



Formation des professeurs de sciences physiques par la didactique

Teacher training in physical sciences

Monique SAINT-GEORGES

IUFM du Limousin
209 boulevard de Vanteaux
87036 Limoges cedex, France.

Résumé

Cet article présente une formation didactique des professeurs de sciences physiques fondée sur une option constructiviste des apprentissages et utilisant les méthodes d'analyse de la didactique des sciences. Les processus qui se sont déroulés pendant l'expérimentation de ce module de formation centré sur les travaux pratiques ont fait l'objet d'une recherche, ce qui a conduit à mettre en évidence les conceptions de professeurs débutants concernant la physique et son enseignement.

Mots clés : *formation des maîtres, travaux pratiques de physique, constructivisme, conceptions.*

Abstract

This article presents a proposition of didactic training for teachers in physical sciences that is based on a constructivist option of learning and uses the analysis methods of the didactics of sciences. The processes implemented during the experimentation of this training module centered on practical work were the subject of a research, which led us to highlight the conceptions of trainee teachers concerning physics and the way it is taught.

Key words : *teacher training, practical work in physics, constructivism, conceptions.*

Resumen

Este artículo presenta una formación didáctica de los profesores de ciencias físicas, fundada sobre una opción constructivista de los aprendizajes, utilizando los métodos de análisis de la didáctica de las ciencias. Los procesos que se desarrollaron durante la experimentación de este módulo de formación centrado en los trabajos prácticos, han sido el objeto de una investigación, lo que conduce a poner en evidencia las concepciones de los profesores debutantes relacionados con la física y su enseñanza.

Palabras claves : *formación de profesores, trabajos prácticos de física, constructivismo, concepciones.*

INTRODUCTION

La didactique a été introduite dans les programmes de la deuxième année de formation des professeurs de lycée et collège en 1991, à la création des IUFM (Instituts Universitaires de Formation des Maîtres). Enseigner en IUFM conduit à s'interroger sur le rôle que peut jouer la didactique des sciences, jusque-là discipline de recherche, dans une formation professionnelle : comment les éléments apportés par la recherche didactique sont-ils conciliables, pour des professeurs débutants, avec les contraintes de l'enseignement sur le terrain ? La question est d'importance car cette formation en IUFM doit s'articuler avec des stages en lycée et collège, et avec une évaluation finale et sommative à caractère professionnel (Saint-Georges, 1996a).

L'article présente la construction d'un dispositif de formation didactique de professeurs de sciences physiques, qui a fait l'objet d'une recherche visant à analyser les processus qui s'y déroulent (Saint-Georges, 1996b).

1. QUELS CHOIX POUR UNE FORMATION PROFESSIONNELLE ?

1.1. L'objectif de la formation

Le module de formation ne prétend pas résoudre le problème d'une formation professionnelle dans son ensemble. L'objectif de départ consiste à privilégier une composante considérée comme indispensable pour une

formation professionnelle ; il s'agit de développer chez les stagiaires un attitude réflexive, «*critique et prospective*» (Martinand, 1994) :

– critique, dans le sens d'une critique constructive qui s'appuie sur une analyse de pratique ;

– prospective, dans le sens d'une recherche, de la part des stagiaires, d'une évolution dans leur pratique.

Ceci dans trois domaines qui concernent l'enseignement de la physique : le domaine disciplinaire (la physique elle-même en tant que science), celui de l'apprentissage des élèves et celui de la conduite de classe.

Pour atteindre un tel objectif, plusieurs moyens pourraient être mis en oeuvre. Il importe donc maintenant de préciser les choix faits pour la formation dont il est ici question, en référant aux pratiques de formation existantes.

1.2. La référence aux pratiques de formation

Il existe deux conceptions différentes, voire opposées, d'une formation professionnelle des enseignants débutants, attribuant chacune à la didactique disciplinaire une fonction différente. Soit la didactique est conçue comme une discipline théorique, à partir de laquelle les stagiaires construisent des compétences pédagogiques (l'enseignement de la didactique consiste alors à faire acquérir des savoirs constitués par des concepts élaborés par la recherche), soit elle intervient en interaction avec une situation pédagogique effective et à la suite d'un acte d'enseignement (Amade-Escot, 1992) : l'enseignement de la didactique consiste alors à faire acquérir des méthodes et des outils d'analyse de sa propre pratique.

1.3. Les choix pour réaliser l'objectif fixé à la formation

C'est la seconde des options présentées plus haut qui a été choisie pour mener l'expérimentation. Elle permet, en effet, d'attribuer à la didactique une fonction qui assure une relation étroite avec l'acte d'enseigner : ce que M. Altet (1994) appelle un «*va et vient entre pratique-théorie-pratique*». Ce choix est en cohérence avec les options affichées par les didacticiens des sciences (Giordan & De Vecchi, 1990 ; Johsua & Dupin, 1993 ; Lemeignan & Weil-Barais, 1993), c'est-à-dire le cadre constructiviste : il se traduit ici dans l'option qui est prise de ne pas donner de réponses aux stagiaires avant qu'ils ne se soient posé les questions correspondantes. L'objectif est de les aider à construire, selon l'expression de M. Larochelle & J. Désautels

(1993, p. 56), «des problèmes là où, pour eux, il ne semble y en avoir aucun (excepté des problèmes relevant des techniques de communication de l'information, de l'intérêt-motivation des élèves et de la discipline de classe).» Car les questions soulevées par la recherche didactique ne correspondent pas, en général, à des signes extérieurs facilement repérables en cours d'enseignement, surtout pour des débutants ; de plus, la didactique n'apporte pas de solution standard réinvestissable dans l'immédiat, mais plutôt des outils d'investigation et d'analyse des situations d'enseignement. Pour ce faire, nous proposons :

- de placer les stagiaires dans des situations de classe élaborées spécifiquement dans un but de formation ;
- de faire de la didactique un outil de formation et non un objet de connaissance, c'est-à-dire viser plutôt le transfert des méthodes d'analyse de la didactique que l'enseignement frontal et *a priori* de ses concepts.

1.4. Les méthodes mises en oeuvre

Le choix qui est fait consiste donc à entrer dans la formation par l'action pédagogique en la faisant suivre d'une réflexion sur cette action. Les moyens utilisés pour le mettre en application sont les suivants :

- confronter les stagiaires à des situations effectives d'enseignement, qui soient génératrices de problèmes faisant émerger certaines difficultés d'apprentissage de la physique par les élèves ; les travaux pratiques de lycée, de type résolution de problèmes expérimentaux, peuvent répondre à ce critère ;
- donner aux stagiaires la possibilité d'utiliser les méthodes et les résultats de la recherche didactique pour analyser les situations de classe auxquelles ils ont été confrontés.

