

CALMETTES, B. (2009). Milieu didactique et démarches d'investigation. Actes du premier Colloque International de l'ARCD « Où va la didactique comparée ? ». GENÈVE (Suisse) : ARCD.

bernard.calmettes@toulouse.iufm.fr

Milieu didactique et démarche d'investigation en physique Analyses de pratiques ordinaires

Bernard Calmettes

DiDiST-CREFI-T – Université de Toulouse 3 (France)

Gridife – ERTE 64 – IUFM de Midi-Pyrénées – Ecole Interne de l'Université de Toulouse 2 (France)

Résumé

La démarche d'investigation a été proposée récemment dans les textes institutionnels, au niveau du Collège en France (2005). Sa mise en œuvre nécessite la mise en perspective de ses références socioconstructivistes, d'un point de vue épistémologique et en termes de processus d'enseignement-apprentissage. Cette démarche présente également des caractéristiques des situations adidactiques. Dans la recherche présentée et en relation avec les références citées, la notion de milieu didactique est mise en œuvre pour étudier des séances réalisées par des enseignants stagiaires, notamment lors des phases de problématisation et de formulation d'hypothèses.

Mots-clés

Milieu didactique - Démarche d'investigation – Didactique de la physique – Situation adidactique - Pratiques ordinaires.

Contexte de la recherche

Les textes institutionnels relatifs à l'enseignement en collège (MEN, 2005 ; MEN, 2007) proposent pour l'ensemble des disciplines scientifiques (mathématiques, SVT, physique et chimie) la mise en place, parmi d'autres démarches possibles, d'une démarche d'investigation (DI). Ces textes en proposent une description sous forme d'un « canevas » en « sept moments » :

1. Le choix d'une situation - problème par le professeur.
2. L'appropriation du problème par les élèves, guidée par l'enseignant.
3. La formulation de conjectures, d'hypothèses explicatives, de protocoles possibles pour élaborer des expériences tests.
4. L'investigation ou la résolution du problème conduite par les élèves : débat interne, contrôle des modalités des expériences, description des méthodes et exploitation des résultats, recherche de justification et de preuve, confrontation avec les hypothèses.
5. L'échange argumenté autour des propositions élaborées par communication des résultats, confrontation, débat, recherche d'arguments.
6. L'acquisition et la structuration des connaissances : mise en évidence avec l'enseignant des nouveaux éléments de savoirs (notion, technique, méthode), confrontation avec le savoir établi (recherche documentaire, manuel).
7. L'opérationnalisation des connaissances : exercices et problèmes de réinvestissement, évaluation des connaissances et compétences.

L'observation, l'expérimentation, l'action directe sont privilégiées et les modes de regroupements d'élèves « favorisent l'expression sous toutes ses formes et permettent un accès progressif à l'autonomie. » La phase finale de synthèse et de structuration doit mettre en évidence à la fois les apports scientifiques en termes de contenus (axe privilégié), dégager et expliciter les méthodes mises en œuvre.

Cadre théorique

Des références pour la démarche d'investigation

Morge et Boilevin (2007, 31-40) définissent, à partir d'un ensemble de situations proposées dans la littérature didactique, des critères permettant de caractériser une DI, mettant notamment en évidence des tâches qui relèvent de la responsabilité de l'élève et que l'enseignant doit leur déléguer. C'est le cas, par exemple, pour l'élaboration des productions en réponse aux tâches ou dans le contrôle des productions par la recherche de validité (expérience) et de cohérence (théorie). Dans la DI, les élèves effectuent des apprentissages par la réalisation de tâches d'ordres conceptuel et empirique qui ne se limitent pas à du réinvestissement. Pour ces auteurs, en DI, les situations d'apprentissage reposent, comme d'autres dispositifs (situation problématique ouverte, situation adidactique), sur « l'hypothèse socio-constructiviste » (Morge et Boilevin, 2007, p. 20).

D'un point de vue de la construction scientifique des savoirs, ces mêmes auteurs privilégient la référence à la pratique de la recherche scientifique qui comporte, de manière identique à la DI, un problème à résoudre, un travail en équipe et des communications. En terme de résolution de problème, les « séquences s'appuient sur certaines idées contemporaines [...] par exemple les] rapports entre théorie et faits d'observation (abandon de la vision inductiviste pour une approche hypothético-déductive). » (Morge et Boilevin, 2007, p. 20). « Référence » ne signifie pas « identité » et bien évidemment, il ne peut s'agir de « reproduire » en classe un laboratoire de chercheur scientifique et bien d'autres aspects seraient à discuter de ce point de vue : durée, recherches bibliographiques, gestion des errements, contextes de production, programmes de recherche, etc.

