

FORMER SUR LES ASPECTS PRATIQUES ET THÉORIQUES DES INTERACTIONS ENSEIGNANT-ÉLÈVES EN CLASSE DE SCIENCES

Ludovic Morge

Cet article présente un dispositif de formation qui vise conjointement la compétence à interagir en classe de sciences dans une perspective socio-constructiviste et la maîtrise des conceptions épistémologiques et didactiques qui sous-tendent cette pratique. L'élaboration et la mise en œuvre de la formation ont permis de suivre l'impact de celle-ci sur deux enseignantes-stagiaires de physique-chimie. En travaillant simultanément sur les pratiques et les conceptions des enseignants, nous visons la mise en cohérence de ces deux pôles qui, avant formation, ne sont pas nécessairement en adéquation. L'existence de difficultés à gérer des séances constructivistes chez des enseignants experts ou novices justifie que l'on s'intéresse aux interactions maître-élèves en tant qu'objet de recherche et de formation.

1. INTRODUCTION

1.1. De la préparation de la séance à sa gestion

De nombreuses recherches effectuées en didactique des sciences, ont permis de mieux connaître les conceptions des élèves. Ces travaux ont eu de fortes répercussions sur la façon de considérer l'apprentissage de l'élève mais également sur la façon d'envisager l'enseignement. En ce qui concerne ce dernier point, la question centrale est alors de déterminer les conditions propices à l'évolution des représentations des élèves.

C'est ainsi qu'un ensemble de travaux a porté sur la mise en place de scénarios didactiques susceptibles de déstabiliser ces conceptions et d'en reconstruire de nouvelles. L'élaboration de ces situations d'enseignement est prise en charge par le chercheur avec un contrôle théorique fort, interrogeant l'adéquation entre la situation de classe proposée et les considérations d'ordre didactique et épistémologique auxquelles la communauté scientifique adhère. L'enjeu qui sous-tend la mise en œuvre de ces séquences d'enseignement est d'en montrer à la fois la faisabilité et la pertinence au regard des objectifs visés.

Mais le rôle de l'enseignant constitue une variable qui pourrait interférer sur le déroulement et l'impact des séances.

Pour limiter l'effet de cette variable, le rôle de l'enseignant est confié aux chercheurs ou à des enseignants qui ont participé ou participent activement à des recherches et qui sont susceptibles de gérer au mieux ces séances (Séré 1992, Solomonidou & Stravidou 1994, Larcher & al. 1994, Kariotoglou. & al. 1995, Allain 1995, Méheut 1996, Favre & Verseil 1997, Monchamp 1997, Fillon 1997, Astolfi & Peterflavi 1997, Goix 1997...).

La problématique qui consiste à tester la faisabilité de la situation proposée et à évaluer son impact auprès des élèves justifie cette méthodologie. Il faut contrôler le déroulement des séances, comme on contrôle des conditions expérimentales pour provoquer et étudier un phénomène. Les aspects relevant de la gestion des séances ne sont pas au centre des préoccupations. Si le rôle du professeur est brossé de façon succincte, en revanche, les tâches, les objectifs, les contenus abordés sont finement disséqués, analysés et argumentés. L'appropriation, la mise en œuvre et la gestion de ces séances par des enseignants éloignés du milieu de la recherche ne sont pas non plus au centre des préoccupations.

Ces recherches se centrent principalement sur la relation entre l'élève (ses conceptions, son activité cognitive) et son environnement d'apprentissage (tâches, situations expérimentales, démarches) laissant de côté la description du rôle tenu par l'enseignant dans cet environnement. Tant que ces situations restent dans le domaine de la recherche, cette mise à l'écart ne pose pas de problèmes particuliers. Mais ces séances, franchissent actuellement le milieu de la recherche en didactique des sciences et sont proposées aux enseignants dans les accompagnements de programmes (MEN, 1997). Dans ces outils, aucune aide précise n'est fournie aux enseignants concernant la gestion de ces situations. Or, comme nous allons le voir par la suite, cette gestion est délicate.

les séances
d'enseignement
issues de la
recherche sont
proposées aux
enseignants

1.2. Problèmes posés par la mise en œuvre de situations de co-construction

A. Vérin (1998), désirant mieux comprendre les ressorts de la prise de décision ainsi que les tensions qui apparaissent lors de la mise en œuvre de séances constructivistes, s'est entretenue avec cinq enseignants ayant participé à une recherche de quatre ans dans le domaine de la didactique des sciences. Ces enseignants, adhérents au paradigme constructiviste et proches du milieu de la recherche ont rencontré plusieurs types de difficultés dont nous ne retiendrons ici, que celles susceptibles d'éclairer notre propos relatif aux interactions en classe. Notons que ces résultats sont corroborés par la recherche (Morge, 1997) que nous présentons dans cet article.

la gestion de
ces séances est
délicate et génère
des tensions

• *L'inconfort pour l'élève et l'enseignant*

Les situations d'enseignement mises en œuvre incitent les élèves à prendre des risques en s'engageant personnellement et publiquement dans le débat tout en sachant qu'ils ont de grandes chances de voir leurs propos remis en cause par l'enseignant. Cette incitation à la prise de risque, nécessaire à l'émergence des représentations, a fait l'objet de reproches de la part des élèves envers les enseignants. De façon plus générale, les élèves peu habitués à ce genre de séance, ont du mal à se situer dans leur nouveau rôle.

En favorisant la participation des élèves à la construction du savoir, le déroulement de la séance devient aléatoire au niveau des interactions, même s'il reste stable au niveau des grandes lignes tracées lors de la préparation. L'enseignant se trouve dans une situation très inconfortable qui l'amène à prendre constamment des décisions sur le champ.

Ces décisions ne relèvent pas uniquement de l'adaptation aux idées des élèves, mais également de la conduite du projet de l'enseignant qui doit par exemple, déterminer à quel moment arrêter l'investigation pour institutionnaliser le savoir. Les critères de décision sont bien minces et l'enseignant doit pourtant trancher.

• *Les tensions*

En gérant les situations constructivistes, l'enseignant se trouve dans un ensemble de tensions.

Afin d'explorer les limites d'une représentation, les élèves, sous la responsabilité de l'enseignant, sont amenés à l'utiliser. Dans ces situations, l'enseignant, garant du savoir mis en jeu, peut donner aux élèves l'impression qu'il cautionne ces représentations puisqu'il ne les juge pas dans un premier temps et peut même, le cas échéant, les faire fonctionner.

Le caractère adaptable des représentations des élèves rend délicates et longues les phases de déstabilisation. Diminuer ce temps risque de rendre ce travail inefficace alors que l'allonger, c'est prendre le risque de voir les élèves s'y enliser ou même de les conforter dans leur représentation.

Enfin, en voulant donner la parole aux élèves, l'enseignant est tenté de répondre à un ensemble de questions qui peuvent aller à l'encontre de la poursuite de son objectif conceptuel.

