

# ■ COMPTE RENDU D'INNOVATION

## Report of innovation

**Quelles activités de formation  
pourrait-on mettre à l'œuvre  
avec les stagiaires de l'ENS  
en vue d'assurer une adéquation  
entre la formation à la didactique  
et la pratique professionnelle au  
lycée ? : compte rendu d'innovation**

**What training activities can be executed  
with the preservice teachers of ENS so  
as to remedy to the inadequacy existing  
between theoretical and practical  
training in science education ? : report  
of innovation**

**Mohammed KOUHILA**

Groupe GIREST  
École Normale Supérieure  
BP 2400  
Marrakech, Maroc.

## **Résumé**

*L'article expose une nouvelle stratégie de formation à la didactique de la physique basée sur l'analyse épistémologique du fonctionnement de la discipline. Il s'agit de l'élaboration d'un module de formation des professeurs stagiaires de la cinquième année (PC<sub>5</sub>) de l'ENS'. En partant des difficultés et des paradoxes vécus par l'auteur, ce travail aborde la question de l'articulation de la formation didactique avec les stages de terrain au lycée. Les activités de formation expérimentées se proposent de remédier au problème de l'inadéquation entre les deux formations théorique et pratique.*

**Mots clés :** analyse épistémologique, formation des enseignants, analyse de manuels, didactique, physique.

## **Abstract**

*This paper suggests a new training strategy in science education based upon the epistemological analysis of physics. It consists of elaborating a training module for preservice teachers of the fifth year of ENS of Marrakech (PC<sub>5</sub>). The present study reports the difficulties and the paradoxes encountered by the author. The suggested training activities contribute to remedy to the inadequacy observed between practical and theoretical training in science education.*

**Key words :** epistemological analysis, teachers' training, textbook analysis, science education, physics.

## **Resumen**

*El artículo expone una nueva estrategia de formación en didáctica de la física, basada en el análisis epistemológico del funcionamiento de la disciplina. Se trata de la elaboración de un módulo para estudiantes del quinto año de la carrera docente (PC5) de la Escuela Normal Superior. Partiendo de las dificultades y paradojas vividas por el autor, este trabajo aborda el punto de la articulación entre la formación didáctica y la práctica profesional en el liceo. Las actividades de formación experimentales persiguen remediar el problema de la falta de adecuación entre la formación teórica y la práctica profesional.*

**Palabras claves :** análisis epistemológico, formación docente, análisis de libros textos, didáctica, física.

## 1. INTRODUCTION

Au Maroc, depuis la réforme de 1985 et jusqu'à l'avènement du premier « curriculum de sciences physiques » (Ministère de l'Éducation Nationale, 1996a, 1996b), les inspecteurs incitent les enseignants du secondaire à préparer des fiches pédagogiques (fiche de la leçon). La fiche de préparation proposée comprend les objectifs de la leçon, les capacités visées, les activités d'enseignement/apprentissage à mettre en œuvre, ainsi que les outils d'évaluation adoptés (annexe 1). Ce type de fiche ne tient compte ni de la spécificité ni du fonctionnement de la discipline et semble ignorer l'analyse épistémologique. Pour combler cette « lacune », nous avons mis au point des activités de formation en didactique qui permettent d'élaborer avec les stagiaires de l'ENS un outil méthodologique (fiche épistémologique) prenant en considération le fonctionnement propre de la physique.

Avant qu'il ne planifie son enseignement, cette fiche invite l'enseignant à se poser des questions sur les concepts clés de la physique, le statut de l'expérience et son articulation avec le modèle, le rôle des modèles dans l'apprentissage et l'enseignement de la physique, et enfin sur les démarches et les raisonnements à mettre en œuvre avec les élèves. En plus des vigilances didactique et scientifique (Beaufils, 1995) requises chez l'enseignant, la fiche épistémologique invite l'enseignant à être également vigilant sur le plan épistémologique en réfléchissant sur certains concepts « méta-théoriques » véhiculés par l'enseignement tels que l'expérience ou le modèle.

L'objectif principal de ce travail vise à fournir à un enseignant de sciences physiques des outils méthodologiques qui lui permettent :

- d'apprendre à faire une analyse conceptuelle des notions à enseigner et construire la trame conceptuelle d'une leçon ;
- d'analyser le rôle des expériences qu'il va faire dans sa classe ;
- de comprendre et d'analyser les raisonnements spontanés de ses élèves et les raisonnements développés dans les manuels d'enseignement ;
- d'analyser les fonctions des modèles dans la physique scolaire.

## 2. PROBLÉMATIQUE D'UNE FORMATION INITIALE EN DIDACTIQUE DE LA PHYSIQUE

D'après Astolfi & Develay (1989), la didactique des sciences s'intéresse aux processus d'acquisition et de « transmission » des savoirs. Il faut noter que la formation à la didactique de la physique ne prétend pas résumer à elle seule la totalité d'une formation nécessaire pour enseigner la physique (Astolfi et al., 1997a).

À l'ENS de Marrakech, le formateur en didactique des sciences physiques vit un double paradoxe qu'il doit gérer. D'un côté, il conseille aux stagiaires d'éviter un enseignement dogmatique ; mais il peut « enseigner » lui-même de façon dogmatique. D'un autre côté, il préconise aux stagiaires des modèles d'enseignement s'inscrivant dans une perspective socio-constructiviste alors qu'ils seront amenés à enseigner dans un paradigme inductiviste.

Par ailleurs, les stagiaires ont constaté, au cours de leurs stages au lycée, un écart notable entre la formation théorique et la pratique professionnelle. Saint-Georges & Bonnefois (1998) ont soulevé cette question de l'articulation de la formation didactique en IUFM avec les stages de terrain en lycée et collège. Cependant, leur analyse a porté exclusivement sur des situations de travaux pratiques dans le dispositif de formation qu'ils ont proposé.

Viennot (1997) met l'accent sur la nécessité de l'imbrication entre la réflexion didactique et le contenu disciplinaire. L'objectif de son travail est d'approfondir chez les stagiaires les contenus physiques en leur faisant jouer à la fois le rôle « d'analyste » et celui de « cobaye » dans toute pratique de formation. Quant à Astolfi et al. (1997a), ils ont proposé des situations de formation continue en didactique des sciences. Ces mêmes situations sont-elles aussi valables en formation initiale ? D'autre part, ils n'ont pas évoqué le problème de l'inadéquation possible entre une formation théorique à la didactique et la pratique professionnelle.