Les principes socioconstructivistes de cette démarche sont affirmés par Larcher et Schneeberger (2007) qui relèvent que « de nombreuses recherches didactiques [...] ont travaillé ces contextes. » Pour Mathé et al. (2008), la DI privilégie une approche « hypothético-déductive à partir d'un conflit cognitif », cela « suppose un déplacement d'un point de vue transmission-application vers un cadre socioconstructiviste qui donne davantage de responsabilité aux élèves en termes de développement de démarches et d'élaboration de savoirs. Les propositions didactiques sont orientées selon deux directions principales, une a pour objectif de « donner une image plus riche et variée des démarches scientifiques » (formulation, reformulation d'un problème, formulation d'hypothèses, planification d'expériences, amélioration d'un protocole, recueil et traitement des données, interprétation des données, usage de simulations, débats, etc.), l'autre tend à « donner davantage d'autonomie aux élèves : leur proposer des tâches plus ouvertes leur permettant de développer des activités de plus haut niveau cognitif. » Dans les DI, l'enseignant, s'il guide les élèves, agit davantage en médiateur, au sens de Weil-Barais et Dumas-Carré (1998), laissant la possibilité à l'élève « de choisir, d'argumenter et de discuter la validité de leurs propositions. »

En conclusion, dans la démarche d'investigation, d'un point de vue didactique, « le constructivisme et le socio-constructivisme apparaissent à la fois des références épistémologiques (construction des savoirs scientifiques) et des références pour les méthodes d'enseignement-apprentissage » (Calmettes, 2008b). Les connaissances sont construites par un sujet en interaction avec un milieu pour apprendre, dans un contexte social (ses pairs, l'enseignant) ; les concepts et les savoirs scientifiques apparaissent comme construits selon une approche hypothético-déductive, grâce à l'investigation, par l'activité, en cohérence avec un référent empirique et des registres théoriques.

Démarche d'investigation et situation didactique

Pour Brousseau (2003), une situation est une interaction constructive de connaissance entre un actant et un milieu : c'est « un jeu hypothétique qui explicite un système minimal de conditions nécessaires dans lesquelles une connaissance (mathématique) déterminée peut se manifester par les décisions aux effets observables (des actions) d'un actant sur un milieu. » La situation est didactique lorsqu'un « actant

organise un dispositif qui manifeste son intention de modifier ou de faire naître les connaissances d'un autre actant et lui permet de s'exprimer en actions. » La situation est adidactique si elle ménage des espaces partiels de liberté « d'interventions directes. » Dans cet espace, « le maître se refuse à intervenir comme proposeur des connaissances qu'il veut voir apparaître » (Brousseau, 1998). En ce sens, les DI paraissent compatibles avec les situations adidactiques.

La démarche d'investigation place les élèves dans un système d'actions qui le conduisent à agir et à identifier, à comprendre et à exprimer jusqu'à un niveau formel les connaissances qu'il met en jeu. Les savoirs sont institutionnalisés par une mise en perspective de ces connaissances avec des savoirs constitués antérieurement. L'enseignant invite alors les élèves à se rendre responsables de l'appropriation de ces savoirs. L'enseignant définit ainsi « les rapports que peuvent avoir les comportements ou les productions "libres" de l'élève avec le savoir culturel ou scientifique et avec le projet didactique : il donne une lecture de ces activités et leur donne un statut » (Brousseau, 1998).

Pour analyser les situations, Sensevy (2007) propose de s'intéresser au quadruplet du jeu didactique (définition, dévolution, régulation, institutionnalisation), au triplet des génèses (mésogénèse, chronogénèse, topogénèse) et au doublet contrat et milieu didactiques.

L'option de recherche prise ici privilégie l'étude de la phase de dévolution en relation avec la construction du milieu.

La dévolution (Brousseau, 2003) correspond au « processus par lequel l'enseignant parvient à placer l'élève comme actant dans une situation adidactique [en cherchant] à ce que l'action de l'élève ne soit produite et justifiée que par les nécessités du milieu et par ses connaissances. » L'élève devient, au moins pour un temps, responsable dans la construction de leurs apprentissages.