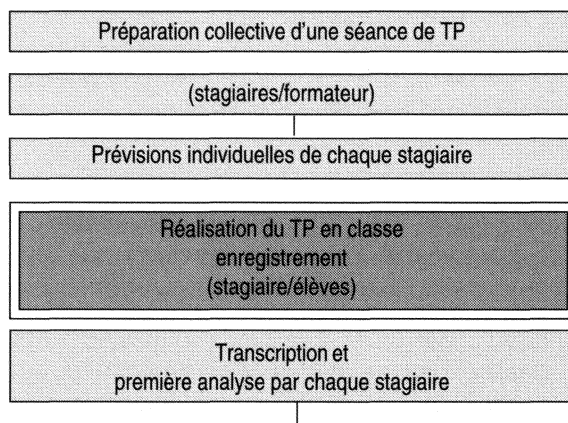
C'est à partir de ces principes que le dispositif de formation a été construit. La recherche consiste ensuite à s'interroger sur la pertinence des choix et des moyens mis en oeuvre.

Le formateur qui intervient dans le module de formation est aussi le chercheur qui en analyse les processus. Cette situation de recherche un peu particulière permet d'éviter l'intervention d'acteurs intermédiaires entre la conception du module de formation et sa réalisation. La méthodologie de recherche, en fournissant la transcription intégrale des situations de formation, permet d'ailleurs, si besoin est, d'analyser les interventions du formateur.

2. LE DISPOSITIF DE FORMATION, OBJET DE RECHERCHE

Le dispositif s'insère dans le cadre institutionnel de la formation en IUFM : les stagiaires en seconde année (promotions d'une dizaine chaque année) ont passé le concours du CAPES (Certificat d'Aptitude Professionnelle à l'Enseignement Secondaire) après une licence ou une maîtrise de sciences physiques, sans avoir enseigné auparavant. Ils viennent d'horizons divers (candidats libres, ou ayant suivi une première année de préparation dans un IUFM) et n'ont pas reçu de formation didactique préalable. Ils sont responsables de l'enseignement des sciences physiques auprès d'élèves de 15-16 ans, en classe de seconde, pendant six heures par semaine ; ils sont aussi en formation à l'institut pendant douze heures par semaine. La recherche ne porte que sur une partie très restreinte de la formation dispensée en IUFM. C'est un module de formation d'une douzaine d'heures seulement sur une année, situé entre novembre et février. Cette partie de l'année correspond, au lycée, à l'enseignement de l'électricité dans les classes de seconde. Cette précision a son importance, car la formation ne se déroule pas uniquement en IUFM : elle est, en fait, centrée sur la réalisation par les stagiaires, dans leur classe de seconde, d'une séance de travaux pratiques (TP) de type «résolution de problèmes», qui se situe donc à la fin de la partie du programme d'électricité. Le problème qui est posé aux élèves consiste à construire un circuit électrique clignotant.

Le module de formation en IUFM comporte trois phases : la préparation d'une séance de TP (résolution de problèmes), sa réalisation en lycée (enregistrée au magnétophone et transcrite ensuite par les stagiaires eux-mêmes) puis son analyse par les stagiaires. La chronologie des différentes phases de la formation peut se résumer ainsi :



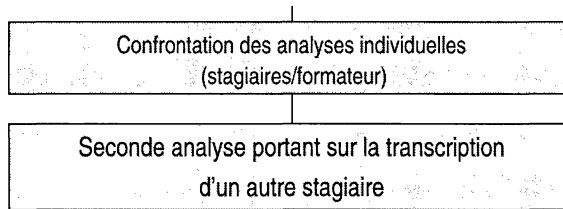


Schéma 1 : Déroulement de la formation

Avant la description de la séance de classe, quelques précisions sur les deux phases extrêmes permettront de mieux situer les séances de formation en IUFM. Il y a, en effet, un parallèle étroit entre les séances réalisées en classe par les stagiaires et qu'ils analyseront dans le cadre de leur formation, et les séances réalisées en IUFM (ayant pour objet la préparation de la séance et la réflexion à son sujet) et que nous analyserons dans le cadre de cette recherche.

La phase de préparation

Elle comporte une séance collective en IUFM où le formateur donne des règles du jeu d'intervention en classe pour que la séance corresponde bien à une résolution de problèmes par les élèves : les stagiaires ne doivent pas donner d'entrée le schéma du circuit, mais solliciter les suggestions de leurs élèves, leur faire confronter entre eux les schémas qu'ils proposent ; ils doivent justifier leurs refus ou acceptations des propositions de leurs élèves. Ce sont ces contraintes qui permettent que la séance de TP soit génératrice de problèmes, en donnant aux élèves la possibilité d'exprimer leurs idées et leurs difficultés.

Après la préparation collective, les stagiaires formulent par écrit leurs prévisions individuelles qui portent, non seulement sur le déroulement du TP, mais aussi sur les propositions et les difficultés supposées des élèves, leurs questions ou leurs réponses éventuelles.

La phase d'analyse

En travaillant, tout d'abord, sur leur propre transcription, en comparant leurs prévisions avec le déroulement effectif du TP, les stagiaires mettent en jeu les méthodes d'analyse de la didactique.

Par la suite, à l'occasion de la seconde séance en IUFM, l'intervention du formateur consiste à mettre l'accent sur les régularités qui se produisent lors des séances de TP dans les classes des stagiaires et qui correspondent à des phénomènes que la didactique a étudiés, visibles pour un chercheur

en didactique, mais peu lisibles pour un novice. C'est la fréquence des phénomènes qui permet, tout d'abord, d'attirer l'attention des stagiaires. Puis les concepts et les apports de la recherche sont introduits (sous forme d'articles de recherche didactique) comme éléments de lecture et d'analyse des situations de classe ; ils sont proposés aux stagiaires en raison de leur pertinence pour traiter les problèmes repérés et pour aller plus loin dans leurs prémices d'analyse.

Enfin, chaque stagiaire analyse, cette fois, la transcription d'un autre, en faisant fonctionner les outils didactiques qu'il a acquis précédemment : les méthodes d'analyses et les informations apportées par les articles de recherche.

La séance de classe (le TP-problème)

La partie centrale du module de formation est la séance de classe. Sa description a pour but de montrer les circonstances dans lesquelles agissent les stagiaires ; les phénomènes qui s'y déroulent, du point de vue de l'apprentissage des élèves, ne font pas, en eux-mêmes, l'objet de cette recherche. Ces phénomènes, déjà bien explorés par les didacticiens, comme par exemple les conceptions d'élèves sur le courant, ne sont exposés ici que parce qu'ils permettent de voir comment les stagiaires réagissent quand ils y sont confrontés.