Si nous nous référons à nos anciennes pratiques, nous constatons, au fil des années, que les stagiaires ne rentrent plus dans le cadre de référence dans lequel nous les formons. On se demande si les travaux de recherche en didactique ne devraient pas subir une « transposition didactique » avant de devenir des objets de formation. En effet, en dépit de l'existence d'un programme élaboré par le corps formateur <sup>2</sup> (annexe 2), nous nous heurtons toujours à l'éternel problème : « *comment traduire ce programme en pratiques formationnelles adéquates ?* » Nous avons essayé, au fil des années, plusieurs modules de formation, mais aucun ne nous a donné pleine satisfaction.

Nous avons fait de l'adéquation entre la formation théorique et la pratique professionnelle, notre objectif prioritaire. Ainsi, en s'inscrivant dans la même ligne de pensée que les auteurs cités ci-dessus, notre question de recherche pourrait être formulée ainsi : *Quel dispositif de formation pourrait-on adopter avec les stagiaires de PC<sub>5</sub> afin d'assurer une formation initiale (en didactique et en épistémologie de la physique) qui soit en parfaite concordance avec les activités d'enseignement pratiquées lors des stages au lycée ?*

### 3. ÉLABORATION D'UN MODULE DE FORMATION

#### 3.1. Principes d'une formation initiale en didactique de la physique

Astolfi et al. (1997a) ont montré que la formation des enseignants est souvent conçue comme un transfert d'information. À l'ENS de Marrakech, les formations pratiquées ne cessent de susciter débats et controverses, surtout en didactique et en physique. Les pratiques, qui confondent l'enseignement et la formation, laissent entendre que cette dernière est synonyme d'un transfert mécanique de savoirs tout faits d'un formateur, détenteur de connaissances absolues, à un formé ayant acquis quelques savoirs fragmentés. Le discours fréquent est éloquent à ce sujet : « *les stagiaires ont des lacunes, le niveau a baissé, etc.* »

À la suite de notre expérience professionnelle, de nos stages en France et de nos travaux de recherche, nous définirons « *la formation des enseignants, comme étant l'apprentissage de la gestion d'un certain nombre de choix, de contradictions et de tensions en faisant certains rejets et certaines éliminations.* » (Maarouf & Kouhila, soumis pour publication).

Enfin, nous pensons à la suite de Astolfi et al. (1997a, 1997b), que toute pratique de formation en didactique des sciences devrait reposer sur les trois principes qui suivent :

*1<sup>er</sup> principe* : le formé doit être impliqué dans l'activité de formation qui lui est proposée. Il est préférable de lui faire jouer à la fois les rôles « *d'analyste* » et de « *cobaye* » (Viennot, 1997).

*2<sup>ème</sup> principe* : les situations de formation proposées aux formés doivent entretenir un degré de *parenté* avec les situations d'enseignement que le stagiaire aura à installer pour ses élèves.

*3<sup>ème</sup> principe* : le formateur doit *explicitement* le modèle pédagogique qu'il fait fonctionner, sans pour autant dicter la conduite future des formés.

### 3.2. Place du module de formation proposé dans la formation professionnelle

Chaque stagiaire est responsable d'une classe au lycée, pendant 8 h par semaine, sous la direction d'un « encadreur » et d'un « professeur d'application ». Il est aussi en formation à l'ENS pendant 25 h par semaine. Le module de formation décrit ici ne porte que sur la partie dite « épistémologie de la physique » du programme de didactique (100 h par an), soit 28 h par an, situés entre novembre et janvier 98. Cette partie de l'année correspond, au lycée, à l'enseignement de la mécanique dans la classe de première année scientifique (grade 10).

Nous avons proposé à nos stagiaires les thèmes du module 1 (voir les intitulés en annexe 2) sous forme d'une grille (tableau 1) qui pose le questionnement de chacun des thèmes auxquels ce module essaie de répondre. Ces questions sont bien explicitées aux stagiaires pour que les activités de formation envisagées aient un sens pour eux. En nous appuyant sur cette grille et en nous plaçant dans une problématique de transposition didactique, nous avons reformulé en concertation avec les stagiaires les six thèmes proposés dans le module 1 (annexe 2), dans le but de dégager des problématiques à traiter. Chaque thème a fait l'objet d'un travail de recherche publié ou soumis à publication. C'est cette reformulation du module 1 et surtout sa mise en œuvre, dans la pratique formationnelle, que nous présentons dans cet article.

L'objectif du module que nous avons retravaillé et reconstruit est de fournir à l'enseignant des outils méthodologiques qui lui permettent d'analyser les manuels d'enseignement de physique en tenant compte de la nature et du fonctionnement de la physique. Il faut noter qu'au Maroc, il n'existe pas de livre du professeur. Il existe un manuel national unique destiné aussi bien au professeur qu'à l'élève.

Thèmes du module 1	Questionnement	Éléments d'analyse
Conceptualisation	Quel type de concept est présenté ?	– concept classificatoire ; – concept formel...
	Comment les concepts sont-ils introduits ?	– reconstruction ; – présentation toute faite.
	– Quel niveau de formulation est mis en œuvre ? À quelle question répond ce concept ?	Recherche des niveaux de formulation des concepts.
	Quel problème terminologique le concept pose-t-il ?	Recherche de la différence entre les sens conventionnels et courants du concept.

	Comment les concepts sont-ils reliés entre eux ?	Recherche de relations et de trames conceptuelles.	
Modélisation	– Quel est le type de modèle présenté ? – À partir de quel champ théorique a-t-il été construit ?	– modèle analogique ; – modèle descriptif ; – modèle symbolique...	
	Comment s'articulent différents modèles d'une même situation ?	– emboîtement des modèles ; – exclusion des modèles.	
	– Comment le modèle est-il introduit ? – Par rapport à quelles questions le modèle proposé est-il pertinent ?	– proposer un modèle tout fait ; – reconstruire par l'élève.	
Expérimentation	Quelle catégorie d'expérience est réalisée ou décrite ?	- expérience de monstration ; – expérience de renforcement ; – expérience de référence...	
	Quelle fonction joue cette expérience dans la construction du savoir de l'élève ?	– induire une loi physique ; – vérifier une hypothèse ; – déstabiliser une conception.	
Modes de raisonnement	Quels modes de raisonnement sont mis en œuvre ?	Induction	Départ : une expérience Conséquence : une loi
		Déduction	Départ : une loi, un principe Conséquence : un théorème
		Analogie	Départ : situation habituelle Conséquence : situation nouvelle
		Contre-exemple	Départ : une hypothèse Conséquence : réfutation par l'expérience ou par un calcul
Formalisation mathématique	Quel rapport entre la physique et les mathématiques le manuel scolaire véhicule-t-il ?	Rapport sémantique	Donner un sens physique à une notion mathématique.
		Rapport de constitution	Construire formellement un concept physique.
		Rapport d'application	– exprimer formellement un concept ou une loi ; – utiliser les mathématiques comme moyen de calcul.
		Rapport indirect	Présenter une physique qualitative sans équations.