Le regard est donc posé sur la construction du milieu dans les phases initiales de problématisation et de construction des hypothèses et sur les conséquences de cette construction en termes de déroulement et de conformité aux références à la démarche d'investigation.

La notion de « milieu » nécessite une approche théorique plus approfondie.

Milieu didactique et évolution du milieu

Brousseau (1986a) définit « le milieu [comme] le système antagoniste du système enseigné ». Dans les situations adidactiques, l'élève « apprend en s'adaptant à un milieu qui est facteur de contradictions, de difficultés, de déséquilibres [...] Le savoir, fruit de l'adaptation de l'élève, se manifeste par des réponses nouvelles qui sont la preuve de l'apprentissage » (Brousseau, 1988).

À la suite de Brousseau, différents chercheurs s'intéressent à la structuration du milieu et à son intérêt dans l'analyse des situations. L'objectif est de s'interroger en particulier (Margolinas, 1998) :

- du point de vue de l'élève, sur « l'adéquation entre le milieu avec lequel l'élève-sujet interagit et le milieu didactique d'une situation fondamentale relative au savoir à enseigner » ou sur « les connaissances nécessaires à l'interaction avec le milieu ou produites par cette interaction. »
- du point de vue de l'enseignant, sur le contrôle du « milieu avec lequel l'élève interagit » ou sur « les connaissances [qui lui sont] nécessaires à l'interaction avec le milieu ou produites par cette interaction. »

Une réflexion sur le milieu, son rôle et sa dynamique dans la situation conduit à une représentation dite « en oignon » (Brousseau, 1990) ou « métaphore de l'emboîtement des niveaux du milieu » (Margolinas, 1998) mettant en perspective les positions de l'enseignant, de l'élève, le milieu et la situation.

Dans le cadre de la recherche présentée, il est convenu de s'intéresser essentiellement aux niveaux de milieux correspondants aux situations dans lesquelles l'élève construit des connaissances (analyse ascendante, point de vue de l'élève).

S : situation ; M : milieu ; E : élève ; P : professeur.

Milieu	Élève	Professeur	Situation
--------	-------	------------	-----------

M0 d'apprentissage	E0 élève	P0 professeur	S0 didactique
M-1 de référence	E-1 apprenant	P-1 observateur	S-1 d'apprentissage
M-2 objectif	E-2 agissant		S-2 de référence
M-3 matériel	E-3 objectif		S-3 objective

Les propositions de Margolinas peuvent être synthétisées ainsi :

- Le milieu matériel de la situation objective comporte les objets disponibles qui permettent une entrée dans le problème.
- Le milieu objectif de la situation de référence correspond aux objets avec lesquels l'élève établit un rapport localement stable, issus de la situation objective.
- Le milieu de référence est relatif aux connaissances en jeu, celles que le professeur a pour projet que l'élève apprenne.
- Le milieu d'apprentissage est celui de la situation didactique dans laquelle l'élève formule ce qu'il a appris et l'enseignant va intervenir pour conclure.

Perrin-Glorian (1998) distingue dans le milieu trois composantes – non indépendantes :

- La composante matérielle est constituée de données objectives, matérielles ou non..
- La composante cognitive comporte des savoirs stables, institutionnalisés, nécessaires pour mettre en place un mode de résolution.
- La composante sociale est constituée des autres acteurs qui peuvent intervenir dans la résolution : partenaires, autres élèves, professeur.

Ces propositions complètent celles de Margolinas et conduisent à préciser, par exemple, que les objets disponibles dans le milieu matériel peuvent être des savoirs antérieurs, disponibles parce qu'institutionnalisés (donc a priori les mêmes pour tous les élèves) et pouvant fournir des rétroactions suffisantes aux actions du sujet dans les situations objective et de référence.

Dans la DI et relativement à ses références (adidacticité, socioconstructivismes), on peut penser que les élèves, en rapport avec le milieu, prenant en compte les objets matériels, les connaissances initiales, les interactions entre pairs, vont produire les comportements et permettre la construction des connaissances attendues.

Questions de recherche :

Qu'en est-il dans des séances de classes ? Le milieu matériel permet-il effectivement la problématisation et la formulation d'hypothèses ?

