitié des groupes de travail. Considérée comme un moyen de motiver et d'impliquer les élèves, elle risque, selon certains, de brouiller le problème scientifique. Les enseignants ont, en effet, conscience que les élèves peuvent focaliser leur attention sur des « problèmes » annexes, bien éloignés du problème scientifique visé par l'enseignant. Ces enseignants réfléchissent donc à la possibilité de proposer une situation intégrant le problème scientifique de manière pertinente, pour éviter ainsi des recadrages dans la classe, lors de la phase d'appropriation du problème par les élèves.

Enfin, le choix du matériel qui servira à réaliser l'expérience a été considéré, par tous les groupes, comme une tâche trop difficile pour les élèves. De plus, le matériel

disponible dans les établissements est souvent en quantité limitée, et peu varié, ne permettant pas aux enseignants de répondre à toutes les demandes des élèves. La situation de départ a donc également été évoquée à cette occasion : dans quelle mesure peut-on suggérer un certain type de matériel, sans trop limiter l'autonomie des élèves ? Un seul groupe a finalement suggéré du matériel à travers la situation de départ.

Dans sa mise en place dans la classe, la démarche d'investigation, telle qu'elle est décrite, entraîne de nombreuses incertitudes pour les enseignants : gestion de toutes les propositions des élèves (hypothèses, protocoles...). On a pu remarquer que les enseignants tentaient de limiter ces incertitudes à travers diverses stratégies pédagogiques : matériel imposé, mise en scène d'un conflit cognitif, etc. Les enseignants tentent donc de reprendre un certain contrôle, à juste titre, compte tenu des contraintes didactiques fortes (effectifs, matériel, temps,...). Il s'agirait donc de cadrer un peu plus les élèves, d'être moins ambitieux sur leur autonomie, et d'assumer ce type de guidage.

5. Bibliographie

- Bardin, L. (1977). *L'analyse de contenu*. Paris : PUF (réédition 1993).
- Brosnan, T. (1990). Categorizing macro and micro explanations of material change. In P.-L. Lijnse, P. Licht, W. de Vos, A.-J. Waarlo (dir.). *Relating macroscopic phenomena to microscopic particles* (198-212). Utrecht : CdbPress.
- Calmettes, B. (2009). Démarche d'investigation en Physique. Des textes officiels aux pratiques de classe. *Spirales*, 43, p. 139-148.
- Chevallard, Y. (1999). L'analyse des pratiques enseignantes en théorie anthropologique du didactique. *Recherche en didactique des mathématiques*, 19 (2), p. 221-265.
- Gauchon, L. & Méheut, M. (2007). Learning about stœchiometry : from students'preconceptions to the concept of limiting reactant. *Chemistry Education Research and Practice*, 8 (4), p. 362-375.
- Hacking, I. (1983/2005). *Representing an Intervening*. Cambridge : University Press Cambridge.
- Hatzinikita, V., Koulaïdis, V., Hatzinikitas, A. (2005). Modeling pupils'understanding and explanations concerning changes in matter. *Research in Science Education*, 35, p. 471-495.
- Hirn, C. (1995). Comment les enseignants de sciences physiques lisent-ils les intentions didactiques des nouveaux programmes d'optique de classe de quatrième ? *Didaskalia*, 6, p. 39-54.
- Mayen, P. & Savoyant, A. (2002). Formation et prescription : une réflexion de didactique professionnelle. *Actes du 37^e congrès de la Société d'Ergonomie de Langue Française*, Aix-en-Provence, p. 226-232.

- Mathé, S. (2010). La « démarche d'investigation » dans les collèges français : Elaboration d'un dispositif de formation et étude de l'appropriation de cette nouvelle méthode d'enseignement par les enseignants. Thèse de l'université Paris-Diderot-Paris 7.
- Mathé S., Méheut M., De Hosson C. (2008). Démarche d'investigation au collège : quels enjeux. *Didaskalia*, 32, p. 41-76.
- Robardet, G. (2001). Quelle démarche expérimentale en classe de physique ? Notion de situation-problème. *Bulletin de l'Union des physiciens*, 836, p. 1173-1190.