La gestion de telles séquences est donc loin d'être une formalité, même pour des enseignants chevronnés. Ce constat justifie, selon nous, que la gestion des interactions constitue un objet de recherche et de formation.

Se pose alors la question de savoir quelles recherches et quelles formations sont susceptibles d'aider les enseignants dans la gestion des séances d'enseignement constructivistes ?

2. LIEN ENTRE PRATIQUES ET REPRÉSENTATIONS ENSEIGNANTES

De façon à préciser notre point de vue sur les recherches à mener et les formations à développer, nous tenterons dans un premier temps de nous situer par rapport à la question suivante : en situation d'enseignement, quel lien entretiennent les représentations des enseignants et leurs pratiques effectives ? Cette question est selon nous importante pour l'orientation des recherches concernant la formation des enseignants.

En effet, si les représentations gouvernent les pratiques, il faut alors développer des recherches visant à connaître ces représentations, puis élaborer et tester des formations permettant leur dépassement.

Si, en revanche, on considère qu'en situation d'action, les pratiques et les représentations de l'enseignant sont plutôt perméables, autrement dit que les représentations de l'enseignant sont peu sollicitées dans sa pratique, des recherches autour de l'analyse de pratiques se développeront dans une double perspective de description et de compréhension. L'analyse des pratiques enseignantes constitue alors la base des activités de formation à développer.

2.1. Le lien entre pratiques et représentations enseignantes en situation d'action

Plusieurs arguments permettent de considérer que, dans l'action, la pratique de l'enseignant fonctionne de façon relativement autonome par rapport à ses propres représentations épistémologiques et didactiques.

Tout d'abord nous savons qu'il peut exister des contradictions entre les pratiques effectives des enseignants et leur point de vue sur l'enseignement ou l'apprentissage. Par exemple, selon Orlandi (1991), certains professeurs affirment que le tâtonnement et la découverte sont importants alors qu'ils ne les mettent pas en œuvre dans leur classe. Hirn (1995) a également remarqué que chez les enseignants ayant travaillé dans le cadre de sa recherche, l'écart est important entre leur discours sur les difficultés des élèves – très proche de celui de la recherche – et leurs propos sur leur enseignement. Cette contradiction traduit selon nous l'écart entre les représentations et les pratiques enseignantes.

Les enseignants sont susceptibles de forger leur propre pratique sur la base de ce qu'ils ont vécu en tant qu'élève ou ce qu'ils observent pendant les stages ou également en s'appuyant sur les manuels scolaires. Dans ces cas de "transmission" de pratique, on peut légitimement penser que la pratique de l'enseignant va être plus influencée par les modèles qu'il suit que par ses propres représentations. Ces

si
les représentations
des enseignants
ne sont pas
étroitement liées
à leur pratique...

... une formation centrée sur la modification des représentations paraît peu pertinente

sources contribuent probablement en partie à la construction d'une partie des représentations que l'enseignant se fait de l'enseignement et de l'apprentissage, ce qui peut expliquer une certaine corrélation entre pratiques et représentations.

En cherchant à comprendre comment les enseignants lisent les nouvelles instructions officielles, Hirn (1995) a mis en évidence que les habitudes des enseignants influencent la façon dont ils comprennent les propositions de nouveaux programmes. Les enseignants associent des notions du programme à des expériences classiques (propagation en ligne droite et visualisation du faisceau avec de la poussière de craie), ils appliquent l'ordre d'entrée dans un thème selon leur habitude et ils attribuent au préalable une importance à certains concepts. Autrement dit, ces enseignants, pourtant au fait des recherches en didactiques, activent, dans ce cas précis, des schèmes d'actions pour imaginer leurs séances d'enseignement sans faire appel à leurs propres représentations épistémologiques ou didactiques.

Robardet (1998) montre dans sa recherche que les représentations enseignantes relatives à l'épistémologie, l'enseignement et l'apprentissage des sciences peuvent être sensiblement modifiées par une formation. En s'appuyant sur ce résultat, l'auteur conclut, contrairement à la position défendue par Porlan & al. (1998), que ces représentations ne s'érigent pas en obstacle vis-à-vis de la didactique des sciences. Ce résultat montre, selon nous, une certaine indépendance entre des représentations dont l'aspect évolutif est l'une des caractéristiques (Robardet 1998) et des pratiques plutôt marquées par leur stabilité (Hirn, 1995 et Orlandi, 1991).

Les difficultés rencontrées par les enseignants dans la gestion des séquences d'enseignement initiées par la recherche d'une part et la position selon laquelle les représentations ont un rôle faible en situation d'action d'autre part, nous permettent de poser un autre regard sur l'interprétation des choix effectués par des enseignants "ordinaires".

2.2. Interprétation d'observations "naturelles"

Plusieurs observations de séquences de classe en sciences expérimentales ont permis à un ensemble de chercheurs (Bomchil & al. 1998, Coquidé 1998, Koliopoulos & al. 1998, De Jong 1998) de constater que la gestion de la classe par des enseignants non spécifiquement formés est assez différente de celle qui serait compatible avec une démarche socio-constructiviste. Dans le domaine de la biologie, Bomchil & al. (1998) ont montré que l'enseignant ferme le problème pour faire apparaître la bonne hypothèse, notamment en posant des questions à trous ou en faisant des associations de mots, plus qu'en mobilisant une pensée rationnelle. Il sélectionne la bonne réponse dès qu'elle apparaît et ignore les autres. Il ne met pas en place de phase d'anticipation liée à l'hypothèse.

les difficultés de
gestion peuvent
être à l'origine de
décisions

L'expérimentation consiste le plus souvent à suivre un protocole fixé par l'enseignant. Koliopoulos & al. (1998) et De Jong (1998) ont également montré que, si les enseignants font parfois émerger les représentations des élèves, ils ne donnent pas suite à cette investigation.

Contrairement à des séances transmissives, les séances constructivistes ont la particularité de placer les élèves en situation de producteurs de savoirs. Ce nouveau rôle des élèves devrait impliquer un nouveau rôle de l'enseignant comme médiateur ou tuteur (Dumas-Carré & Weil-Barais, 1998) inhabituel pour l'enseignant. Faire uniquement émerger les représentations sans les traiter, fermer le problème pour faire apparaître la bonne hypothèse, sélectionner la bonne réponse et ignorer les autres, apparaissent comme des actions visant à simplifier la gestion délicate des séances issues de la recherche. Ces actions de l'enseignant ne sont pas un choix ancré dans une représentation épistémologique ou didactique mais la réponse à une situation dont la logique de déroulement n'est pas contrôlée, assimilée. Autrement dit, nous supposons ici que les décisions des enseignants peuvent s'interpréter comme étant d'abord une réponse aux difficultés générées par leur nouveau rôle (cf. 1-2) et non pas forcément comme étant le résultat de la mise en œuvre d'une représentation épistémologique ou didactique inadéquate du point de vue du chercheur.