Méthodologie

La recherche concerne l'étude des milieux lors de la mise en œuvre de séances avec démarche d'investigation conçues et réalisées par des professeurs stagiaires en formation initiale. Ce sont des « pratiques ordinaires » (Laborde et al., 2002) dans la mesure où les dispositifs d'enseignement étudiés ne sont pas construits pour la recherche. Il s'agit de « caractériser leur fonctionnement habituel du point de vue des contenus disciplinaires en jeu. » Le chercheur n'est ni le formateur, ni un évaluateur institutionnel des pratiques.

Les stagiaires ont travaillé auparavant, en formation (IUFM en France), sur les concepts en physique, la conceptualisation et les conceptions initiales des élèves. Concernant les pratiques expérimentales, ils suivent un ensemble de cinq séances de trois heures. Les deux dernières séances, encadrant des pratiques de classe suivant un principe d'alternance, portent spécifiquement sur la démarche d'investigation. Le dispositif de formation a fait l'objet d'études spécifiques (Calmettes, 2007, 2008a).

Le corpus des données recueillies, et partiellement exploité ici, est constitué par :

- Les enregistrements audio et/ou vidéo des séances menées par des enseignants (12 séances avec 12 enseignants différents repérées par des lettres, de A à L) ;
- Les verbatims d'entretiens conduits auprès des enseignants, avant les séances (entretien pré) -

afin de clarifier les objectifs et les déroulements des démarches envisagées - et après les séances (entretien post) – pour recueillir leur analyse des événements qu'ils ont vu s'y dérouler ;

- Les documents de préparation de séances des enseignants, les fiches de travail et les comptes-rendus des travaux réalisés par les élèves ;
- Les compte-rendus, rédigés par les stagiaires dans le cadre de la formation, des activités qu'ils ont réalisées en classe.

Résultats

Dans la grande majorité des séances observées, la question de départ donnée aux élèves fait référence à la vie quotidienne ou à des situations imaginaires ; elle est souvent posée avec une « accroche ludique car cela rend la situation plus attrayante pour les élèves » (entretien pré, A). Ce résultat recoupe des analyses issues d'autres travaux de recherche sur la DI (Mathé et al., 2008).

Les analyses mettent en évidence une grande variabilité dans la constitution des milieux et dans les déroulements des séances, y compris lorsque des stagiaires disposent de mêmes matériels et d'objectifs identiques en termes de connaissances à faire construire par les élèves. Des études de cas relatives à des choix de milieux matériels – associés à des variables de ses composantes - et d'effets de ces milieux sont maintenant présentées en perspective avec le déroulement de la DI.

Les séances se sont déroulées en 2007/2008 dans des classes de collège en fin de cycle d'étude de l'électricité. Elles ont une durée de 1h20 min. Les groupes de travaux pratiques sont formés de 15 à 18 élèves, placés en 6 groupes formant des binômes ou des trinômes.

Séances en cinquième : milieux et choix épistémologiques

Dans les séances en cinquième (5A et 5B), la tâche fixée par les enseignants (A et B) aux élèves consiste à déterminer les circuits électriques (non visibles) de « boîtes noires » à partir des comportements physiques relatifs de certains de ses composants. Chacune des boîtes présente extérieurement une ou deux lampes et un ou deux interrupteurs sur lesquels il est possible d'agir (les positions « fermé » et « ouvert » sont repérées). Cette situation est dérivée de celle proposée par Morge et al. (2005). Ont été abordés auparavant les types de circuit, série et dérivation, le rôle d'un interrupteur.

L'analyse a priori décrit les conditions possibles à partir desquelles le milieu didactique peut être conçu par les enseignants en respectant le cadre de la démarche d'investigation. Les élèves pourraient imaginer et représenter les circuits électriques possibles (hypothèses), puis prévoir le fonctionnement de chaque circuit, ce qui amène à construire un protocole expérimental : actions sur les interrupteurs et éclairagements correspondants des lampes. Ils mettent ici en jeu le milieu matériel (situation objective) - les boîtes, la consigne, leurs connaissances antérieures - pour construire le milieu objectif (hypothèses et protocoles, argumentations) et le milieu de référence dans lequel se trouvent des propositions qu'ils établissent à propos des circuits électriques. Enfin, la mise en perspective du fonctionnement réel de chacune des boîtes avec celui des types de circuits imaginés permet de valider in fine les circuits de chacune des boîtes, l'explication des fonctionnements des circuits et les protocoles à institutionnaliser (milieu d'apprentissage). Les échanges entre élèves (composante sociale) peuvent avoir lieu pour confronter les hypothèses, les protocoles, les résultats expérimentaux. Ils peuvent ainsi éventuellement argumenter sur les fonctionnements des circuits et confronter leurs conceptions.