Tableau 1 : Grille du programme du module « épistémologie de la physique »<sup>3</sup>

### 3.3. Proposition de quelques activités de formation en épistémologie de la physique

Les situations de formation proposées permettent de développer, chez nos stagiaires, l'attitude réflexive et l'analyse fine entre autres. Nous rejetsons en annexe 3 la liste complète des compétences visées par la formation à la didactique et à l'épistémologie de la physique.

#### 3.3.1. La stratégie de formation

Le thème 0 du module 1 a fait l'objet d'un chapitre introductif aux problématiques traitées dans le module de formation que nous proposons. En revanche, pour chacun des thèmes 1 à 4, nous décrivons la stratégie de formation adoptée. Voici les intitulés des thèmes du module 1 tels qu'ils ont été reformulés à partir du programme de formation (annexe 2).

*Thème 0* : Comment se forment, évoluent et fonctionnent les sciences physiques ?

*Thème 1* : Les concepts en physique : approche *didactique* et *épistémologique*

*Thème 2* : Le statut de l'expérience entre la physique savante et la physique à enseigner

*Thème 3* : Approche logique des raisonnements canoniques et spontanés utilisés en physique scolaire

*Thème 4* : Rôle des modèles dans le contexte de l'enseignement de la physique

*Thème 5* : La problématique des rapports entre la physique et les mathématiques dans son lien avec l'épistémologie scolaire

Étant donné sa spécificité, le thème 5 a fait l'objet d'une présentation de deux heures. Il ne rentre pas dans la stratégie de formation proposée ci-dessous.

- **Phase 1** : une séance de simulation d'un micro-enseignement (une demi-journée) où les stagiaires présentent des séquences de cours de 15 minutes devant leurs camarades qui jouent le rôle des élèves. Chaque stagiaire est invité, soit à introduire un concept, soit à gérer une expérience, soit à présenter un modèle ou à développer un raisonnement. Tout le matériel expérimental nécessaire est mis à sa disposition. On fait visualiser (au magnétoscope) la séquence filmée ; le stagiaire fait une autocritique sur sa

prestation ; ses camarades lui font des remarques. Le formateur oriente, par exemple, la discussion vers les points suivants :

- Comment le stagiaire introduit-il le concept ?
- Quelle fonction attribue-t-il à l'expérience et au modèle ?
- Quel raisonnement met-il en œuvre ? etc.

Ensuite, le stagiaire est invité à refaire la même présentation pour voir à quel point il peut tirer profit des remarques et critiques qui lui ont été faites par ses collègues.

– **Phase 2** : une séance de deux heures pour présenter en détail le travail de recherche effectué sur le thème en question. À la fin de la séance, l'article qui traite le thème choisi, est fourni aux stagiaires, muni de quelques textes auxiliaires permettant de l'aborder.

– **Phase 3** : une deuxième séance de deux heures est consacrée à un débat sur l'article qui traite l'un des thèmes, la problématique qu'il aborde ainsi que la méthode d'analyse adoptée par l'auteur. Une discussion s'installe entre le formateur (qui peut être l'un des auteurs des articles remis) et les stagiaires. Cette discussion permet de critiquer l'article et de montrer qu'il existe des critères de validation, explicites et/ou souvent implicites, qui permettent l'acceptabilité d'un travail de recherche par la communauté scientifique et que l'évolution d'un travail de recherche dépend fortement de l'évolution du jugement de cette communauté à une époque donnée (Johsua & Dupin, 1993).

– **Phase 4** : la troisième séance de deux heures, sous forme d'atelier, est consacrée à l'exploitation de l'outil proposé par l'auteur en l'appliquant au manuel scolaire pour analyser une leçon. Au cours de cette séance, l'auteur propose un germe de grille qui est débattu par les stagiaires. Ainsi, les grilles proposées sont le fruit d'un processus de va et vient entre la théorie (articles de recherche qui traitent des quatre thèmes) et la pratique (analyse du manuel de physique). On présente dans ce qui suit les versions finales des grilles qui ont fait l'unanimité lors de leur application à l'analyse d'une leçon. Il faut noter que ces grilles ne sont ni rigides ni définitives. Elles peuvent être améliorées avec l'usage.

### **3.3.2. Les situations de formation**

À partir des travaux présentés et débattus avec les stagiaires, nous proposons des activités de formation qui sont le fruit de quatre ateliers au terme desquels le formateur et les stagiaires ont pu élaborer les grilles d'analyse qui ont fait l'objet des situations de formation qui suivent.

### **Situation 1 : Analyse des concepts d'une leçon et construction d'une trame conceptuelle**

La situation de formation relative à ce thème a été élaborée en s'appuyant sur les travaux de Jacobi (1993), de Lemeignan & Weil-Barais (1993) et de Kouhila (1998a). La grille, proposée au tableau 2, aide l'enseignant à catégoriser les concepts à enseigner, à réfléchir sur leur sens conventionnel et à les mettre en relation au sein d'une trame conceptuelle. En cultivant l'esprit de synthèse, ce genre d'analyse permet de dépasser les inconvénients de la présentation linéaire et fragmentée qui caractérise un manuel d'enseignement.

<b>Typologie des concepts</b>	<b>Éléments de définition</b>
Concepts non définis ou indéfinissables	Ce sont les concepts qu'on utilise en physique sans les définir comme le temps, la matière, l'espace, etc.
Concepts définis	Ce sont les concepts qu'on précise à l'aide de concepts non définis : la vitesse, l'accélération, etc.
Concepts classificatoires	Ils désignent des classes d'objets caractérisés par un ensemble d'attributs : le thermomètre, la pile, le voltmètre, etc.
Concepts quantitatifs formels et relationnels	Ils se définissent en relation avec d'autres concepts et sont mesurables : la force, la pression, l'énergie, etc.
Concepts formels non relationnels et qualitatifs	Ils résultent d'une construction mentale et sont non mesurables : le système, le référentiel galiléen, etc.
Concepts qualitatifs formels et hypothétiques	Ils renvoient à des entités hypothétiques postulées par les physiciens : l'atome, le point matériel, etc.
Concepts précurseurs	Ce sont les concepts préliminaires qui servent à introduire les concepts fondamentaux tels que l'action mécanique par exemple.