Quelle formation permettrait alors de donner aux enseignants les moyens de gérer ces situations de co-construction ? Quels sont ces moyens ? Dans quelle mesure ces moyens sont-ils effectivement utilisés et utilisables par les enseignants dans leur classe ? Les amorces de réponses avancées dans une recherche (Morge, 1997) menée au sein du groupe de recherche du LIREST sur la médiation, vont être développées par la suite.

2.3. Le lien entre pratique et représentations enseignantes en situation de formation

Dans une situation d'action, nous supposons que la gestion des interactions par l'enseignant est fortement contrainte par des problèmes liés directement à la pratique et que les représentations épistémologiques et didactiques de l'enseignant jouent un rôle mineur dans la prise de décision. En revanche, nous supposons qu'en situation de formation, l'introduction de nouvelles représentations épistémologiques et didactiques est nécessaire car le cadre théorique formé par ces représentations permet d'une part à l'enseignant de considérer ses actions comme relevant d'un choix de pratiques et de représentations associées et, d'autre part, au formateur de justifier des suggestions de tâches ou d'interactions. Autrement dit, pour l'enseignant en situation de formation, l'introduction de conceptions épistémologiques ou didactiques relève, dans un premier

en formation,
pratiques et
représentations
enseignantes
sont à travailler
conjointement

temps, plus d'un enjeu de justification des actions, que d'un enjeu de modification des actions. Dans un deuxième temps, les conceptions épistémologiques et didactiques construites peuvent orienter sa pratique à condition que l'enseignant dispose de différentes possibilités d'intervention, qu'il soit conscient des options didactiques et épistémologiques dont peuvent relever ces interventions, et que les aspects didactiques ou épistémologiques soient des critères prioritaires de choix pour l'enseignant.

Des pratiques peuvent se développer chez l'enseignant sans qu'il s'interroge sur les représentations qui les sous-tendent et inversement, des représentations peuvent se développer sans que l'enseignant soit en mesure d'adapter ses pratiques à ces représentations. L'adéquation entre conception et pratique ne se crée pas spontanément chez l'enseignant, mais peut (ou doit) constituer un objectif de formation.

3. EXEMPLE D'UNE FORMATION PRATIQUE ET THÉORIQUE SUR LES INTERACTIONS EN CLASSE DE SCIENCES

3.1. Dispositif de formation

La formation envisagée a été mise en place pendant une année scolaire dans le cadre du mémoire professionnel avec deux enseignantes, stagiaires de physique – chimie, volontaires pour suivre cette formation. Cet essai de formation s'est poursuivi pendant un an avec l'une des stagiaires.

• Les principes de formation

Nous présentons ici succinctement les principes retenus pour la formation, ceux-ci étant développés dans un autre article (Morge, 2000). La formation se présente sous forme d'étapes successives qui partent de ce que les enseignants sont capables de produire et de gérer. En s'appuyant sur les propositions émises par les enseignants, le rôle du formateur consiste à faire des suggestions relatives aux tâches et aux interactions, mais la décision finale revient aux enseignants. L'articulation théorie/pratique se fait par une mise en relation systématique des pratiques et des options didactiques et épistémologiques qui sous-tendent ces pratiques.

• Les activités et les outils de formation

Pour les stagiaires, la formation consiste, dans un premier temps, à élaborer une séquence d'enseignement. Elles prévoient les tâches qui seront proposées aux élèves, à l'aide d'une grille dont nous présentons une version simplifiée (document 1) et anticipent la façon de gérer les interactions, à l'aide d'une autre grille, dont nous présentons également

un dispositif de formation basé sur l'analyse des interactions est mis en place avec deux enseignantes - stagiaires

une version simplifiée (document 2). Des simulations d'interactions sont effectuées à partir de la grille de gestion selon un modèle en trois temps : exposition, justification, acceptation ou refus de la proposition. Ces simulations permettent de tester la faisabilité de la tâche et de préparer l'enseignant à sa gestion en temps réel. Ces simulations peuvent être comparées à un jeu de rôle entre une personne - élève et une personne - professeur. La réponse, sa justification et l'argument avancé pour statuer sur celles-ci sont ensuite soumises à discussion sur un plan épistémologique et didactique. Une fois la séquence mise en œuvre, enregistrée et transcrite, elle est analysée par les stagiaires. Les grilles d'analyse (représentant les items des grilles d'anticipation) permettent de comparer les choix effectués *a priori* et les choix effectifs.

Document 1

La tâche

Quelles sont les connaissances supposées partagées par les élèves et nécessaires à la résolution de la tâche (connaissances de référence) ?

Quelle est la formulation de la tâche ?

Quels sont les objectifs ?

Quelles propositions cohérentes est-il possible d'imaginer *a priori* ?

Document 2

La gestion de la tâche

L'exposition de la proposition

Quels sont les éléments attendus dans la proposition ? Qui expose ?

La justification de la proposition

Quelle justification peut être attendue ? Qui justifie ?

Acceptation ou refus de la proposition

Quelle est la modalité d'acceptation ou de refus ? Qui accepte ou qui refuse ?

Ces grilles peuvent être adaptées par les enseignants en fonction des tâches, des contenus abordés et de l'avis des stagiaires. À titre d'exemple, pour une activité donnée, une enseignante a remplacé la phase de justification par une phase d'analyse de la réponse à laquelle les élèves sont invités.

Notons que pour rendre possible une simulation du déroulement des interactions, nous avons cherché à rendre compte dans cette grille (document 2) de l'aspect dynamique des interactions en proposant un modèle de succession de phases (Formulation de la première tâche : exposition, justification, acceptation ou refus de la première proposition ; exposition, justification, acceptation ou refus de la deuxième proposition...). La liste des connaissances de référence et la tâche permettent de contextualiser les interventions.

Sur le plan de l'analyse, cette prise en compte de l'aspect dynamique et contextualisé de l'interaction évite de dégager des types d'interventions dénuées de leur sens car elles sont extirpées de leur contexte et vidées de leur contenu. On trouve des exemples d'interventions décontextualisées chez Postic (1977) : *l'enseignant donne des buts, explique, questionne, répond, répète... L'élève lève la main, parle, répond, pose une question...* (p. 72). Pour Postic, il s'agit plus de caractériser des actions que des interactions.

3.2. Analyse d'un parcours de formation

Lors de la première année, dans le cadre du mémoire professionnel, les deux stagiaires, nommées ici N. et S., élaborent, gèrent et analysent une séquence sur le thème du tableau périodique des éléments. Lors de la deuxième année, S. prépare, puis gère, deux séquences d'enseignement sur les thèmes du pont de diode et de l'électricité statique. Un tableau présenté en annexe résume leur parcours de formation qui sera développé ci-dessous. Enfin, N. et S. ont accepté un entretien portant sur la formation suivie.

Différentes discussions menées lors de la présentation de la formation, l'analyse des mémoires professionnels et de l'entretien permettent de confirmer que ces deux stagiaires, ont avant formation une approche transmissive ou dogmatique dans leur enseignement. Elles utilisent des arguments d'autorité pour statuer sur les réponses d'élèves et attendent des élèves qu'ils fournissent la bonne réponse.