Le TP est présenté aux élèves comme un problème à résoudre (d'où son nom de «TP-problème») : ils doivent élaborer puis construire un circuit électrique qui assure une fonction précise, celle de clignotant. La consigne exacte exige que ce clignotant soit formé de «deux composants qui clignotent alternativement». Voici le circuit (schéma 2) que peut imaginer un élève de seconde, en justifiant ses choix : deux diodes électroluminescentes D1 et D2, montées en parallèle et en sens inverse, sont alimentées par un générateur de basses fréquences BF (tension rectangulaire), et protégées par une résistance R en série avec le générateur. Même si les élèves ne proposent pas tous ces composants, ils sont nombreux à faire appel à des diodes électroluminescentes (DEL) ou à des lampes à incandescence associées à des diodes, alors que, pour ne pas influencer leur choix, aucun matériel n'est visible dans la salle de TP.

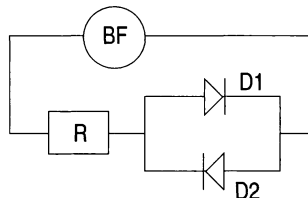


Schéma 2 : Circuit qui peut être proposé par les élèves de seconde

Le circuit en lui-même n'a rien d'original ; ce qui change, par rapport aux pratiques habituelles de TP, c'est qu'il résulte de l'aboutissement d'une recherche faite par les élèves. Tous ne proposent pas d'emblée le schéma ci-dessus ; c'est justement l'argumentation des schémas produits par chacun qui est recherchée dans cette étape, où les élèves ont l'occasion de parler de physique avec leurs camarades et avec leur professeur. L'intérêt de ce montage est de présenter peu de composants, ce qui permet de tester la fonctionnalité des connaissances des élèves en fin de premier trimestre. Il ne s'agit pas d'un enseignement technique qui viserait à réaliser, au moindre coût, un objet fonctionnel comme, par exemple, une guirlande clignotante. Le problème posé est envisagé comme un test de la fonctionnalité des concepts appris dans un contexte d'enseignement général de la physique.

Pour répondre à la consigne et construire le circuit, les élèves doivent au préalable passer par les étapes suivantes :

- élaborer un schéma du montage ; chacun suggère des composants, propose un schéma ; les différentes productions écrites sont ensuite confrontées entre elles et discutées par toute la classe ;

- pour passer de ce schéma à la réalisation effective, il faut déterminer les valeurs des composants, et, pour cela, obtenir sur la diode, par exemple, des informations quantitatives sur son comportement dans un circuit : il est ainsi nécessaire de faire un montage annexe qui permet de tracer sa caractéristique.

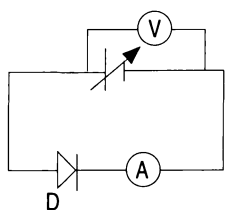


Schéma 3 :
**Circuit relatif au tracé
de la caractéristique d'une diode**

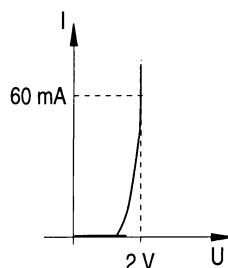


Schéma 4 :
Caractéristique d'une diode

Les valeurs numériques obtenues permettent de déterminer le point de fonctionnement de la diode, de calculer la valeur de la résistance de protection, puis de monter le clignotant.

Cette étape correspond au réinvestissement et à la mise en oeuvre des concepts de courant et de tension appris depuis le début de l'année.

C'est ce module, tel qu'il vient d'être décrit ici, qui fait l'objet de la recherche.

3. QUESTIONS DE RECHERCHE ET MÉTHODOLOGIE

Les questions que l'on peut se poser sur ce dispositif sont liées à la pertinence des choix de formation et concernent la possibilité d'acquisition à court terme (après cinq mois de formation), par les stagiaires, d'une attitude réflexive :

– **la première question** porte sur le choix du TP-problème ; génère-t-il des situations où les stagiaires peuvent être confrontés, d'une part à des difficultés d'apprentissage de leurs élèves (qui se révèlent rarement dans les pratiques habituelles) ; d'autre part à des problèmes de conduite de classe qui soient propres à provoquer un questionnement sur leurs pratiques ?

– **la seconde question** porte sur l'attitude réflexive (critique et prospective) dont font preuve les stagiaires : sur quels domaines s'exerce-t-elle et comment évolue-t-elle en cours de formation ? En faisant référence à Larochelle et Désautels (1993), les résultats concernant la réflexion critique et prospective des stagiaires sur la conduite de la classe peuvent être analysés à la lumière de leurs conceptions sur l'enseignement de la physique, ce qui ouvre la recherche sur la question suivante ;

– **la troisième question** : quelles sont les conceptions des stagiaires, concernant la physique et son enseignement, qui permettent d'analyser la façon dont se manifeste et évolue leur attitude réflexive en cours de formation ?

L'expérience a duré deux ans ; la première année, les stagiaires étaient au nombre de onze, la seconde année de sept. Le chercheur dispose d'un corpus qui rend compte de toutes les phases précédemment décrites : les transcriptions de TP-problèmes par les stagiaires et leurs travaux écrits sur deux ans ; toutes les séances de formation en IUFM ont été également enregistrées : leurs transcriptions apportent des informations sur les propos tenus par les stagiaires concernant la séance de TP-problèmes et, de façon plus générale, les TP de lycée.

Une méthodologie d'exploitation du corpus, a été mise en oeuvre pour répondre aux questions de recherche. Il est difficile de trouver une méthode standard dans ce type de recherche. Celle qui est mise en oeuvre ici tient, à la fois, de l'analyse de cas (dans la mesure où il est fait une analyse détaillée de ce que dit et fait chaque stagiaire, chacun étant identifiable) et d'une analyse quantitative (dans la mesure où le nombre de cas étudiés est suffisamment grand pour repérer des répétitions). L'analyse, fondée ainsi sur des régularités et des ressemblances, n'exclut pas, cependant, le

repérage des différences éventuelles entre stagiaires et de la singularité de l'évolution de chacun d'eux.

Pour la réponse à la première question, la partie du corpus qui a fait l'objet de l'analyse est l'ensemble de dix transcriptions de classe : trois en première promotion (c'était une année exploratoire où la réalisation de la séance n'était pas encore obligatoire) et sept en seconde promotion. L'analyse consiste à relever, dans chaque transcription de classe, les expressions qui traduisent les comportements de chaque stagiaire pendant sa séance de TP ; de plus, le fait de disposer de dix transcriptions permet de faire émerger des constantes dans ces comportements et de faire une étude quantitative.

Pour traiter de la seconde question, il s'est agi de repérer comment les stagiaires perçoivent les problèmes d'enseignement et comment évolue leur perception. Le travail de recherche a consisté à confronter les propos qu'ils tiennent dans leur première et dans leur seconde analyse écrite, en ce qui concerne les trois domaines, disciplinaire, apprentissage des élèves, et conduite de classe. Ceci a été fait sur les productions de la seconde promotion pour laquelle l'expérimentation a été menée dans son intégralité.