**Tableau 2 : Grille d'analyse des concepts physiques introduits dans une leçon**

### **Situation 2 : Le statut de l'expérience dans la physique à enseigner**

La situation de formation a été élaborée en s'appuyant sur le travail de Kouhila & Maarouf (soumis pour publication) comme texte principal et sur les travaux de Giuseppin (1996) et de Patrigeon & Simon (1997) comme textes auxiliaires, fournis aux stagiaires afin de comprendre le texte principal, en le situant dans son contexte de recherche. L'outil présenté ci-dessous (tableau 3) aide l'enseignant à analyser les expériences décrites dans le manuel ou celles qu'il va faire avec ses élèves.

Catégorie de l'expérience	Fonctions de l'expérience
Expérience fondamentale	Induire une loi physique ou introduire un concept fondamental.
Expérience de sensibilisation	Provoquer la motivation de la classe. Poser une nouvelle question.
Expérience illustrative	Illustrer un concept, un phénomène. Mettre en évidence une loi ou un phénomène.
Expérience de référence	Introduire un concept. Présenter un modèle tout fait. Vérifier une loi physique.
Expérience de renforcement	Exploiter un modèle. Renforcer les acquis des élèves.
Expérience qualitative	Proposer une première approche d'un concept.
Expérience assistée	Saisir et traiter automatiquement les mesures.
Expérience-spectacle	Présenter un phénomène pour provoquer l'étonnement.
Expérience prototypique	Introduire plusieurs faits avec une seule monstration.
Expérience « limitative »	Montrer les limites de validité d'un modèle ou d'une loi.
Expérience- manipulation	Se familiariser avec un appareil ou une technique de mesure.
Expérience historique	Enrichir la culture scientifique de l'élève.
Expérience-test	Vérifier une hypothèse formulée par l'élève.
Expérience de TP-problème	Problématiser une situation physique familière.
Expérience de validation	Valider un modèle reconstruit par la classe.
Expérience de « persuasion »	Convaincre l'élève de la plausibilité d'un argument.
Expérience quotidienne	Jeter des ponts entre le cadre quotidien et le cadre physique. Appliquer les lois physiques à des situations familières.

**Tableau 3 : Grille d'analyse des expériences décrites dans les manuels d'enseignement**

***Situation 3 : Les raisonnements canoniques et spontanés dans la physique à enseigner***

La situation de formation relative à ce thème a été élaborée en s'appuyant sur les travaux de Robardet (1990), de Guillon (1995), de Viennot (1996) et de Toussaint & Gréa (1996). Au terme de cette situation de formation, une grille d'analyse a été construite (tableaux 4 et 5). Elle permet à l'enseignant de prendre conscience des raisonnements développés dans les manuels d'enseignement et des raisonnements spontanés des élèves.

Raisonnement	Point de départ	Conclusion
Induction	Une expérience	Énonciation d'une loi
Déduction	Une hypothèse, une loi, un principe	Inférence d'un théorème ou autres
Contre-exemple	Une hypothèse	Réfutation par l'expérience ou par un calcul théorique
Analogie	Situation habituelle	Situation nouvelle

**Tableau 4 : Les raisonnements formels fréquents dans la physique à enseigner**

Raisonnement	Éléments permettant de le caractériser
Circulaire ou tautologique	On élabore une loi avec un appareil dont le principe de fonctionnement repose sur cette loi (fréquent dans les manuels).
Séquentiel	Appréhender un circuit en le dotant d'un point de départ privilégié et d'une règle de progression à partir de celui-ci.
Local	Négliger l'aspect systémique (fréquent en électricité).
Causal simple	Chercher une cause efficiente à un phénomène (la force est la cause du mouvement : il y a un agent et un patient).
Causal linéaire	Constitué d'une chaîne de causalités simples.
Métaphorique	Exemple : la métaphore du fluide pour la chaleur ou le courant.
Naturel	C'est le raisonnement non formel et spontané que l'on trouve chez tout le monde.
Analogique	Usage abusif de l'analogie (fréquent dans la pensée naturelle).
Monotonionnel	Analyse d'une situation physique à l'aide d'un seul concept sans tenir compte des concepts relationnels liés à celui-ci.

**Tableau 5 : Les raisonnements spontanés fréquents dans la physique « scolaire »**

#### ***Situation 4 : Rôle des modèles dans l'enseignement de la physique***

La situation de formation a été élaborée en s'appuyant sur les travaux de Walliser (1977), de Robardet (1995), de Robardet & Guillaud (1997), et de Maarouf & Kouhila (à paraître). Cette situation a débouché sur la grille suivante (tableau 6) qui permet d'analyser le statut des modèles et la stratégie de leur « introduction » dans les manuels.

	Typologie	Un exemple illustratif
<b>Modèle scientifique standard</b>	géométrique	propagation rectiligne de la lumière
	structural	mécanismes réactionnels
	mécanique	théorie cinétique des gaz parfaits
	iconique	structure de la matière
	mathématique	modèles quantiques
	analogique	transferts thermiques
	empirique	cinétique chimique
	symbolique	interactions mécaniques
	théorique	thermodynamique
	prescriptif	fréquent en biologie
	descriptif	fréquent en chimie
	simulé	fréquent en mécanique des fluides
	physique	maquette d'un avion
	stochastique	fréquent en physique statistique
explicatif	fréquent en chimie	
d'optimisation	fréquent en énergétique solaire	
<b>Modèle spontané</b>	modèle intuitif	les conceptions, la vie courante

Tableau 6 : Quelques types de modèles en sciences expérimentales

### 3.4. Proposition d'une fiche épistémologique de synthèse

Nous donnons le résultat de l'analyse faite par les stagiaires (sous la direction du formateur) à propos des concepts physiques, de l'expérience, des modèles et des raisonnements (tableaux 7a, 7b, 7c et 7d). Il s'agit de ce que nous avons appelé « la fiche épistémologique de la leçon ». En effet, nous avons appliqué les grilles des concepts, des expériences, des modèles et des raisonnements (tableaux 2 à 6) aux chapitres 3 et 4 de mécanique du manuel scolaire marocain de physique (Ministère de l'Éducation Nationale, 1994, pp. 22-37) de la 1<sup>ère</sup> année secondaire scientifique (grade 10). Auparavant, rappelons les objectifs d'enseignement visés à travers les deux chapitres en question :

- définir le système à étudier ;
- classer les différentes forces ;

- faire l’inventaire des forces exercées sur un système ;
- représenter une action mécanique par un vecteur force.