Enseignant A : une contrainte méthodologique

L'enseignant A distribue une fiche comportant l'accroche, la liste des matériels disponibles, la consigne : « Tu dois retrouver les schémas électriques correspondant aux six boîtes. Pour cela tu dois : ouvrir et fermer les interrupteurs. Tes observations doivent te guider pour déterminer le schéma électrique puis faire le montage pour vérifier. »

La consigne propose une entrée dans l'activité par l'observation. Les élèves manipulent les interrupteurs et regardent la manière dont les lampes s'allument – ou pas. La plupart des élèves déterminent assez

rapidement les circuits les plus simples comportant un seul interrupteur et correspondants de façon stricte aux circuits précédemment étudiés. Ils montrent ainsi qu'ils peuvent intégrer dans un raisonnement leurs connaissances antérieures et le résultat des actions manipulatoires. Mais peu d'élèves sont capables d'expliquer, à la demande de l'enseignant, en utilisant des schémas et par l'expression conceptuelle (circuits, courant, positions des composants), comment ils ont déterminé les circuits.

Les élèves essaient de poursuivre l'investigation, selon la consigne et avec la même procédure, sur les circuits plus compliqués comportant deux interrupteurs. La plupart d'entre eux échouent dans cette entreprise, ce qui met en évidence les limites d'une approche strictement inductiviste. L'observation qui peut s'avérer finalement assez armée dans les cas des circuits simples, ne l'est plus suffisamment dans les cas des circuits plus compliqués.

L'enseignant explique (entretien post, A) que, selon lui, « les élèves auraient dû trouver les circuits [et que] l'hypothèse, c'est à dire la solution, aurait dû venir de l'observation des éclairages des lampes [...] comme [les élèves] l'avaient fait pour les premiers circuits. »

Enseignant B : l'absence d'un prérequis

La fiche donnée par l'enseignant B aux élèves présente la consigne de recherche de manière légèrement différente. On y repère, comme dans le cas précédent, l'idée de « retrouver » les schémas des circuits mais un élément méthodologique est ajouté : « Tu peux ouvrir et fermer les interrupteurs et dévisser les lampes. »

Comme dans le cas A, les élèves semblent réussir à déterminer les circuits – mais pas à argumenter – lorsque ceux-ci sont simples, et seulement en manipulant les interrupteurs, mais il y a échec dans le cas des circuits plus compliqués.

L'enseignant, « pour les aider » (entretien post, B) rappelle et insiste sur la consigne du dévissage qui, selon lui, « devrait les mettre sur la bonne voie de résolution. » (entretien ante, B). Hors, les élèves n'ont pas auparavant étudié les effets du dévissage d'une lampe dans un circuit.

À partir de ce moment, les élèves procèdent, comme demandé, à des dévissages de lampes mais au lieu de les aider, cette opération les amène à remettre en question leurs réponses précédentes correctes. La déstabilisation créée les ramène en effet à des raisonnements correspondants à des conceptions erronées du type : pourquoi dans un circuit série, lorsqu'on dévisse n'importe quelle lampe, l'autre s'éteint ?

Lors de l'analyse de la séance (entretien post, B), l'enseignant explique que « les conceptions, c'était ce qu'il redoutait le plus » et que « c'était pour ça [qu'il avait] demandé qu'ils dévissent les lampes. » Il précise de plus qu'il ne pensait pas, après la première partie de la séance pendant laquelle les élèves avaient investi les circuits les plus simples, que « les élèves pouvaient encore avoir autant de conceptions erronées. »

Dans les deux cas (5A et 5B), les enseignants après avoir essayé vainement de conduire les réflexions des élèves – à partir des observations des lampes ou/et des dévissages – et sous la pression du temps, provoquent une rupture dans le déroulement prévue de la séance et distribuent ou écrivent au tableau un protocole de résolution détaillé, fonctionnel pour déterminer un des circuits compliqués, que les élèves commencent à investir dans la fin de la séance mais sans possibilité de réinvestissement pour la détermination des autres circuits.