Pour traiter de la troisième question (l'analyse des conceptions des stagiaires), la méthodologie employée se démarque des méthodes dites «*directes*» (Charlier, 1989), qui s'appuient exclusivement sur des questionnaires ou des entretiens ; la voie d'accès par trace directe présente en effet des inconvénients : d'une part, les questions, par leur nature et leur forme, risquent d'influencer les réponses et, d'autre part, les comportements en situations d'enseignement ne sont pas nécessairement en accord avec les représentations exprimées en réponse à un questionnaire. Les circonstances de la formation, telle qu'elle est conçue, permettent de mettre en oeuvre ce que E. Charlier (1989) appelle «*la méthode d'accès indirect*» : elle consiste à décoder les conceptions à partir des comportements et des conduites des stagiaires ; ce sont, en quelque sorte, ce que nous pourrions appeler «les conceptions en acte» qui sont ainsi analysées. Les conclusions tirées de cette analyse sont fondées sur la recherche de faisceaux de cohérence entre les déclarations des stagiaires (avant et après le TP) et leurs conduites (pendant le TP), avec mise en évidence de régularités qui se retrouvent chez les différents stagiaires des deux promotions concernées ; les informations sont obtenues à partir de deux sortes de données, croisées et confrontées entre elles :

- les transcriptions de séances de TP qui informent sur les actes de stagiaires ;

- les échanges oraux avec les stagiaires, à propos de la séance de TP, soit pendant la séance de préparation, soit pendant la séance de confrontation des analyses, où ils parlent de ces mêmes actes d'enseignement.

Différentes catégories de conceptions sont identifiables, pour lesquelles l'interprétation ne laisse pas de doute, en référence aux études déjà faites par les didacticiens auprès des professeurs en exercice. Même si ces conceptions n'apparaissent pas toujours majoritairement par rapport au nombre de stagiaires, ce qui importe, c'est qu'elles se manifestent de façon répétitive.

4. ÉLÉMENTS DE RÉPONSE APPORTÉS AUX QUESTIONS DE RECHERCHE

4.1. La pertinence du choix du TP-problème

Le TP-problème s'avère pertinent pour confronter les stagiaires à des difficultés de leurs élèves qu'ils ne soupçonnaient pas précédemment : plusieurs épisodes, que nous appellerons «problématiques», se reproduisent avec régularité. Deux d'entre eux seront tout particulièrement évoqués ici, car ils suscitent un comportement quasi-unanime de la part des stagiaires. Si nous décrivons les deux phénomènes qui se produisent dans les classes, ce n'est pas pour faire une analyse didactique de problèmes déjà étudiés par les chercheurs, mais pour mettre en évidence la façon dont les stagiaires gèrent ces situations.

4.1.1. L'épisode concernant les propriétés du courant électrique

Une des étapes importantes de la séance du TP-problème consiste à confronter entre eux les schémas de circuits produits par les élèves : elle leur permet d'exprimer leurs conceptions des propriétés du courant ; ils pensent souvent, en effet, que le courant se comporte comme un fluide qui s'épuiserait à la traversée des composants, tout particulièrement des résistances. Avec une telle conception, les élèves placent souvent, dans leurs schémas, la diode «après» la résistance (si on tient compte du sens conventionnel du courant). Ce phénomène a fait l'objet de recherches approfondies en didactique (Closset, 1989), mais il n'apparaît pas en classe si les élèves n'ont pas la possibilité de s'exprimer ou si le professeur n'a pas le temps de les écouter. Ici, c'est la confrontation de leurs différents schémas qui permet aux élèves d'explicitier leurs idées sur les propriétés du courant. Ce phénomène se manifeste dans les dix séances de TP enregistrées par les stagiaires.

Voici un extrait de transcription où les élèves ont proposé un montage dans lequel les deux diodes du schéma 1 sont dans le même sens ; pour respecter la consigne : «clignoter alternativement», il faut en retourner une.

Mais pour certains élèves le courant, lors d'une alternance, traverserait alors la «deuxième diode» retournée avant d'atteindre la résistance : il faudrait donc une deuxième résistance de protection de l'autre côté.

Élève 1 : *«Il faut deux résistances : une qui reste où elle est et une autre qui reste de l'autre côté pour la deuxième diode... les résistances, il faut les mettre avant.»*

Élève 2 : *«Si elles sont après, elles servent à rien.»*

Le stagiaire : *«La caractéristique de l'intensité dans un circuit série, c'est quoi ?»*

Plusieurs élèves : *«C'est la même partout.»*

Élève 2 : *«Mais l'intensité après la résistance, c'est pas la même ; la résistance, ça sert à diminuer l'intensité.»*

(un peu plus tard)

Élève 1 : *«Oui, mais le courant, il arrive : il passe d'abord dans la diode puis dans la résistance. Je ne comprends pas pourquoi la diode est protégée.»*

Le stagiaire : *«Pour ce circuit, ça va. Une seule résistance suffit !»*

Dans cet épisode, en début de citation, deux élèves expriment explicitement leur conception du courant. En réponse, le stagiaire rappelle la loi étudiée en cours ; les élèves la connaissent bien. Mais, pour certains (comme l'élève 2), la loi n'est pas fonctionnelle quand une résistance est dans le circuit. L'élève 1 pose encore des questions à ce propos, dans la suite de la séance, questions non relevées par le stagiaire qui passe d'autorité à la suite.

De guerre lasse, tous les stagiaires, comme celui qui est cité ci-dessus, terminent les discussions par un argument d'autorité pour poursuivre la séance. Il est à remarquer qu'aucun d'eux n'a su expliquer de façon claire ce que signifie exactement la phrase qu'ils utilisent d'ailleurs souvent eux-mêmes : *«la résistance diminue l'intensité»*. Or cette expression ne fait que renforcer l'idée que le courant s'épuise en traversant une résistance, car elle comporte une omission : la comparaison, dans ce cas, est faite entre deux circuits différents, l'un avec le conducteur ohmique, l'autre sans lui.

Rappelons que le formateur n'attend pas des stagiaires qu'ils maîtrisent parfaitement le guidage des élèves et le dialogue ; le but de cette séance est de les placer dans des situations où leurs élèves expriment leurs conceptions dans le déroulement même du TP, de faire en sorte que cet épisode reste en mémoire pour être confronté à ce qui se passe chez les autres stagiaires et qu'il serve de point de départ à une réflexion sur l'apprentissage des élèves.

4.1.2. L'épisode concernant l'exploitation des mesures

Le tracé point par point, par les élèves, de la caractéristique de la diode permet de percevoir leurs difficultés quand il s'agit d'exploiter les résultats de mesures. Les élèves pensent souvent que les mesures qu'ils ont faites correspondent à la valeur exacte de la grandeur mesurée : ils tracent donc une ligne brisée qui passe par tous les points. Ce phénomène, lui aussi, a fait l'objet de recherches didactiques (Brenasin, 1993 ; Séré, 1993) ; pour justifier le lissage de la courbe, il est indispensable de faire appel à l'incertitude sur les mesures (Coelho, 1992). Le phénomène se manifeste dans la majorité des séances de TP. Comment réagissent les stagiaires ? Aucun ne parle d'incertitudes. L'extrait suivant d'une séance de TP illustre leur comportement général, quand ils sont confrontés aux caractéristiques en forme de ligne brisée que tracent leurs élèves. Le stagiaire cité ici répond à ses élèves par des jugements de valeur ou des règles de comportement, sans pouvoir faire appel à une argumentation scientifique.