Les intitulés des contenus à enseigner sont :

*Chapitre 3 : Actions mécaniques*

3.1. Exemples d’actions mécaniques

3.2. Le vecteur force

*Chapitre 4 : Autres exemples d’actions mécaniques*

4.1. Forces localisées ponctuellement

4.2. Forces de contact réparties

4.3. Forces à distance

**3.4.1. Analyse conceptuelle du chapitre intitulé : « Actions mécaniques »**

Dénomination	Typologie	Niveau de formulation	Trame conceptuelle
Action mécanique	Concept précurseur	Non défini explicitement dans le manuel.	
Force	Concept formel relationnel	La force modélise l’action mécanique d’un système sur un autre. Elle est définie par ses effets statique et dynamique.	
Force Localisée	Concept formel relationnel	Si la surface de contact S est réduite en un point, on parle de forces localisées.	
Force Répartie	Concept formel Relationnel	On parle de forces réparties si S est non négligeable.	
Force de Frottement	Concept formel relationnel	Si S est rugueuse, on parle de force de frottement.	
Interaction	Concept formel non relationnel	C’est l’action mécanique réciproque entre deux systèmes.	

Tableau 7a : Fiche épistémologique (volet « concepts »)

### 3.4.2. Analyse des expériences décrites dans le chapitre intitulé : « Actions mécaniques »

En appliquant la grille des expériences (tableau 3) au chapitre 3 intitulé « Actions mécaniques », le groupe classe a obtenu les résultats suivants :

Titre de l'expérience	page	Type d'expérience	Fonction de l'expérience
Locomotive tirant un wagon	22	Expériences quotidiennes de sensibilisation	Mise en évidence de l'effet dynamique d'une force.
Frappe d'une balle de tennis.	23		
Une ampoule suspendue au plafond.	23		Mise en évidence de l'effet statique d'une force.
Un saut à la perche.	23		Mise en évidence des effets statique et dynamique.
Allongement d'un ressort par la main.	24	Expérience qualitative	Approcher qualitativement l'intensité d'une force.
Mesure de l'intensité d'une force.	25	Expérience de référence	Introduire quantitativement un concept formel.
Etalonnage d'un ressort.	30	Expérience fondamentale	Induire la loi $T = k\Delta l$ .
Réaction d'un plan sur un corps solide en équilibre.	30	Expérience illustrative	Illustrer la force répartie.
			Modéliser par un vecteur.

Tableau 7b : Fiche épistémologique (volet « expériences »)

### 3.4.3. Analyse de quelques raisonnements développés dans le manuel scolaire de physique

À l'aide de la grille des raisonnements (tableaux 4 et 5), les stagiaires ont analysé les raisonnements mis en œuvre dans le manuel scolaire en question (tableau 7c).

Type de raisonnement	Page	Point de départ	Conclusion
Inductif	22-23	Plusieurs situations mécaniques familières	Les actions mécaniques ont deux effets : statique et dynamique.
	29	Étalonnage d'un ressort	Élaboration de la loi $T = k\Delta l$ .
Causal	23	Le manuel suggère que la force est la cause du mouvement.	
Circulaire ou tautologique	29	Établissement de la loi $T = k\Delta l$ avec un dynamomètre qui repose sur cette même loi.	
Déductif	73	La loi de conservation de la quantité de mouvement	Déplacement d'une fusée vers l'avant.
Contre-exemple	46	Mobile sur un camion en mouvement	Principe d'inertie n'est valable que dans les référentiels galiléens.
Analogie	137	Cascade d'eau	Introduire la tension électrique.

Tableau 7c : Fiche épistémologique (volet « raisonnements »)<sup>4</sup>

#### 3.4.4. Analyse du modèle « Force » présenté dans le manuel de physique

Les résultats de l'analyse du modèle « Force » (Maarouf & Kouhila, à paraître) abordé dans les deux chapitres 3 et 4, sont consignés dans le tableau 7d. Cette analyse a été faite à l'aide de la grille des modèles. Le tableau 7d donne un exemple de fiche épistémologique relative au volet « modèles ».

Type de modèle	Fonctions du modèle	Stratégie de présentation	Description du modèle
Modèle symbolique	Fonction sélective et simplificatrice	Le manuel présente le modèle 'force' tout fait.	<p><b>1. Le champ empirique :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- À l'aide de plusieurs situations, la notion de force est introduite par ses effets statique et dynamique.</li> <li>- Une 1<sup>ère</sup> catégorisation des forces est fournie : forces localisées et réparties.</li> <li>- Ensuite, une 2<sup>ème</sup> classification est donnée : forces de contact et à distance.</li> </ul> <p><b>2. Le champ théorique :</b></p> <p>La force est représentée par un vecteur dont les caractéristiques sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• le point d'application ;</li> </ul> <p>Cette représentation suggère les traits de modélisation suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- si la surface de contact <math>S</math> est réduite en un point, on parlera de forces localisées ;</li> </ul>
	Fonction d'aide à la représentation	<i>Parce que :</i> les instructions pédagogiques ne préconisent pas la reconstruction du modèle par l'élève	

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- si la surface S est non négligeable, on parlera de forces réparties ;</li> <li>- si la surface S est lisse, on négligera les frottements ;</li> <li>- si la surface de contact S est rugueuse, on parlera des forces de frottement. <ul style="list-style-type: none"> <li>• la droite d'action ;</li> <li>• le sens ;</li> <li>• l'intensité.</li> </ul> </li> </ul>
--	--

Tableau 7d : **Exemple d'analyse d'un modèle tel qu'il est présenté par le manuel scolaire**

#### 4. ÉVALUATION DU MODULE DE FORMATION<sup>5</sup>

Comme nous l'avons signalé, la mise en oeuvre, avec les élèves-professeurs, du module que nous venons de décrire, a duré 28 h entre novembre et janvier 98. Il ne nous était pas possible de l'évaluer en cette période car les stages intensifs de terrain n'avaient pas encore débuté. Ce n'est qu'au mois d'avril que nous avons pu évaluer son impact sur les pratiques d'enseignement de nos stagiaires. Signalons que nous étions, à côté de nos collègues, responsables de l'encadrement de ces stages. L'évaluation de ce module a été faite en deux temps.