Séances en quatrième : fermeture du milieu et formulation d'hypothèses

Dans les séances en quatrième (4C et 4D), les enseignants (C et D) présentent sur leur bureau un circuit série comportant deux lampes qui n'éclairent pas de la même façon (une semble ne pas éclairer du tout), alors que les élèves ont travaillé dans une séance précédente avec des circuits série dans lesquelles les lampes étaient identiques, donc avec des éclairages identiques. Les mesures d'intensité et de tension, les lois de l'électricité en régime continu ont été abordées. Les enseignants n'indiquent pas à ce moment-là que les lampes sont différentes.

On peut proposer une analyse a priori de la situation. Le moment de problématisation consisterait d'abord à discuter la situation expérimentale présentée et à faire émerger ce qu'elle a d'original ou de surprenant au regard des acquis précédents : le fait que des lampes en série n'éclairent pas de manière identique. Problématiser, dans le cadre de la DI, pourrait consister à vérifier que les savoirs antérieurs ne sont pas mis en défaut - validation expérimentale, mise en évidence de la nécessité d'effectuer des mesures et hypothèses sur les méthodes possibles (compte tenu du matériel disponible : un seul ampèremètre) pour mesurer l'intensité en différents points du circuit - puis à émettre des hypothèses permettant d'interpréter le fait que bien qu'il y ait unicité de courant, les lampes éclairent différemment. La mesure du courant dans le circuit comparée à celles des valeurs nominales de fonctionnement des lampes permet de comprendre ces variations d'éclairement. Le problème peut être considéré comme une imbrication de deux phénomènes :

- le premier, électrique, consiste en la mise en évidence, même dans le cas présenté expérimentalement, de l'unicité du courant
- le deuxième consiste dans la mise en relation des intensités des courants et des éclairements relatifs des lampes.

Différents scénarios sont proposés par les enseignants. Par exemple :

La fiche donnée par l'enseignant C aux élèves indique :

« Claire et Alain ont observé ce circuit, voici leurs hypothèses:

- Alain dit : Je pense que la lampe L1 brille plus que la lampe L2 car l'intensité du courant s'épuise au fur et à mesure que le courant traverse les lampes.

- Claire dit : Je pense que l'intensité du courant est la même partout. Les lampes doivent être différentes.

Qui a raison? »

L'enseignant D propose aux élèves : « Pour comprendre ce qu'il se passe, il faut essayer de relier l'observation de l'éclairement des lampes à des mesures de courant [...] Que pensez-vous du courant dans le circuit ? [...] Comment mesurer le courant à différents endroits ? »

L'enseignant E distribue une fiche avec la « situation déclenchante » suivante : « Anaïs et Pierre ont réalisé un circuit série avec deux lampes différentes (6V- 100 mA), (6V-350mA) et un générateur 6V. Ils s'aperçoivent que les deux lampes ont des éclats différents. Ils se posent alors la question suivante : L'intensité du courant est-elle la même dans ces deux lampes montées en série ? Aide Anaïs et Pierre à résoudre cette question [...] N'oublie pas qu'il est possible d'améliorer la précision des mesures en diminuant le calibre de l'appareil. »

Éléments d'analyse : le milieu didactique et la démarche d'investigation

En mettant en perspective le milieu didactique tel qu'il s'inscrit dans les principes de la DI (analyse a priori) avec le milieu didactique mis en place par les enseignants, il est possible de relever des écarts aboutissant dans les études de cas présentées à une perte par la fermeture du milieu, à différents degrés, de l'adidacticité de la situation et de l'autonomie des élèves. Les connaissances en jeu sont alors souvent réduites dans les séances observées à des réinvestissements ou/et à la mise en œuvre de procédures plus ou moins balisées (écrit, oral, pratique) par l'enseignant.

Les résultats évoqués montrent aussi que les conceptions des élèves relativement aux phénomènes physiques en jeu constituent un obstacle aux apprentissages en déstabilisant les éléments a priori disponibles de la composante cognitive de la situation objective. Les élèves ne peuvent plus alors progresser dans les niveaux de milieux supérieurs. Les injonctions ne correspondant pas à des préacquis (le dévissage des lampes) agissent de même.