Un stagiaire : *«Oh que c'est vilain ! C'est même affreux. Quand on trace une caractéristique, on ne passe pas par tous les points, on extrapole. Quand on voit des points qui sont faux, on passe à côté, on ne fait pas de zigzags comme ici !»*

Ainsi, les séances de TP-problèmes ont généré plusieurs épisodes problématiques (dont les deux qui ont été présentés ici) qui peuvent provoquer, lors de l'analyse, un questionnement par exemple sur les difficultés des élèves concernant le courant électrique ou la signification des mesures et, par là même, conduire les stagiaires à approfondir ces aspects du domaine disciplinaire. De plus, les difficultés rencontrées par les stagiaires dans le dialogue de classe (où ils doivent souvent user d'arguments d'autorité pour assurer le déroulement de la séance) peuvent les amener à s'interroger sur la façon de répondre efficacement à leurs élèves.

4.2. Les manifestations et l'évolution de la pratique réflexive des stagiaires

4.2.1. Les domaines où les stagiaires font preuve d'une pratique réflexive

À propos de l'apprentissage des élèves

C'est dans le domaine de l'apprentissage des élèves, et tout particulièrement celui de leurs conceptions des propriétés du courant, que

l'évolution des stagiaires est générale. Alors qu'en première analyse, aucun d'eux n'accorde d'attention aux questions des élèves sur la place de la résistance par rapport à la diode, la majorité d'entre eux, en seconde analyse, repère l'épisode problématique dans la transcription d'un autre. Entre leurs deux analyses se situe la séance de confrontation des transcriptions (en IUFM) et la constatation de régularités dans les propositions d'élèves de différentes classes, à propos de la place de la résistance et de la diode ; c'est la mise en évidence de cette régularité qui a permis d'introduire le concept de «représentation» ou de «conception» d'élèves. Les stagiaires peuvent alors reconnaître les difficultés de leurs élèves et des autres, par exemple la non-fonctionnalité du concept de courant, comme dans l'extrait suivant :

Un stagiaire : *«Même les élèves qui ont répondu à la question sur les propriétés du courant dans un circuit série («c'est le même partout») persistent à croire que la résistance diminue le courant, une fois que celui-ci l'a traversée. Les élèves ressortent ce que le professeur a dit en cours mais cependant ils sont persuadés du contraire quand ils rencontrent le problème expérimentalement. On leur a fait admettre une loi qui va à l'encontre de leurs représentations spontanées.*

C'est peut-être à partir de cette description du courant que l'on peut déceler l'origine des difficultés : le courant, pour l'élève, est un phénomène que l'on peut suivre, qui va d'un point à l'autre et qui est freiné par une résistance sur son passage.»

Les stagiaires peuvent ainsi identifier les conceptions de leurs élèves et analyser leurs réponses. Le fait de reconnaître les difficultés des apprenants et de les analyser conduit les stagiaires à s'impliquer et à se poser des questions sur leur façon d'enseigner. Ils vont même jusqu'à envisager de faire évoluer leur façon d'enseigner l'électricité, comme dans l'extrait suivant où le stagiaire propose un aménagement de son cours pour mettre l'accent sur le concept de courant.

Un stagiaire : *«Peut-être faudrait-il, avant de regarder le comportement du courant dans les différents composants, montrer que, dans un circuit électrique, la valeur du courant est imposée par le choix des composants et qu'à partir de là, il serait le même partout car il a "pris en compte" tous les composants présents dans le circuit.»*

Les stagiaires ont ainsi l'occasion de développer un point de vue critique et prospectif, dans le domaine de l'apprentissage et de la perception des difficultés d'élèves

A propos de la conduite de classe

Tous les stagiaires se posent des questions sur l'efficacité de leurs guidages, et ceci dès leur première analyse. Ce qui évolue, en cours de formation, c'est la **nature** de leur questionnement.

En première analyse, le questionnement est provoqué par la comparaison entre les prévisions de chaque stagiaire et le déroulement effectif de la séance de TP. Il porte sur le fait que les réponses d'élèves aux questions des stagiaires sont différentes de ce qu'ils attendaient, et il les conduit à la nécessité de reformuler leurs questions, ce qu'illustre l'exemple suivant :

Un stagiaire : *«À plusieurs reprises, les élèves répondent à côté de la question ; il s'agissait de questions vagues. C'est pour cela qu'il faut reprendre les questions en les précisant.»*

Un autre stagiaire : *«Lorsque les élèves font appel à un raisonnement, ils ont du mal à répondre ; ils cherchent toujours une solution d'après les souvenirs du cours, ce qui fait qu'ils ne structurent guère leurs réponses et lancent des mots ou des expressions. Il est nécessaire de poser des questions intermédiaires et de faire avec eux le chemin du raisonnement.»*

De même, à l'occasion de la séance de confrontation des analyses, les stagiaires s'interrogent sur le statut de leurs questions : ils attribuent en partie l'origine des réponses brèves et peu structurées de leurs élèves à la façon de poser les questions et aux contenus implicites du dialogue de classe :

Extrait de dialogue, à l'occasion de la séance de confrontation des analyses :

Stagiaire 1 : *«Si les élèves ne prennent pas le temps de structurer leurs réponses, c'est peut-être dû à nous, en tant qu'enseignants. On les interroge et, s'ils ne savent pas, on les cartonne, alors...»*

Stagiaire 2 : *«Souvent nos questions, c'est pour des vérifications de connaissances.»*

Stagiaire 3 : *«Mais si on fait de temps en temps autrement, ça viendra.»*

En seconde analyse, cette réflexion, qui portait au départ sur la façon d'amener les élèves à répondre ce qu'on attend d'eux, évolue et porte alors sur la façon dont les stagiaires peuvent s'adapter à leurs élèves, en tenant compte de leurs difficultés pour les guider. Ceci conduit les stagiaires à repérer les épisodes problématiques dans les transcriptions de leurs

collègues, à en analyser les processus, à identifier les arguments d'autorité dont ils font usage pour clore les épisodes, comme dans l'extrait suivant d'une seconde analyse de stagiaire :

Analyse faite par un stagiaire sur la transcription d'un autre :

«Il y a un réel débat mis en place entre l'élève et le professeur : l'élève ne comprend pas pourquoi son montage est faux. Je ne suis pas persuadé qu'il en sera sûr à la suite de ce débat ; le professeur clôt le débat sans expliquer nettement pourquoi il refusait le montage que proposait l'élève.»