##### 4.1. Première phase d'évaluation : lors des stages intensifs au lycée

Cette évaluation a concerné dix stagiaires (promotion 98/99). La période du stage « bloqué » (trois semaines du mois d'avril) correspond, au lycée, à l'enseignement de l'électricité et des réactions acido-basiques en 1<sup>ère</sup> année secondaire (l'équivalent de la classe de seconde française). Pendant cette période, les cours sont arrêtés à l'ENS. Nous étions chargé (l'auteur) d'encadrer trois stagiaires et avons effectué 18 visites de classe à raison de six visites d'une heure par semaine, soit six heures d'encadrement pour chaque stagiaire.

Nous avons assisté uniquement à des cours d'électricité et de chimie des solutions du programme de la 1<sup>ère</sup> année secondaire. Ces visites de classe montrent que le module proposé n'est pas resté une simple expérience ponctuelle. Au contraire, il a eu un impact positif sur les pratiques d'enseignement des stagiaires qui étaient sous notre tutelle. En effet, ces stagiaires ont préparé leurs fiches épistémologiques avant de venir en classe. Que ce soit dans la pratique de la classe ou lors du débat qui s'ensuit,

nous avons constaté que les stagiaires se posent des questions sur les concepts, les modèles et les expériences qu'ils réalisent, qu'ils essaient d'exploiter les réponses fausses fournies par leurs élèves pour comprendre les raisonnements sous-jacents en leur demandant d'explicitier d'avantage ces réponses.

#### **4.2. Deuxième phase d'évaluation : à la fin de l'année de formation**

Le pourcentage de réussite de nos stagiaires à l'examen de sortie fut de 100 %, comme les années précédentes. Après l'affichage des résultats, nous avons jugé le moment opportun pour faire passer un test d'évaluation et recueillir les points de vue des formés sur le module 1. À cette période, les stagiaires ne sont soumis à aucune contrainte et peuvent délivrer en toute liberté leurs opinions sur la formation. Nous avons chargé un autre formateur de faire passer ce test afin d'éviter, sur les réponses, l'influence du didacticien qui a assuré la formation. Pendant une heure, les stagiaires devaient répondre, sur des feuilles supplémentaires, à huit questions ouvertes (annexe 4). L'analyse des réponses<sup>6</sup> délivrées permet de noter les points suivants :

- la quasi-totalité des stagiaires (9/10) a apprécié favorablement les thèmes abordés dans le module sur l'épistémologie de la physique, ainsi que la stratégie de formation suivie ;

- certains (7/10) ont avancé que ce module leur a permis de repenser leurs propres savoirs en remettant en question la « physique » qu'ils ont apprise à l'université ;

- d'autres (5/10) disent que ce module leur a permis « *d'interroger leurs conceptions sur ce qu'est un concept en physique, un modèle, une expérience* » ;

- pour d'autres (3/10), ce module leur a permis « *d'apprendre à réfléchir, avant, pendant et après leur pratique de la classe* » ;

- la moitié des stagiaires (5/10) affirme que ce module leur a appris à se méfier de la physique du manuel scolaire qui peut être parfois « *erroné à cause de la transposition didactique* », selon leurs propres termes ;

- ils ont tous (9/10) noté que la fiche épistémologique constitue un noyau dur ou un socle sur lequel devrait s'appuyer la préparation des activités d'enseignement. Pour certains stagiaires (4/10), « *la fiche épistémologique donne un nouveau regard sur la physique à enseigner* ».

– néanmoins, trois stagiaires sur dix pensent que la préparation de la fiche épistémologique est « *une corvée de plus à côté de la fiche pédagogique* ». Ils ont proposé que la fiche épistémologique soit préparée de façon collective par un groupe d'enseignants pour confronter leurs conceptions et améliorer par la même occasion les grilles proposées. Selon leurs propos : « *la fiche de préparation collective ne doit pas rester figée et doit s'améliorer au fil des années* ».

## 5. CONCLUSION

Nous avons soulevé, dans le présent article, le problème de l'articulation entre les formations théorique et professionnelle dans les Écoles Normales Supérieures marocaines. Nous avons décrit un dispositif de formation ayant pour objectif d'aider l'enseignant à acquérir une autonomie vis-à-vis des savoirs à enseigner. Il s'agit d'une initiation à l'analyse épistémologique qui permet au professeur de prendre du recul par rapport à la physique à enseigner, en la repensant, en la décortiquant et en la critiquant en permanence (Mathy, 1997 ; Maarouf & Kouhila, soumis pour publication). Ainsi, nous avons fait de l'épistémologie et de la didactique de la physique des outils de formation en plus d'objets de connaissance.

Les grilles que nous avons construites avec nos stagiaires ont l'avantage de s'appliquer à tous les manuels de physique du secondaire car elles ont été élaborées en s'appuyant sur le fonctionnement de la physique. Il faut noter que les fiches pédagogique et épistémologique d'une leçon ne s'excluent pas, mais plutôt se complètent.

Les outils proposés pourraient éventuellement être transposables à d'autres disciplines expérimentales, en faisant, bien sûr, les réajustements nécessaires, compte tenu de la spécificité épistémologique de chaque discipline.

Pour que la didactique puisse attirer les enseignants, nous pensons qu'il serait souhaitable que les chercheurs en didactique leur proposent des outils opérationnels souples qui permettraient de jeter des éclairages sur l'action didactique en vue de l'analyser, voire de l'améliorer sans toutefois édicter des modèles pédagogiques tout prêts.

Lors de notre encadrement du stage « bloqué » du mois d'avril, nous avons constaté que les pratiques d'enseignement des stagiaires qui étaient sous notre tutelle témoignent de l'impact du module d'épistémologie. En effet, nos visites de classe et les résultats du questionnaire montrent que nos stagiaires ont acquis une vigilance épistémologique qui leur permet de porter un regard critique sur « la physique des manuels scolaires » et

par suite de réfléchir sur les concepts « méta-théoriques » véhiculés par l'enseignement. En plus, les réponses fournies aux tests d'évaluation montrent que les objectifs de formation visés par ce module ont été atteints.

## NOTES

1. L'École Normale Supérieure (ENS) est un centre marocain de formation des professeurs de lycée qui recrute sur concours écrit et oral (après une présélection sur dossier) des étudiants titulaires d'une maîtrise pour suivre un cycle de formation pédagogique d'une année (cinquième année).