• **Première séquence : se dégager d'un enseignement transmissif et/ou dogmatique**

Une première séquence sur "le tableau périodique" est envisagée par les enseignantes. Demande leur est faite de se dégager d'un enseignement transmissif et/ou dogmatique. Elles prévoient alors un cours sous forme d'une succession de questions très fermées. Les élèves doivent classer des éléments qui leur sont proposés. Pendant la gestion de la séquence, les stagiaires demandent aux élèves d'argumenter leur réponse. Les arguments d'autorités sont évités.

Extrait de la séquence

Les élèves cherchent le nombre de possibilités de liaison du Silicium. Les connaissances disponibles sont les suivantes :

- l'élément carbone a trois possibilité de liaison ;
- l'élément azote a trois possibilité de liaison ;
- les éléments oxygène et soufre ont deux possibilité de liaison ;
- les éléments hydrogène et chlore ont une possibilité de liaison ;
- le silicium se combine avec l'oxygène dans les proportions codifiées par la formule chimique suivante : SiO_2 .

Au tableau, un élève place l'élément silicium sous le chiffre 2, ce qui correspond à deux possibilités de liaison.

dans la première séquence les arguments d'autorité sont évités pour favoriser la co-construction

1 P : *L'élément silicium a donc deux possibilités de liaison. Est-ce que tout le monde est d'accord ?*

2 E : *Oui (par l'ensemble de la classe).*

3 P : *Bien, j'aimerais la justification maintenant.*

4 L'élève représente la molécule SiO_2 : O – Si – O

5 P : *Tout le monde est d'accord ?*

6 E : *Oui (par l'ensemble de la classe).*

7 P : *Et bien pas moi ! Si je regarde le tableau, je vois l'élément oxygène a deux possibilités de liaisons et S. (l'élève) n'en a mis qu'une ! L'élément oxygène a deux possibilités de liaison, il faut deux pattes.*

Au lieu de dire à l'élève que sa réponse est fausse, N. demande à l'élève de justifier sa réponse (3P) ce qui lui permettra ensuite de montrer la contradiction entre la réponse de l'élève et le savoir préalablement établi (7P). L'enseignante se réfère ainsi aux connaissances préalablement établies (connaissances de référence) pour refuser la réponse de l'élève.

Caractéristiques générales de l'interaction travaillées lors de cette séquence

L'enseignant recherche, pendant la préparation de la séquence, les connaissances scientifiques supposées partagées par les élèves sur lesquelles ils vont ensuite pouvoir s'appuyer pour déterminer la validité des différentes propositions. Pendant la séquence, l'enseignant incite l'élève à faire fonctionner les connaissances scientifiques par des demandes d'argumentation et de recherche de validité des propositions des élèves au regard des connaissances scientifiques de référence. Le contrôle des propositions s'effectue en terme de validité au regard des connaissances de référence et de pertinence par rapport à la question posée. Ainsi, dans l'interaction, les connaissances de référence délimitent l'espace de négociation dans lequel l'enseignant peut interagir avec l'élève en évitant de s'appuyer sur des connaissances dont l'élève ne dispose pas.

Références épistémologiques et didactiques de ces caractéristiques

D'un point de vue épistémologique, c'est l'idée de construction de savoirs qui est introduite. Dans ce type d'interaction, le savoir préalablement établi (connaissances de référence) permet le contrôle des productions des élèves et sert ainsi de base à la construction d'un nouveau savoir. L'élève, disposant des connaissances lui permettant de s'insérer dans l'interaction, peut participer à la négociation des différentes productions. D'un point de vue didactique, l'élève est *"effectivement pensé comme quelqu'un qui peut (ou doit) faire des choix négociés sur les savoirs, qui peut avoir une pensée réflexive à leur propos, qui peut aussi confronter différentes sortes de solutions"* (Weil-Barais, 1994, p. 7).

**• Deuxième séquence : la prise en compte
des représentations des élèves**

La deuxième séquence envisagée porte sur le pont de diodes. Il est suggéré à S. de prendre en compte une conception des élèves sur le courant susceptible d'apparaître dans ce contexte : le courant réagirait en fonction des obstacles qu'il rencontre. Cette représentation risque d'interférer avec la compréhension de la circulation du courant dans le pont de diodes. L'anticipation des arguments possibles doit donc prendre en compte cette représentation. Au début de la séquence, cette représentation peut être considérée comme une "connaissance de référence" dans la mesure où l'enseignante et les élèves peuvent l'utiliser comme argument de leurs prévisions.

Extrait de la séquence

Les élèves pensent que le courant réagit en fonction des obstacles qu'il rencontre. Dans un montage, une pile, une ampoule, une diode en sens bloquant sont placées en série. Les élèves doivent prévoir si l'ampoule s'allume.

1 P : *Tu parles bien fort, tu expliques aux autres et les autres écoutent ce qu'elle propose.*

2 E : *La lampe s'allume parce que le courant circule du + au -. La diode étant placée après la lampe, elle ne gêne pas le passage du courant dans la lampe.*

3 P : *D'accord, tu nous montres sur le dessin ce que fait le courant...*

L'expérence permet de voir que l'ampoule ne s'allume pas.

... 4 E : *ça vient de la lampe qui est grillée.*

5 P : *Attendez. On va voir si la lampe est grillée.*

6 P : *Bon, tout marche normalement.*

7 E : *Les fils sont coupés à l'intérieur.*

8 P : *N'exagérez pas, les fils, je les ai pris ce matin avec les autres et tout a fonctionné.*

9 E : *Mais là ça ne marche pas.*

10 E : *C'est qu'il y a un problème quelque part.*

11 P : *Il y a un problème quelque part. Où ça ?*

12 E : *Dans le branchement.*

13 P : *Il y a un problème dans le branchement ?*

14 : *Non.*

15 P : *Donc, où est-ce qu'il y a un problème ?*

16 E : *Dans ce qu'on a dit...*

L'enseignante accepte comme argument de la prévision une conception du courant qu'elle sait pouvoir remettre en cause ultérieurement. La prévision "l'ampoule s'allume" (2E) est acceptée par l'enseignante (3P) relativement à une conception du courant qu'elle a accepté provisoirement de prendre en compte. Enseignante et élèves se réfèrent alors à cette

pour la deuxième séquence, la place des conceptions dans l'interaction est abordée

même conception pour juger la validité de la prévision (3P). Après avoir vérifié que l'erreur de prévision n'est pas liée à un problème expérimental (5P, 6P, 7E, 12E), c'est la représentation qui va être remise en cause (16E).