Plusieurs stagiaires repèrent aussi l'insuffisance de leurs argumentations face aux élèves. C'est le cas dans l'exemple suivant, extrait d'une seconde analyse, où l'un d'eux cite des passages du discours en classe de l'un de ses collègues (qu'il appelle ici : «le professeur») :

Le stagiaire cite la transcription qu'il analyse.	Le commentaire qu'en fait le stagiaire.
<p>Le professeur : <i>«Il ne faut pas relier tous les points à la règle ; il n'y a que les droites qu'on trace à la règle.»</i> (un peu plus tard, de nouveau :)</p>	<p><i>«L'ambiguïté reste : dans quel cas peut-on considérer qu'il faille tracer la droite moyenne ou alors la courbe ?»</i></p>
<p>Le professeur : <i>«Il ne faut pas tracer à la règle, sauf quand la courbe obtenue est une droite.»</i></p>	<p><i>«Les élèves, n'ayant pas de raisons justifiant la méthode, ne sont toujours pas convaincus.»</i></p>

La réflexion critique sur la conduite de classe fonctionne bien, dans ce cas, et ceci pour tous les stagiaires sans exception.

4.2.2. Un domaine où la pratique réflexive ne se manifeste pratiquement pas : le domaine disciplinaire

Si nous revenons sur les commentaires du stagiaire dont les propos ci-dessus sont cités intégralement, il est à remarquer qu'il ne propose lui-même aucune argumentation disciplinaire qui permettrait de progresser. Et ceci se retrouve chez tous les stagiaires. Aucun ne cherche à approfondir le domaine de la physique correspondant aux arguments qu'il juge, cependant, insuffisants.

C'est là l'obstacle principal que cette recherche met en évidence : les stagiaires se trouvent, à un moment de leur réflexion, devant la nécessité d'approfondir le domaine disciplinaire. Or aucun ne le fait. Ils ne peuvent

alors aller plus loin dans une démarche prospective et se réfugient tous dans la justification de leur pratique («*On ne peut pas faire autrement*», disent-ils).

Nous avons recherché les raisons de ce blocage. Il peut s'interpréter par le fait que les connaissances qu'utilisent habituellement les stagiaires ne leur donnent pas les moyens de soutenir une argumentation lors d'une séance de TP-problèmes. Leurs connaissances, en effet, ne sont fonctionnelles que dans un cadre qui correspond aux conceptions qu'ils ont de l'enseignement de la physique et dans lequel n'entre pas la situation-problème. Nous avons analysé ces conceptions en confrontant les conduites des stagiaires aux explications qu'ils en donnent et nous avons mis ainsi quelques grands points en évidence.

4.3. Les conceptions des stagiaires, qui permettent d'analyser certains de leurs blocages

La pratique de classe fait intervenir des conceptions d'ordre divers qui forment un réseau et qui se renforcent les unes les autres.

4.3.1. Des conceptions d'ordre épistémologique

Pour les stagiaires, l'enseignement de la physique est un enseignement de lois «théoriques». Les activités expérimentales s'avèrent donc secondaires ; ils n'y font appel que pour illustrer et appliquer les lois qu'ils enseignent :

Extrait d'une séance de confrontation des analyses :

Un stagiaire : «*Moi, j'utilise l'esprit théorique et formel du cours pour préparer les TP. Là, on donne des choses. Ensuite, on passe aux TP ; en gros, j'essaie de faire un maximum en application du cours.*»

Un autre stagiaire : «*Oui, il faut bien qu'il y ait la pratique ; le cours, avant, c'est la théorie.*»

Le premier dit «donner des choses» pendant ses cours. L'expression est caractéristique du fait qu'il ne connaît pas le statut de ce qu'il enseigne et ne voit donc pas de façon de faire autrement que de le «donner». Cette même démarche apparaît au second stagiaire comme une évidence.

Il est donc absolument nécessaire, dans ce cadre-là, qu'il y ait concordance entre les modèles enseignés et les objets réels qui interviennent dans les situations expérimentales proposées aux élèves : il suffit pour cela

de concevoir *a priori* des situations de TP où le choix implicite des «bons» composants ou des «bonnes» conditions expérimentales permettent cette concordance. Il n'est pas besoin, dans ce cas, de se préoccuper d'arguments, pour le lissage de la courbe par exemple, puisque le professeur et l'élève savent déjà quelle courbe on «doit» obtenir. Par exemple, dans la séance de confrontation de leurs analyses, certains stagiaires parlent de la «vérification» de la loi d'Ohm :

Stagiaire 1 : *«Un professeur qui est conscient de son métier , il va faire l'expérience avant, il va éliminer toutes les sources d'erreurs pour qu'il n'y ait pas de perturbation dans l'esprit de l'élève ; il a sa droite.»*

Stagiaire 2 : *«C'est important pour la validité de notre enseignement.»*

Stagiaire 3 : *«Il faut bien qu'il ait conscience de la validité d'une loi !»*

Le second stagiaire exprime sans doute ici son inquiétude de débutant face aux élèves ; dans ces conditions, il lui est difficile d'aborder la question de la limite de validité d'une loi, car il craindrait de mettre en cause la crédibilité d'un enseignement pour lequel il ne se sent déjà pas très sûr de lui.

Les stagiaires préfèrent d'ailleurs éviter que les élèves fassent eux-mêmes des mesures, si ce n'est dans une situation qu'ils ont, eux, épurée. Ceci leur permet aussi de contourner la question des incertitudes de mesure qu'ils maîtrisent mal. Ils sont alors conduits, comme dans l'exemple suivant, à mettre en oeuvre des procédures qui éviteront de faire faire les mesures par les élèves. Voici un extrait de dialogue de la séance de préparation du TP-problème, où les stagiaires cherchent à éviter que les élèves ne se posent des problèmes de tracé ; ils préfèrent proposer un graphe qu'ils ont représenté eux-mêmes, conforme à ce qu'ils attendent. Ils sont même prêts à tricher pour contourner le problème posé par les mesures et leur signification.

Stagiaire 1 : *«On peut leur amener la caractéristique toute tracée en disant : voilà, le constructeur dit ça ; on analyse le schéma, on regarde à quoi ça correspond ; à partir de là on en déduit comment il faut qu'on se place pour que la diode éclaire.»*

Stagiaire 2 : *«Je ne trouve pas la caractéristique, dans les catalogues.»*

Stagiaire 3 : *«Mais je suis sûr que ça existe, cette caractéristique ! On peut faire comme si on l'avait trouvée, du moment qu'on sait que ça peut exister.»*

Stagiaire 4 : *«Et si on en fait une et si on dit que c'est le constructeur qui l'a fournie.»*

Les stagiaires envisagent difficilement que leurs connaissances disciplinaires ne soient pas opérationnelles pour gérer le TP-problème. Pour éviter tout conflit déstabilisant, ils évitent de les mettre à l'épreuve dans l'analyse des argumentations qui interviennent en dialogue de classe. En fait, si les stagiaires ne disposent pas des connaissances nécessaires pour argumenter, c'est qu'ils se sont toujours situés dans un cadre où ils n'en ont pas eu besoin, soit en tant qu'étudiants, soit en tant qu'enseignants dans les séances qu'ils conduisent habituellement en classe. Le lien est étroit, comme le font remarquer J. Désautels & M. Laroche, entre conception de la science et pédagogie : *«La représentation de la science que se font les enseignants oriente, au moins en partie, les stratégies pédagogiques qu'ils mettent en oeuvre dans la classe et dans le laboratoire»* (Laroche & Desautels, 1993, p. 55).