2. Il faut noter que ce programme diffère légèrement du programme officiel qui émane du ministère. En effet, les contenus et la mise en œuvre de ce programme sont remis en question chaque année par les formateurs en vue d'améliorer la formation en tenant compte des apports constamment renouvelés de la recherche en didactique.

3. La 1<sup>ère</sup> colonne du tableau 1 rassemble les mots clefs des thèmes du module 1 (annexe 2).

4. Pour être exhaustif, le tableau 7c contient d'autres raisonnements développés dans les autres chapitres du manuel.

5. Les autres collègues ont passé un autre test pour évaluer la formation en entier. Nous nous contentons ici de présenter les résultats qui concernent l'évaluation du module 1.

6. Puisque le nombre de stagiaires est limité, nous ne disposons pas d'une variété de réponses pour les catégoriser.

## BIBLIOGRAPHIE

- ASTOLFI J.-P. & DEVELAY M. (1989). *La didactique des sciences*. PUF.
- ASTOLFI J.-P., DAROT E., GINSBURGER-VOGEL Y. & TOUSSAINT J. (1997a). *Pratiques de formation en didactique des sciences*. Bruxelles, De Boeck.
- ASTOLFI J.-P., DAROT E., GINSBURGER-VOGEL Y. & TOUSSAINT J. (1997b). *Mots-clés de la didactique des sciences*. Bruxelles, De Boeck.
- BEAUFILS D. (1995). Enseignement de science expérimentale : questions de vigilances. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, vol. 89, n° 776, pp. 1283-1294.
- GUILLON A. (1995). Démarches scientifiques en travaux pratiques de physique de DEUG à l'université de Cergy- Pontoise. *Didaskalia*, n° 7, pp. 113- 127.
- GIUSEPPIN M. (1996). Place des activités expérimentales en sciences physiques. *Didaskalia*, n° 9, pp. 107-118.

- JACOBI D. (1993). Les terminologies scientifiques et leur devenir dans les textes de vulgarisation scientifique. *Didaskalia*, n° 1, pp. 69-83.
- JOHSUA S. & DUPIN J.-J. (1993). *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*. Paris, PUF.
- KOUHILA M. (1998a). Les problèmes langagiers et conceptuels posés par la terminologie utilisée dans l'enseignement des sciences physiques. *Bulletin n° 12, Faculté des Sciences Semlalia de Marrakech*, Marrakech, Publication du GDSM, pp. 17-22.
- KOUHILA M. & MAAROUF A. (soumis pour publication). Approche épistémologique et didactique des fonctions de l'expérience dans la physique savante et scolaire. *Didaskalia*.
- LEMEIGNAN G. & WEIL-BARAIS A. (1993). *Construire des concepts en Physique*. Paris, Hachette.
- MAAROUF A. & KOUHILA M. (à paraître). La dynamique élémentaire dans l'enseignement fondamental marocain : difficultés d'apprentissage et apport des activités de modélisation dans la construction de la notion de force. *Didaskalia*.
- MAAROUF A. & KOUHILA M. (soumis pour publication). Représentations des futurs enseignants de l'ENS de Marrakech à propos de la nature des sciences physiques, de son apprentissage et de son enseignement : Éléments d'évaluation d'une formation initiale en didactique et en épistémologie de la physique. *Aster*.
- MATHY P. (1997). *Donner du sens aux cours de sciences, des outils pour la formation éthique et épistémologique des enseignants*. Bruxelles, De Boeck.
- MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE (1994). *Physique, 1ère année secondaire*. Casablanca, Éditions Almadariss.
- MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE (1996a). *Le curriculum des sciences physiques dans l'enseignement secondaire*. Rabat, Éditions Almaârif Aljadida.
- MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE (1996b). *Guide pédagogique des expériences de physique-chimie programmées au secondaire*. Rabat, Éditions Almaârif Aljadida.
- PATRIGEON F. & SIMON C. (1997). Les répercussions d'une évaluation des capacités expérimentales dans les pratiques de l'enseignement des sciences physiques. *Didaskalia*, n° 11, pp. 163-176.
- ROBARDET G. (1990). Enseigner les sciences physiques à partir des situations-problèmes. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, n° 720, pp. 17-28.
- ROBARDET G. (1995). Situations-problèmes et modélisation ; l'enseignement en lycée d'un modèle newtonien de la mécanique. *Didaskalia*, n° 7, pp.129- 143.
- ROBARDET G. & GUILLAUD J.-C. (1997). *Éléments de didactique des sciences physiques*. Paris, PUF.
- SAINT-GEORGES M. & BONNEFOIS P. (1998). Analyse de pratiques et didactique : propositions pour une formation des professeurs de sciences physiques. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, vol. 92, n° 805, pp. 997-1009.
- TOUSSAINT J. & GRÉA J. (1996). Construire des concepts et mettre en œuvre des raisonnements. In J. TOUSSAINT (Coord.), *Didactique appliquée de la physique-chimie*. Paris, Nathan, pp. 87-114.
- VIENNOT L. (1996). *Raisonnement en Physique, la part du sens commun*. Bruxelles, De Boeck.
- VIENNOT L. (1997). Former en didactique, former sur le contenu ? Principe d'élaboration et éléments d'évaluation d'une formation en didactique de la physique en deuxième année d'IUFM. *Didaskalia*, n° 10, pp. 75-93.
- WALLISER B. (1977). *Systèmes et modèles*. Paris, Seuil.

## **REMERCIEMENTS**

Nous exprimons notre profonde gratitude à Andrée Tiberghien et à Bernadette Pateyron pour leur soutien moral et pour leurs remarques pertinentes.