Dans les séances en cinquième, les élèves peuvent montrer ce qu'ils savent faire (dans certains cas) mais ils ne savent pas toujours expliquer ce qu'ils font alors que l'enseignant le lui demande. Ils répondent à une question formelle au mieux par une action manipulatrice d'instruments, mais il est difficile de savoir si leur difficulté est liée à une absence d'apprentissage ou à une absence d'expression d'un éventuel apprentissage. La connaissance montrée ne se situe pas au niveau didactique attendu.

Les analyses montrent aussi la prégnance d'une méthode inductiviste sur une démarche faisant davantage appel à une construction problématisée d'hypothèses. Les points de départ de l'activité imposée par l'enseignant ne sont plus alors la problématisation et la construction d'hypothèses mais des actions manipulatoires et l'observation des résultats de ces actions. Dans ce cas, les élèves, ne sachant pas relier leurs manipulations à des connaissances qu'ils n'ont pas reformulées et à des hypothèses qu'ils n'ont pas posées, peuvent difficilement répondre à la question.

Les entretiens avec les enseignants permettent de préciser les stratégies qu'ils utilisent. Certains se disent conscients des difficultés potentielles que ce type de démarche peut faire apparaître chez les élèves. Ils préparent alors, au-delà du cas extrême présenté avec l'utilisation d'une fiche protocole, des « jokers », sortes d'indications ponctuelles, d'indices donnés au sein des composantes matérielles des milieux, permettant à l'élève de progresser dans la résolution du problème posé : « Il est difficile de prévoir, en préparant la séance, toutes les difficultés que pourront avoir les élèves. Mais j'ai pensé à quelques indices [...] Mais ce qui est difficile à ce moment-là, c'est aussi de se retenir pour ne donner que les indices sans explication pour ne pas casser l'intérêt de la démarche. » (entretien post, H)

Les enseignants pensent parfois limiter le nombre d'hypothèses (porosité du milieu) en considérant un risque de divergence ou l'impossibilité matérielle de les mettre en perspective avec un dispositif expérimental. C'est ce qui se produit lors des séances en quatrième. Les scénarios présentés construisent des milieux structurants et limitent de fait l'émergence de problématiques et d'hypothèses sur l'éclairage des lampes, pourtant à l'origine de la question initiale posée et à ramener rapidement sa résolution à des mesures d'intensités de courant en différents points du circuit pour montrer l'unicité de ce courant (contre des conceptions erronées). Les hypothèses sur la manière de montrer cette unicité (alors que les objectifs méthodologiques pourraient être des objectifs pour la DI) sont fortement induites : expression de « l'épuisement du courant » (C), « comment mesurer le courant en différents endroits » (D), « l'intensité est-elle la même dans les deux lampes » (E). Dans le cas de C, l'objectif principal de la DI n'est plus en fait l'investigation elle-même mais un essai pour mettre en évidence et dépasser des conceptions erronées.

L'enseignant E précise dans l'entretien post qu'il a « choisi d'indiquer que les deux lampes étaient différentes car [il voulait] éviter des questions embarrassantes sur l'éclairage. » De fait, les questions possibles sur les éclairages et sur la relation entre l'éclairage et l'intensité du courant ne sont pas pour autant évitées, d'autant que les deux lampes que l'enseignant a mises dans le circuit n'éclairent pas normalement, au sens scientifique du terme (elles ne sont pas placées dans les conditions nominales). Mais les élèves, dans le déroulement de la séance, ne posent pas à nouveau la question sur l'éclairage des lampes. L'enseignant E semble pour autant satisfait (entretien post, E) : « Le bilan est positif ; les élèves n'ont pas vu le problème de l'éclairage [...] Ils sont restés sur le courant. »

Brousseau (1998) indiquait que le milieu, pour pouvoir jouer son rôle, est soumis à trois contraintes : il « doit être facteur de contradictions, de difficultés, de déséquilibres donc d'adaptation pour l'élève », il « doit permettre le fonctionnement autonome de l'élève » et « l'apprentissage doit conduire à la maîtrise de savoirs mathématiques identifiés comme tels, et pas seulement de connaissances. »

L'analyse des situations présentées montre la difficulté de mise en oeuvre du milieu dans le cas de la DI.

Quelques éléments bibliographiques

BROUSSEAU, G. (1986). « Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques ». *Recherches en Didactique des Mathématiques*, n° 7.2, p. 33-115.

BROUSSEAU, G. (1988). « Le contrat didactique : le milieu ». *Recherches en didactique des mathématiques*, n° 9.3, p. 309-336.