4.3.2. Des conceptions d'ordre pédagogique

Il est difficile, pour les stagiaires, d'envisager que leurs élèves élaborent eux-mêmes une situation expérimentale. De même, par crainte de l'imprévu ou d'une exploitation difficile dans l'immédiat, ils envisagent difficilement de tenir compte des connaissances préalables de leurs élèves. Dans le dialogue qui suit, extrait d'une séance de confrontation des analyses, les deux premiers stagiaires reconnaissent que les questions et suggestions de leurs élèves les ont parfois gênés, car ils ont manqué, sur le champ, des connaissances nécessaires ; en réponse à ces remarques, pour ne pas être confronté aux suggestions délicates de ses élèves, le troisième stagiaire décrit une procédure d'évitement qui consiste à les mettre tout de suite en défaut :

Stagiaire 1 : *«Moi, je n'ai pas vraiment répondu à toutes les questions d'élèves parce que je ne connaissais pas vraiment la réponse.»*

Stagiaire 2 : *«Moi aussi, quand un élève m'a parlé de transistor, c'était pareil.»*

Stagiaire 3 : *«Tu leur demandes de t'expliquer : tu le bloques, s'il te bloque.»*

Donc les stagiaires conçoivent mal de faire résoudre des problèmes expérimentaux où les élèves testeraient la fonctionnalité de leurs connaissances. La situation-problème n'est pas une situation de classe qui paraisse raisonnablement imaginable et gérable. C'est ce qu'exprime l'un d'eux par la suite, en reconnaissant ses difficultés à imaginer une situation-problème et à guider les élèves sans leur dire tout ce qu'ils doivent faire :

Un stagiaire : *«C'est ça, le problème : comment amener les élèves à faire quelque chose en TP; c'est ça, notre problème, c'est de leur poser un problème ! (...)*

Comment faire pour que les élèves ne s'appuient que de manière minimum sur le savoir de l'enseignant ? Peut-être en jouant, pour le professeur, le rôle de candide total : je ne sais pas, moi, je cherche en même temps que vous.»

Le stagiaire ci-dessus ne peut envisager d'autre méthode que d'enseigner par imitation : pour justifier aux élèves qu'il ne leur dit pas immédiatement ce qu'ils doivent faire ou savoir, il ne peut que faire semblant de ne pas savoir. Pour les inciter à chercher, il leur demande alors de l'imiter.

Le rôle du professeur étant de transmettre son savoir, il n'est pas nécessaire de faire en sorte que les élèves construisent ce savoir (puisque le professeur le met à leur disposition), ni de prendre du temps pour cette élaboration. Il n'est pas utile non plus de tenir compte de leurs connaissances préalables, sans doute peu fiables. Le professeur communique son savoir sous une forme établie et claire, qui doit permettre à l'élève de tout comprendre. C'est ainsi que s'exprime un des stagiaires dans son analyse de séances de TP, et le mot «message» qu'il emploie évoque bien un discours à sens unique, du professeur vers l'élève, récepteur du savoir.

«Au lieu de se baser sur les acquis antérieurs (des élèves), il serait bon de rappeler souvent les notions fondamentales de notre enseignement et l'utilisation pratique de ces notions. Ainsi, nous devons anticiper les questions et répéter un grand nombre de fois le même message jusqu'à ce qu'on soit sûr d'avoir été compris. En d'autres termes, un élève qui a bien acquis les notions rencontrées dans les chapitres antérieurs ne doit pas trouver de difficulté à mener à bien cette séquence.»

Si la transmission du savoir, du professeur vers l'élève, est conçue ainsi de façon frontale, les questions qui pourraient guider les élèves dans leur raisonnement paraissent difficiles à imaginer. Les stagiaires préfèrent éviter, autant que possible, la manifestation des erreurs de leurs élèves ainsi que leurs questions, car elles apparaissent comme une manifestation d'un dysfonctionnement de leur cours, cours qui n'aurait pas été assez clair et précis. Ils cherchent donc, tout comme le stagiaire cité précédemment, à anticiper les questions des élèves et à placer ces derniers dans des situations où ils n'auront pas la possibilité de se tromper, ce qui élimine toute étape de tâtonnement et de recherche en classe. Il faut noter cependant que lorsqu'ils sont confrontés à certains types d'erreurs en relation avec les

conceptions erronées des élèves, ils peuvent envisager de les exploiter ; sans doute ne se sentent-ils pas, dans ce cas, responsables d'erreurs dues à des conceptions préalables.

Un phénomène fréquent : «l'élève-alibi»

Ainsi, les conceptions, aussi bien épistémologiques que pédagogiques, qui entrent en jeu dans la pratique de classe constituent-elles un réseau étroit et s'étayent-elles les unes les autres. Celles qui concernent les élèves, en particulier, interviennent pour éviter toute remise en cause des conceptions d'ordre épistémologique : c'est ce que nous appelons le phénomène de «l'élève-alibi». Il se manifeste dans toutes les circonstances où les stagiaires utilisent les élèves pour éviter de remettre en cause certaines de leurs conceptions de la physique, comme la validité universelle des modèles, par exemple, dans le cas suivant :

Extrait de séance de confrontation des analyses :

Le formateur : *«Mais le modèle ne s'applique pas forcément dans toutes les conditions.»*

Un stagiaire : *«Comment dire, je suis un peu réticent par rapport à ce genre de chose. Ils (les élèves) ont pas mal de choses à retenir. Si on commence à les embrouiller tout le temps en disant : ça ne marche pas tout le temps... je ne sais pas ce qui va en sortir, à la fin.»*

D'après les stagiaires, le besoin de certitude des élèves ferait en sorte que la limite de la validité d'un modèle serait un obstacle à l'apprentissage. De même, un autre (le stagiaire¹ ci-après), qui utilise lui-même, en cours, le raisonnement séquentiel pour décrire les propriétés du courant électrique, justifie sa pratique en assurant que les élèves ne pourraient comprendre autrement.