Caractéristiques générales de l'interaction travaillée lors de cette deuxième séquence

La représentation des élèves constitue leur base argumentative. Pour assurer la co-référence, l'enseignant la considère à son tour, et pour un temps limité, comme la base argumentative partagée. Autrement dit, pour un instant, la représentation est considérée, dans l'interaction, comme une connaissance de référence. Par conséquent, des prévisions cohérentes avec cette représentation peuvent être acceptées comme telles par l'enseignant. Si les prévisions des élèves sont contradictoires avec le résultat expérimental et cohérente avec la représentation utilisée, celle-ci peut être remise en cause et remplacée par une représentation plus pertinente. Celle-ci peut être à son tour introduite dans les "connaissances de référence" partagées et servir dans un deuxième temps de base à l'argumentation commune pour l'enseignant et les élèves.

Références épistémologiques et didactiques de ces caractéristiques

D'un point de vue didactique, c'est le statut de l'erreur, de la représentation des élèves qui est en jeu. Introduite dans les "connaissances de référence", une représentation erronée est considérée pendant un temps de l'interaction comme une référence commune aux élèves et à l'enseignant. D'un point de vue épistémologique, c'est le caractère évolutif des savoirs qui est pris en compte. Le savoir scientifique est conçu comme une construction de la pensée qui passe par des phases de rupture allant d'une représentation à une autre plus performante.

• Troisième séquence : du contenu à la démarche

Le thème de cette séquence est l'électricité statique. Au début de la séquence, les élèves possèdent un modèle qu'ils devront compléter pour expliquer les nouveaux phénomènes présentés par l'enseignante. Cette tâche est plus ouverte que celle des séquences précédentes puisque les élèves ne possèdent pas toutes les connaissances leurs permettant d'expliquer ces phénomènes. Enfin, les conceptions épistémologiques et didactiques construites au cours des préparations et analyses de séquences ont permis à l'enseignante de faire partager les enjeux épistémologiques de la tâche et d'analyser "in situ" le déroulement de la séquence.

Extraits de la séquence

Les élèves disposent du modèle suivant : il existe une électricité négative et une électricité positive. Il est arbitrairement décidé que l'ébonite est chargée négativement alors que le

plexiglas est chargé positivement. Deux corps qui portent des charges de même signe se repoussent. Deux corps qui portent des charges de signe "contraire" s'attirent. Un corps, s'il n'a pas été chargé, est électriquement neutre. Il est possible de charger des corps par frottement. Une charge positive est symbolisée par un + et une charge négative est symbolisée par un -.

Les élèves doivent expliquer les phénomènes suivants. Une boule d'aluminium est attirée par une baguette d'ébonite. Parfois cette boule est éjectée alors que d'autres fois, elle reste collée. Pour expliquer les phénomènes observés, les élèves sont amenés à compléter le modèle en introduisant l'électrisation à distance par répartition asymétrique des charges dans le corps neutre et l'électrisation par contact avec transfert de charges.

1 E : *Faut prévoir ce qu'il va se passer.*

2 P : *Voilà, vous prévoyez ce qu'il va se passer. Alors, vous n'oubliez pas qu'on essaye. Le but de cette expérience, c'est d'essayer de vérifier notre modèle. Donc, vous reprenez bien ce qu'on a fait ce matin. Vous essayez de voir, de prévoir ce qu'il va se passer, après on fera l'expérience et si vous avez prévu quelque chose qui se vérifie par l'expérience, donc, notre modèle sera quelque chose d'acceptable.*

S. ne se contente pas uniquement de gérer les réponses d'élèves. Elle cherche à rendre explicite la démarche utilisée et l'enjeu de la tâche : utiliser la valeur prédictive du modèle pour juger de sa pertinence (2P).

dans la troisième
séquence,
des objectifs de
démarche sont
également visés

Une fois que le modèle est complété avec l'électrisation par contact, S. demande à ses élèves de prévoir le comportement de la tige mobile d'un électroscope lorsque le bâton d'ébonite frotté préalablement est retiré de l'électroscope après contact avec ce dernier. Les élèves prévoient que la tige mobile va retomber alors que, pendant l'expérience, la tige mobile reste levée.

1 P : *Alors est-ce que, ça, ce que tu viens d'expliquer, Peter, est-ce que ça remet en cause le modèle ? Est-ce qu'on l'avait prévu ça, qu'il y avait des charges négatives qui pouvaient...*

2 : *Non.*

3 P : *Oui, mais est-ce qu'on l'avait dit dans notre modèle qu'il y avait des charges négatives qui pouvaient aller sur l'électroscope ?*

4 E : *Avec la boule.*

5 E : *Oui parce qu'on avait dit qu'il y avait des charges qui pouvaient (inaudible).*

6 P : *Oui puisque, au moment où elle est éjectée, c'est parce qu'elle a pris des charges négatives. Donc on l'avait prévu dans notre modèle. Par contre, vous l'avez pas pris en compte. Donc la prédiction d'expérience a été fausse. D'accord ?*

À l'unanimité les élèves pensent que la tige va retomber. Maîtrisant les enjeux de la tâche (1P), l'enseignante rappelle

avec les élèves (3P, 4E, 5E) que le modèle incluait la possibilité d'un transfert de charge par contact. L'erreur de prévision est donc liée à utilisation incomplète du modèle et ne remet pas en cause sa validité (6P).

Caractéristiques générales de l'interaction travaillées lors de cette séance

Pendant l'interaction, l'enseignant peut prendre en compte des objectifs de démarche. Il peut proposer des tâches plus ouvertes pour lesquelles les élèves n'ont pas à leur disposition toutes les connaissances leur permettant de répondre à la question posée. Répondre à ces questions ouvertes peut nécessiter, de la part des élèves, l'élaboration d'une démarche de résolution avec définition de sous - tâches nécessaires à la résolution du problème initial. L'enseignant peut également expliciter aux élèves les enjeux de la tâche, la démarche suivie.

Références épistémologiques et didactiques de ces caractéristiques

D'un point de vue épistémologique, la science ne se caractérise pas uniquement par ses productions mais également par les démarches qu'elle emprunte qui peuvent donc être un enjeu d'interactions. Les objectifs d'apprentissage ne se limitent aux savoirs produits par la science mais peuvent également s'étendre aux démarches qu'elle utilise pour produire et contrôler ces mêmes savoirs.

4. L'ÉVOLUTION DES ENSEIGNANTES

Le dispositif flexible de la formation par décalages successifs a permis de s'adapter aux enseignantes qui évoluent progressivement et rencontrent de nouvelles difficultés à chaque étape. La nature des tâches élaborées par les enseignantes, les modalités de gestion progressivement mises en œuvre et les différentes difficultés qu'elles rencontrent constituent les indicateurs retenus pour suivre leur évolution. Les données brutes utilisées pour suivre cette évolution sont constituées par les transcriptions de séquences, les grilles de préparation et d'analyse des séquences, les entretiens effectués avec les enseignantes après la réalisation des deux premières séquences.