BROUSSEAU, G. (1990). « Le contrat didactique, le milieu ». *Recherches en Didactique des mathématiques*, n°11.2-3. p 167-210.

BROUSSEAU, G. Textes rassemblés par Balacheff, N. et al. (1998). *Théorie des situations didactiques*. Grenoble : La Pensée Sauvage éditions.

BROUSSEAU, G. (2003). *Glossaire de quelques concepts de la théorie des situations didactiques en*

- mathématiques*. [pagesperso-orange.fr/daest/guy-brousseau/textes/Glossaire_Brousseau.pdf]
- CALMETTES, B. (2007). « Formation à la démarche d'investigation ». *Actes du congrès international Actualité de la Recherche en Éducation et en Formation* » (AREF). Strasbourg, AECSE et al.
- CALMETTES, B. (2008a). « Analyse d'un dispositif de formation à l'enseignement en sciences par démarche d'investigation ». *Actes du colloque de l'Association Internationale de Pédagogie Universitaire*. Montpellier.
- CALMETTES, B. (2008b à paraître). Des références pour la démarche d'investigation. Analyse de cas : séances de classe avec des professeurs stagiaires. *Dossiers des Sciences de l'Éducation, 20. Analyse de situations didactiques : perspectives comparatistes*. Toulouse : Presses Universitaires du Mirail.
- CALMETTES, B. (2009 à paraître). Démarche d'investigation en physique. Des textes officiels aux pratiques en classe. *Spirale, 43*.
- LABORDE, C ; COQUIDÉ, M ; TIBERGHIE, A. (2002). « Les situations de formation en vue de l'apprentissage du savoir scientifique et mathématique » In TIBERGHIE A. (coord.) *Des connaissances naïves au savoir scientifique – Programme « École et sciences cognitives »*. p. 81-108
- LARCHER, C. ; SCHNEEBERGER, P. (2007). Professionnalité des enseignants en sciences expérimentales. Une mosaïque de cas et d'approches pour une profession aux multiples facettes. Paris : INRP. *Aster, 45*, p. 7-16
- MARGOLINAS, C. (1998). « Le milieu et le contrat, concepts pour la construction et l'analyse de situations d'enseignement » In R. Noirfalise (dir). *Analyse des pratiques enseignantes en didactique des mathématiques. Actes de l'université d'été de La Rochelle*, p. 3-16. IREM de Clermont-Ferrand
- MATHÉ, S. ; MÉHEUT, M. ; DE HOSSON, C. (2008). Démarche d'investigation en collège : quels enjeux ? *Didaskalia, 32*, p. 41-76
- MORGE, L. et al. (2005). « Une situation didactique pour enseigner les principales caractéristiques des circuits électriques ». *Bulletin de l'Union des Physiciens, n°876*, p. 747-754.
- MEN (2005). « Programmes de l'enseignement des mathématiques, des SVT, de la physique-chimie. Introduction commune à l'ensemble des disciplines scientifiques ». *BOEN HS5* du 25 08 2005, Annexe 1, p. 6-7.
- MEN (2007). « Physique-chimie. Introduction générale pour le Collège. Contribution de la physique-chimie à l'acquisition d'une culture scientifique et technologique ». *BOEN HS6* du 19 04 2007, Annexe 4, p. 109-110.
- MORGE, L. ; BOILEVIN, J.-M. (2007). *Séquences d'investigation en physique-chimie, Collège, Lycée*. Clermont-Ferrand : CRDP d'Auvergne
- PERRIN-GLORIAN, M.-J. (1998). « Analyse d'un problème de fonctions en termes de milieu : structuration du milieu pour le maître et pour l'élève ». *Actes de l'université d'été de la Rochelle*. IREM de Clermont-Ferrand.
- SENSEVY (2007) ; Des catégories pour décrire et comprendre l'action didactique. In SENSEVY, G. et MERCIER, A. (dir). *Agir ensemble. L'action conjointe du professeur et des élèves*. Ed. Presses Universitaires de Rennes. p. 13-50
- WEIL-BARAIS & DUMAS CARRE A. (1998). « Les interactions didactiques : tutelle et/ou médiation » In A., Dumas Carré et A., Weil-Barais. *Tutelle et médiation dans l'éducation scientifique*. Berne : Peter Lang. . p. 1-15.