Autre extrait de la séance de confrontation des analyses :

Stagiaire 1 : *«Si on a un élève qui essaie de faire un exercice au tableau et qui sèche, moi, je lui fais visualiser (par une flèche) le courant qui circule et s'arrête (à l'interrupteur ouvert). Comment faire autrement ?»*

Stagiaire 2 : *« Il vaut mieux lui dire dès le début que le courant ne passe pas... qu'il ne part pas.»*

Stagiaire 1 : *«Il ne comprendra pas, à mon avis.»*

Un conflit institutionnel

Ainsi, même si quelques domaines de la gestion de classe peuvent être source d'interrogation pour les stagiaires, ils sont peu nombreux à donner lieu à une démarche prospective. Car, en même temps qu'ils mettent en cause certains points des pratiques habituelles des stagiaires, tout autre type de conduite de classe apparaît à ces derniers comme difficilement gérable. Et pourtant, dans le courant de la séance de TP, suivant en cela les règles du jeu fixées par le formateur, ces enseignants débutants ont, pour la plupart d'entre eux, conduit sans difficulté particulière la confrontation des schémas proposés par les élèves ainsi que leurs échanges à propos des divers composants à utiliser dans le circuit. Si, malgré cette réussite, ils envisagent difficilement de poser aux élèves un problème d'ordre expérimental, c'est qu'ils n'ont pas de référence de ce type de situation sur les lieux mêmes de leur stage. Les pratiques que peuvent concevoir les stagiaires sont en effet fortement inspirées de celles de leurs tuteurs, conseillers pédagogiques. Or ceux-ci, dans le cadre de notre expérimentation, utilisent essentiellement des protocoles expérimentaux très guidés et à caractère transmissif. Les stagiaires se conforment, en général, aux pratiques de leurs tuteurs, d'autant plus qu'au niveau institutionnel, ces derniers sont juges de leurs compétences pédagogiques sur le terrain. Ils sont alors confrontés à un conflit d'ordre institutionnel entre les objectifs visés par la formation (qui préconise une diversification des pratiques) et ceux de leurs conseillers pédagogiques.

5. CONCLUSION

Le travail de recherche présenté ici vise, rappelons-le, à apporter des informations sur la possibilité d'utiliser les méthodes d'analyse de la didactique en formation professionnelle. Les résultats montrent que la situation de TP-problèmes, telle qu'elle a été construite dans un but de formation, est bien opérationnelle : elle est en effet révélatrice, pour les stagiaires, de conceptions que les élèves ont des propriétés du courant, ou de difficultés qu'ils éprouvent à exploiter les données expérimentales, et ceci sans artifices, dans le déroulement même de la séance de TP. Les choix faits pour le rôle de la didactique, comme outil de formation aidant à la lecture de situations d'enseignement effectives, se révèlent pertinents dans la mesure où ils conduisent les stagiaires à identifier certaines difficultés de leurs élèves, qu'ils ne soupçonnaient pas, à s'interroger sur les conditions d'un apprentissage efficace, et à s'engager dans une réflexion critique sur les processus d'enseignement.

Nous avons montré, cependant, que la réalisation des choix de formation se heurte à des limites : la situation de formation, si elle est bien prétexte à faire exprimer aux stagiaires leurs conceptions et à se questionner sur leur pratique, n'ouvre pas vraiment sur une réflexion dans le domaine disciplinaire, ce qui les empêche de progresser et d'envisager une diversification dans la conduite de classe. Une pratique réflexive menée à partir de l'exploitation didactique d'une séance de résolution de problèmes expérimentaux, conduit en effet à remettre en cause, non seulement le statut de certaines connaissances, mais encore les modèles d'enseignement que donne l'environnement professionnel. Elle passe alors nécessairement par une évolution des conceptions des stagiaires sur l'enseignement de la physique et sur la physique elle-même. Les résultats de cette recherche montrent que c'est un bouleversement qui ne peut se faire, certes, en quelques heures de formation, mais que la gestion et l'analyse de situations différentes des pratiques habituelles peuvent constituer une amorce à une réflexion pédagogique. Une réflexion n'est sans doute pas suffisante en soi, mais peut avoir des retombées à plus longue échéance, fournissant aux stagiaires des éléments de base et quelques outils pour construire des situations de classe interactives ou tenir compte, dans leur pratique, de l'analyse des propos et des erreurs de leurs élèves. Le fait que tous les obstacles n'aient pas été surmontés en quelques heures de formation ne signifie sans doute pas que les choix de départ doivent être abandonnés. Les conditions nécessaires pour qu'ils soient un jour surmontés ont été créées.

Enfin, et en conclusion, les résultats confirment que c'est bien l'association nécessaire et harmonisée des réflexions sur les trois domaines que sont la discipline, l'apprentissage des élèves et la conduite de classe qui peut permettre à des enseignants débutants de progresser professionnellement.

BIBLIOGRAPHIE

- ALLET M. (1994). *La formation professionnelle des enseignants*. Paris, PUF.
- AMADE-ESCOT C. (1992). Contribution à la modélisation des phénomènes de formation à la didactique. *Recherches en didactique : contribution à la formation des maîtres*. Paris, INRP, pp. 209-217.
- BRENASIN J. (1993). Signification de la mesure en sciences expérimentales. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, n° 740, pp. 75-85.
- CHARLIER E. (1989). *Planifier un cours*. Bruxelles, De Boeck.
- CLOSSET J.-L. (1989). Les obstacles à l'apprentissage de l'électrocinétique. *Bulletin de l'Union de Physiciens*, n° 716, pp. 931-949.
- COELHO S. (1992). *Contribution à l'étude didactique du mesurage en Physique dans l'enseignement secondaire : description et analyse de l'activité intellectuelle et pratique*

- des élèves et des enseignants*. Thèse de doctorat en didactique des Sciences. Paris, Université Paris 7.
- GIORDAN A. & DE VECCHI G. (1990). *La construction du savoir*. Neuchâtel, Delachaux et Niestlé.
- JOHSUA S. & DUPIN, J.-J. (1993). *Introduction à la didactique des Sciences et des Mathématiques*. Paris, PUF.
- LAROCHELLE M. & DESAUTELS J. (1993). La formation à l'enseignement des Sciences : le virage épistémologique. *Didaskalia*, n° 1, pp. 49-68.
- LEMEIGNAN G. & WEIL-BARAIS A. (1993). *Construire des concepts en Physique*. Paris, Hachette.
- MARTINAND J.-L. (1994). La didactique des sciences et de la technologie et la formation des enseignants. *Aster*, n° 19, pp. 61-76.
- SAINT-GEORGES M. (1996a). Place et rôle de la didactique dans la formation des professeurs de sciences physiques. *Les cahiers du CeRF* n° 4, pp. 339-344.
- SAINT-GEORGES M. (1996b). *Formation des professeurs de sciences physiques par la didactique*. Thèse de doctorat en didactique des sciences. Paris, Université Paris 7.
- SÉRÉ M.-G. (1993). Le déterminisme et le hasard dans la tête des élèves. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, n° 740, pp. 87-96.