4.1. Séquence sur le tableau périodique

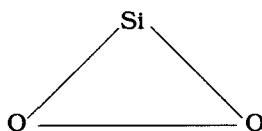
Pour cette première séquence, N. et S. désirent élaborer ensemble la même séance. Elles veulent proposer aux élèves l'élaboration du tableau périodique des éléments en se limitant aux éléments des deux premières lignes afin de respecter les instructions officielles. Après quelques tâtonnements, les enseignantes pensent donner aux élèves le numéro atomique

tant sur le plan de la préparation que sur celui de la gestion la première séquence a posé de nombreuses difficultés

de chaque élément. Notons que l'activité des élèves consiste alors à classer des nombres. Ce critère de classement étant insuffisant, le deuxième critère avancé est celui du nombre de possibilités de liaison des éléments. N. et S. pensent, là encore, fournir aux élèves les nombres de possibilités de liaisons de chaque élément pour en permettre le classement. À la demande du formateur de dépasser cette activité de classement de nombres et d'introduire des aspects chimiques, les enseignantes proposent de faire raisonner les élèves à partir de corps purs composés (H_2O , CH_4 , NH_3 ...) pour déterminer le nombre de possibilités de liaisons. En partant de l'hypothèse selon laquelle l'hydrogène possède une possibilité de liaison, plusieurs corps purs sont progressivement proposés aux élèves pour déterminer leur nombre de possibilités de liaisons servant ensuite à la détermination du nombre de possibilités de liaisons d'autres éléments.

Pour valider ou invalider les propositions des élèves, les enseignantes s'appuient pendant la séquence sur les "connaissances de référence" présentées aux élèves en début de séance. Ces "connaissances de référence" sont les suivantes : on suppose que l'hydrogène possède une possibilité de liaison, la composition de certains corps purs comprenant l'hydrogène est la suivante : H_2O , CH_4 , NH_3 , HCl , H_2S et HF . La mise en œuvre de la séquence montrera qu'il manquait dans ces connaissances de référence, le codage symbolique utilisé pour représenter la proportion d'un élément par rapport à un autre. La connaissance de ce codage est pourtant nécessaire pour valider ou invalider les réponses des élèves. En effet, un petit nombre d'entre eux pensent par exemple que, pour H_2O , la proportion est de deux éléments oxygène pour un hydrogène. Cet exemple montre la difficulté à définir *a priori* les "connaissances de référence".

Une autre difficulté de gestion des réponses des élèves va apparaître pour le composé SiO_2 . Les élèves avancent que le silicium a deux possibilités de liaisons et justifient leur réponse en représentant le composé sous la forme suivante :



L'enseignante ne peut pas s'appuyer sur les connaissances de référence pour refuser cette proposition, puisque celle-ci les respecte. L'une des enseignantes va se sortir de cette situation en demandant à l'élève de représenter $SiCl_4$ dans un premier temps et de représenter à nouveau SiO_2 .

Ces deux difficultés montrent que les enseignantes peuvent se trouver dans des situations délicates à gérer malgré la

préparation à la gestion de la tâche et malgré l'élaboration de tâches très fermées relativement simples pour les élèves.

Les enseignantes ont initialement proposé des tâches extrêmement simples qui nécessitaient uniquement de la part des élèves un classement de nombre. Cette faible ambition peut trouver plusieurs explications. Lors de l'entretien N. et S. expriment plusieurs facteurs qui marquent une certaine appréhension de se lancer dans ce type de séance. En effet, les enseignantes, en essayant d'abandonner des arguments d'autorité, vont prendre le risque de se trouver acculées par les élèves qui auront pensé à des solutions inattendues et que les enseignantes ne sauront pas réfuter sur-le-champ. Ces situations risquent de mettre en péril, aux yeux des élèves, des parents et des autres enseignants, la reconnaissance de leurs compétences professionnelles. Les enseignantes, dans leur première année d'exercice, ont de grandes difficultés à évaluer ce qu'elle peuvent attendre des élèves. Elles ont donc tendance à proposer des tâches de faible niveau cognitif car elles sous-estiment *a priori* les capacités des élèves mais également car elles doutent de leur propre capacité à gérer cette séance. En effet, N. et S. expliqueront qu'elles ont dû lutter pendant la séance contre des comportements naturels tels que celui de laisser peu de place à l'expression des élèves, de prendre la réponse de l'élève pour ce que l'enseignant voudrait qu'elle soit, ou d'user d'arguments d'autorité.

Les enseignantes ont dû également modifier leur façon de préparer cette séquence. Il s'agit pour elles d'élaborer un cours sous forme de questions qui vont permettre aux élèves de construire de nouvelles connaissances tout en pensant à la façon dont ces tâches vont être gérées. Habituees en tant qu'élèves, puis en tant qu'étudiantes à ne rencontrer que des savoirs sous leur forme achevée, N. et S. découvrent ici une autre façon de penser leurs préparations en essayant, selon leur expression, de "faire le chemin à l'envers". Il s'agit pour elles d'imaginer à la fois la façon dont ces connaissances peuvent se construire, les questions qui rendent possible cette construction et les contrôles qui peuvent être exercés sur les productions des élèves.

4.2. Séquence sur le pont de diodes

Pour cette deuxième séquence, S. élabore une préparation qu'elle soumet à discussion. Cette préparation prend la forme de questions successives qui vont amener les élèves à élaborer le pont de diodes. L'enseignante prévoit de contrôler les propositions des élèves par la confrontation du signal prévu avec le signal observé à l'oscilloscope. La double contrainte de placer les élèves en situation d'acteur tout en se donnant les moyens de contrôler les productions est ici réinvestie par S. Dans cette préparation, les élèves doivent prévoir le signal obtenu à un oscilloscope branché aux deux bornes d'une ampoule alimentée par un générateur basse

fréquence et placée dans montage comprenant une diode. Ensuite, une question identique est posée aux élèves à propos d'un montage comprenant cette fois deux diodes placées en série dans le même sens. Le schéma de ce deuxième montage se rapproche de celui correspondant au pont de diodes. La dernière question posée par S. consiste à trouver le montage qui permet d'obtenir le signal redressé double alternance à l'oscilloscope.

la deuxième
séquence
donne l'occasion
d'aborder
des notions
épistémologiques
et didactiques
dont le lien avec
les pratiques
n'est pas
totalement assimilé

En partant de la préparation de l'enseignante, le formateur fait plusieurs suggestions. Cette préparation est modifiée pour prendre en compte la conception erronée selon laquelle le courant réagirait en fonction des obstacles qu'il rencontre. Pour ce faire, les élèves doivent prévoir si l'ampoule s'allume dans un montage comprenant une pile un interrupteur, une ampoule et une diode en série. Après vérification expérimentale, l'hypothèse d'un déplacement en un seul bloc du courant dans le circuit est introduite. Pour réintroduire du sens dans l'activité des élèves, la tâche suggérée consiste à élaborer un montage permettant à un moteur à courant continu de n'être traversé par le courant que dans un seul sens. Le montage de redressement mono - alternance répond à cette exigence. Ensuite il sera demandé aux élèves d'élaborer, toujours avec des diodes, un montage permettant d'utiliser les deux alternances. Le montage en pont de diodes répond à cette contrainte supplémentaire.

Comme dans les propositions de préparation de la séquence sur le tableau périodique, les activités initialement proposées dans cette deuxième séquence permettent aux élèves d'arriver au résultat final (le tableau périodique ou le pont de diode), mais elles ne sont pas porteuses de sens. Les tâches intermédiaires n'ont pas, entre elles, de liens tangibles aux yeux des élèves. Elles ne sont pas rendues nécessaires par l'existence d'un problème à résoudre. Ces tâches intermédiaires ont pour unique fonction de faciliter l'accès à la solution finale. Faire partager le problème qui donne naissance à cette solution particulière, n'est pas une priorité pour l'enseignante.

Sur le plan des interactions, S. accepte provisoirement des réponses erronées mais cohérentes avec les représentations des élèves (l'ampoule va s'allumer car elle est placée avant la diode, l'accumulation du courant devant la diode va créer des étincelles). En début de séance, la base argumentative commune est constituée par la représentation erronée des élèves. Mais, dans sa fiche de préparation S. n'a pas placé cette représentation erronée dans les connaissances de référence. Nous tentons ci-dessous d'expliquer ce décalage entre la pratique observée et la fiche de préparation de S.

Introduire une représentation erronée dans les connaissances de référence, avant de la remplacer par une représentation institutionnalisée, véhicule un ensemble de conceptions épis-

témologiques et didactiques. En effet cette représentation occupe la place du savoir à enseigner, c'est-à-dire qu'elle constitue le "modèle" de l'élève lui permettant d'expliquer et de prévoir certains phénomènes. Le remplacement d'une représentation par une autre laisse supposer que la représentation nouvellement introduite peut à son tour être changée et, qu'en ce sens, elle n'est pas non plus une vérité absolue. Selon nous, l'enseignante comprend qu'elle doit provisoirement se référer dans l'interaction à cette représentation pour en montrer les limites, mais elle ne maîtrise pas encore totalement les conceptions épistémologiques et didactiques qui sous-tendent cette pratique. S. expliquera après la séance qu'une représentation est, pour elle, juste une idée fautive dont elle devait rapidement se débarrasser avant d'aborder le pont de diodes. Il n'y avait pas lieu de la placer dans les connaissances de référence.

Dans l'interaction, S. va rencontrer une autre difficulté. Un élève dit que l'ampoule ne s'allume pas car le courant ne la traverse pas suffisamment longtemps. L'enseignante se heurte ici à une nouvelle difficulté de liée au caractère adaptable des représentations qui les rend parfois difficilement réfutables. Cette réponse ne sera pas reprise par l'enseignante qui n'a pas pu, sur-le-champ, imaginer l'argumentation à développer. Une préparation plus approfondie de la gestion pourrait préparer l'enseignante à cette situation particulière.

Malgré la préparation, S. a rencontré des difficultés d'ordre pratique liées à la gestion de la séquence et des difficultés d'ordre théorique relatives aux conceptions épistémologiques et didactiques qui sous-tendent la gestion mise en œuvre.

4.3. Séquence sur l'électricité statique

Pour cette séance, S. désire travailler sur l'électricité statique. C'est en terme de modèle et de codes symboliques, en s'appuyant sur les travaux de Martinand et al. (1992), que le formateur suggère de travailler les phénomènes d'électrostatique. Ainsi, contrairement aux situations précédentes, l'enseignante dispose initialement d'un cadre pour élaborer sa séquence. Dans le but de compléter le modèle initial, des activités d'explication et de prévisions de phénomènes sont suggérées à l'enseignante. Dans un premier temps, les élèves vont tenter d'expliquer un phénomène sans disposer de toutes les connaissances permettant de répondre à la question posée. En ce sens, il s'agit d'une tâche plus ouverte que les précédentes, à l'issue de laquelle les connaissances construites ne se situent pas directement dans les réponses des élèves, mais dans les connaissances introduites pour élaborer cette réponse.

En restant dans l'espace de négociation délimité par les connaissances de référence, S. développe différents types d'arguments pour invalider les réponses des élèves. Ces types d'arguments utilisés par S. sont : le renvoi au modèle

la dernière
séance marque
une meilleure
adéquation entre
théorie et pratique

préalablement construit, la réalisation d'une contre - expérience, le raisonnement par l'absurde, le repérage d'une inadéquation entre la réponse de l'élève et la question posée, la réalisation d'une expérience, l'identification d'une étape de l'interprétation inexpliquée avec le modèle (Morge, 2001). Dans la mesure où l'enseignante imagine différents arguments pour contrôler les réponses des élèves, nous pouvons supposer qu'elle a atteint une certaine autonomie dans la gestion socio-constructiviste des séances. La double maîtrise de pratiques socio-constructivistes et de conceptions épistémologiques et didactiques associées, favorise selon nous le développement de cette autonomie. La maîtrise d'une pratique socio-constructiviste assure à l'enseignante un certain confort dans l'assurance de disposer de moyens de gérer la séance. La maîtrise des conceptions épistémologique et didactiques associées permet à l'enseignante de comprendre les enjeux de la situation, ses tenants et ses aboutissants et d'ajuster ainsi ses pratiques sur la base de ce qu'elle maîtrise déjà.

Pendant la séance, l'enseignante s'appuie sur les connaissances de référence pour refuser les réponses d'élèves, elle utilise des arguments relatifs à l'adéquation entre la réponse proposée et la tâche donnée. Ce type de contrôle permet à l'élève de se construire, au fil de la séance, une représentation toujours plus précise du problème. Il permet aux élèves d'accéder à la fois aux réponses qui ne sont pas retenues, aux raisons pour lesquelles elles ne sont pas retenues, aux moyens de contrôler ces réponses, au type de réponse attendue relativement à la tâche proposée. Autrement dit, le contrôle des réponses des élèves contribue au processus de dévolution du problème. Dans la séance sur l'électricité statique, l'effet de la dévolution progressive du problème se traduit selon nous par l'accroissement de la qualité des réponses d'élèves. Ils font de moins en moins d'erreurs dans l'utilisation du modèle, répondent de plus en plus sur le registre du modèle, et ne s'appuient plus sur certaines hypothèses dont la non-validité a été établie.

Lors des préparations de gestion des tâches de chaque séquence d'enseignement, les enseignantes avaient prévues de déléguer aux élèves le contrôle des réponses. Cette possibilité est théoriquement envisageable dans la mesure où les connaissances utilisées dans l'argumentation sont constituées par des connaissances partagées par la classe. Mais l'analyse des transcriptions montre que ce contrôle est effectué très majoritairement par les enseignantes. Ce choix réside, selon nous, dans la volonté de limiter les perturbations liées à leur nouvelle pratique. En déléguant le contrôle des productions aux élèves, l'enseignante ajoute un degré de liberté dans les interactions ce qui en complique la gestion. En effet, l'enseignante devra contrôler non seulement les réponses et justifications des

elle permet
d'envisager de
nouvelles
évolutions

élèves mais également les modalités de contrôle qu'ils mettent en œuvre. Les élèves ayant eux aussi des difficultés à exercer leur nouveau rôle de producteur de savoirs, l'enseignante limite cette perturbation en prenant en charge le contrôle des propositions. Cette délégation du pouvoir de juger les productions paraît plus envisageable une fois que les élèves auront vu l'enseignante exercer ces jugements de validité et que les protagonistes auront bien stabilisé et compris leur rôle.

CONCLUSION

La gestion des interactions en classe est selon nous une compétence professionnelle à acquérir. Les séances d'enseignement développées dans un premier temps par la recherche et pour la recherche en didactique sont actuellement en train d'apparaître dans le milieu de l'enseignement. Or, la gestion de ces séances n'est pas simple et peut placer les enseignants dans des situations inconfortables ou créer des tensions liées principalement aux nouveaux rôles tenus par l'élève (producteur de savoirs) et l'enseignant (superviseur des activités et productions). Former les enseignants à gérer de telles séquences constitue alors un enjeu fort pour la diffusion des travaux de didactique et la diversification des pratiques enseignantes.

La formation présentée, vise conjointement le développement de nouvelles pratiques et la construction de nouvelles conceptions. L'ambition de cette formation n'est pas de modifier des pratiques enseignantes, mais de les diversifier par un choix éclairé. L'idée de développer conjointement des pratiques et de nouvelles représentations sur l'enseignement l'apprentissage et l'épistémologie repose sur l'hypothèse d'une certaine indépendance naturelle de ces deux aspects. Selon nous, une modification des représentations n'entraîne pas forcément une modification des pratiques si l'enseignant n'a pas été invité, au cours de son parcours, à envisager les domaines d'application de ces nouvelles représentations. L'adéquation entre représentations et pratiques enseignantes est à construire. Spontanément, chacun de ces deux aspects peut se développer indépendamment l'un de l'autre.

les interactions
maître - élèves
constituent un objet
incontournable
de la formation
des enseignants

Ludovic MORGE
IUFM d'Auvergne, Équipe "Processus d'action
des enseignants"
LIREST

BIBLIOGRAPHIE

ALLAIN, J.-C. (1995). Un dispositif didactique utilisant des images pour faire évoluer les conceptions des élèves de dix ans sur les séismes. *Aster*, 21, 109-136.

ASTOLFI, J.-P. & PETERFALVI, B. (1997). Stratégies de travail des obstacles : dispositifs et ressorts. *Aster*, 25, 193-216.

BOMCHIL, S. & DARLEY, B. (1998). L'enseignement des sciences est-il vraiment inductiviste ? *Aster*, 26, 85-108.

COQUIDÉ, M. (1998). Les pratiques expérimentales : propos d'enseignants et conceptions officielles. *Aster*, 26, 109-132.

DUMAS-CARRÉ, A. & WEIL-BARAIS, A. (1998). *Tutelle et médiation dans l'éducation scientifique*. Berne : Peter Lang.

DE JONG, O. (1998). Points de vue de professeurs et de futurs professeurs de chimie concernant l'enseignement de la combustion. *Aster*, 26, 183-205.

FAVRE, D. & VERSEILS, I. (1997). Étude de l'acquisition et du réinvestissement du concept de surface portante. *Aster*, 25, 33-58.

FILLON, P. (1997). Des élèves dans un labyrinthe d'obstacles. *Aster*, 25, 113-142.

GOIX, M. (1997). Grandir : oui mais comment ? *Aster*, 24, 141-170.

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, 39-54.

KARIOTOGLOU, P., KOUMARAS, P., & PSILLOS, D. (1995). Différenciation conceptuelle : un enseignement d'hydrostatique fondé sur le développement et la contradiction des conceptions des élèves. *Didaskalia*, 7, 63-90.

KOLIOPOULOS, D. & KONSTANTINOS, R. (1998). L'enseignement de l'énergie au collège vu par les enseignants. Grille d'analyse de leurs conceptions. *Aster*, 26, 165-182.

LARCHER, C., CHOMAT, A. & LINEATTE, C. (1994). D'une représentation à une autre pour modéliser les transformations de la matière au collège. *Aster*, 18, 119-140.

MARTINAND, J.-L., ASTOLFI, J.-P., CHOMAT, A., DROUIN, A.M., GENZLING, J.-C., LARCHER, C., LEMEIGNAN, G., MÉHEUT, M., RUMELHARD, G. & WEIL-BARAIS, A. (1992). *Enseignement et apprentissage de la modélisation en sciences*. Paris : I.N.R.P.

MÉHEUT, M. (1996) Enseignement d'un modèle particulière cinétique du gaz au collège. Questionnement et simulation. *Didaskalia* 8, 7-32.

Ministère de l'éducation nationale, de la recherche et de la technologie (1997). *Accompagnement des programmes de 5^e et 4^e*. CNDP.

MONCHAMP, A. (1997). Quand les obstacles ouvrent des perspectives pédagogiques : récit d'un itinéraire personnel. *Aster*, 25, 59-92.

MORGE, L. (1997). *Essai de formation professionnelle des professeurs de sciences physiques portant sur les interactions en classe. Étude de cas en formation initiale*. Thèse, Université Paris 7. (Directeur de thèse : LARCHER C.)

MORGE, L. (2000). Former les enseignants à interagir avec les élèves en classe de sciences. *Recherche et Formation*, 34, 101-112.

MORGE, L. (2001). Caractérisation des phases de conclusion dans l'enseignement scientifique. *Didaskalia*, 18, 99-120.

ORLANDI, E. (1991). Conceptions des enseignants sur la démarche expérimentale. *Aster*, 13, 111-132.

PORLÁN ARIZA, R., GARCÍA GARCÍA, E., RIVERO GARCÍA, A. & MARTÍN DEL POZO, R. (1998). Les obstacles à la formation professionnelle des professeurs en rapport avec leurs idées sur la science, l'enseignement et l'apprentissage. *Aster*, 26, 207-235.

POSTIC, M. (1977). *Observation et formation des enseignants*. Paris : PUF, Collection Pédagogie d'aujourd'hui.

ROBARDET, G. (1998). La didactique dans la formation des professeurs de sciences physiques face aux représentations sur l'enseignement scientifique. *Aster*, 28, 31-58.

SÉRÉ, M.-G. (1992). Guider le raisonnement d'élèves de collège avec des modèles particuliers de la matière. *Aster*, 14, 77-102.

SOLOMONIDOU, C. & STAVRIDOU, H. (1994). Les transformations des substances, enjeu de l'enseignement de la réaction chimique. *Aster*, 18, 75-96.

VÉRIN, A. (1998). Enseigner de façon constructiviste, est-ce faisable ? *Aster*, 26, 133-163.

WEIL-BARAIS, A. (1994). Les apprentissages en sciences physiques, in G. Vergnaud (éd.). *Apprentissage et didactiques, où en est-on ?* Paris : Hachette Éducation, 94-126.