## ANNEXE 1

Royaume du Maroc  
Ministère chargé de l'Enseignement Secondaire et Technique  
Académie de Marrakech  
Inspectorat des Sciences Physiques

Titre de la leçon :                      Durée :                      Classe :

Contenu	Connaissances déclaratives (capacité A <sub>1</sub> )	Savoir-faire (capacité A <sub>2</sub> )	Activité du professeur	Activité de l'élève	Les outils didactiques	Évaluation
Titres des paragraphes	- définition	<i>Appliquer :</i>	- réalise expérience	- écoute	- tableau noir	- questions orales
	- énoncé d'un théorème	- règle - formule ; - théorème - principe.	- explique	- prend des notes	- dispositif expérimental	- questions écrites
	- énoncé d'une loi	<i>Exploiter :</i>	- interprète	- répond à question	rétroprojecteur enregistrement	- exercice d'application
	- énoncé d'un principe	- résultats de l'expérience	- expose	- réalise montage	- fiche de l'expérience	- problème de synthèse
	- relation, formule	- graphique	- donne directives	- relève mesures	- manuel scolaire	- devoir à la maison
	- symbole, unité - propriété	<i>tracer</i> une courbe	- interroge	- utilise un manuel	- autres - -	- devoir surveillé
	- caractéristique	<i>Manipuler</i> un appareil de mesure	- oriente	- observe		- - -
	- convention	<i>Réaliser</i> un montage	-	- pose des questions		
	- nomenclature	-	-	- déduit relation		
	- règle	-				
	-					
		À préciser en fonction des objectifs de référence	La stratégie du déroulement de la leçon est à élaborer par le professeur			

Tableau 8 : Fiche pédagogique de préparation d'une leçon

**Remarque :** nous donnons ici la traduction française de la fiche pédagogique telle qu'elle nous a été remise par un professeur en exercice dans un lycée de Marrakech.

## ANNEXE 2

### **Programme de formation théorique et professionnelle en didactique et en épistémologie des sciences physiques adopté par les formateurs pour l'année 98-99 (section PC<sub>5</sub>)**

#### **I – Formation théorique (100 h par an)**

Introduction à la didactique et à l'épistémologie des sciences physiques (2 h)

#### ***Module 1 : Épistémologie de la physique* (28 h)**

*Thème 0* : Comment se forme une connaissance scientifique ?

*Thème 1* : La *conceptualisation* en sciences physiques .

*Thème 2* : Le rôle de l'*expérimentation* en sciences physiques.

*Thème 3* : Les modes de *raisonnements* en sciences physiques.

*Thème 4* : Le statut des modèles et de la *modélisation* en physique.

*Thème 5* : *La formalisation mathématique* en physique : analyse des rapports de la physique avec les mathématiques.

#### ***Module 2 : Planification et évaluation de l'enseignement* (30 h)**

1 – Finalités de l'enseignement des sciences.

2 – Analyse des objectifs de l'enseignement des sciences physiques.

3 – Étude des programmes et des orientations pédagogiques.

4 – Les modèles pédagogiques.

5 – Évaluation de l'enseignement.

#### ***Module 3 : Les concepts fondamentaux de la didactique des sciences* (40 h)**

1 – Les conceptions et le changement conceptuel

2 – Approche historique et analyse des erreurs

3 – La transposition didactique

4 – Le contrat didactique

5 – Les activités de modélisation dans l'enseignement de la physique au lycée

## **II – Stages d'initiation aux pratiques professionnelles** (8 h par semaine)

### ***1° Phase : Observation de la classe***

Durée : Une semaine de novembre à raison de deux demi-journées par semaine.

### ***2° Phase : Micro-enseignement***

Durée : trois semaines de novembre et le mois de février à raison de deux demi-journées par semaine.

### ***3° Phase : Prise de responsabilité d'une leçon***

Durée : mois de décembre, janvier et mars à raison de quatre heures par semaine.

### ***4° Phase : Prise de responsabilité d'une classe***

Durée : stages intensifs durant trois semaines du mois d'avril.

## **III – Application des nouvelles technologies à l'enseignement de la physique (8 h)**

### **ANNEXE 3**

### **Compétences à développer chez un enseignant stagiaire de sciences physiques**

#### **I – Compétences épistémologiques et disciplinaires :**

- ***Compétence n° 1 : Acquisition des concepts clés de la discipline***
  - Approfondir les concepts fondamentaux à enseigner.
  - Apprendre à justifier l'appellation de certains termes (moment, quantité de mouvement..).

– Apprendre à distinguer le sens usuel et le sens conventionnel d'un terme scientifique.

– Exploiter l'histoire des concepts dans l'analyse des erreurs des élèves.

– Apprendre à élaborer le réseau conceptuel d'une leçon.

- ***Compétence n° 2 : Maîtrise du rôle de l'expérience dans le contexte scolaire***

– Apprendre à analyser l'expérience dans le contexte scolaire.

– Apprendre à pratiquer une démarche expérimentale.

- ***Compétence n° 3 : Maîtrise du statut des modèles dans la physique scolaire***

– Apprendre à décrire les modèles présentés dans les manuels d'enseignement.

– Apprendre à analyser les fonctions des modèles dans le contexte scolaire.

– Apprendre à distinguer entre le 'réel' et sa modélisation.

- ***Compétence n° 4 : Maîtrise de la nature du formalisme mathématique***

– Prendre conscience de la nature des rapports entre la physique et les mathématiques.

– Savoir transposer les 'outils' mathématiques nécessaires à la modélisation.

## **II – Compétences transversales :**

- ***Compétence n° 1 : Lecture d'un texte scientifique***

– Apprendre à analyser et à exploiter un manuel scolaire.

– Apprendre à tirer profit d'un document scientifique.

- ***Compétence n° 2 : Maîtrise du langage graphique***

– Apprendre à représenter un phénomène, une situation expérimentale.

– Acquérir les règles et les conventions sous-jacentes à la schématisation.

– Maîtriser la polysémie et la nature diversifiée des codes graphiques.

### III- Compétences langagières :

- **Compétence n° 1 : Production d'un écrit à caractère scientifique**
  - Apprendre à rédiger le compte rendu d'un travail expérimental.
  - Apprendre à rédiger la solution à une question ou à un problème.
  - Apprendre à rédiger un rapport de recherche (un mémoire par exemple).
- **Compétence n° 2 : Communication verbale**
  - Apprendre à présenter les résultats d'un travail de recherche.

### IV – Compétences didactiques :

- **Compétence n° 1 : Conceptualisation d'une notion ou d'une situation**
  - Apprendre à conceptualiser en s'appuyant sur une situation familière ou artificielle.
  - Apprendre à analyser les situations d'enseignement à l'aide des concepts de la didactique.
- **Compétence n° 2 : L'étonnement et la sensibilisation**
  - Savoir provoquer un étonnement à l'aide d'une expérience ou d'un fait quotidien.
  - Savoir éveiller l'intérêt des élèves pour le sujet traité en classe.
- **Compétence n° 3 : Le questionnement et la problématisation**
  - Apprendre à poser des problèmes et à déclencher un questionnement chez l'élève.
  - Apprendre à reformuler une question ou un problème à l'aide de questions variées.
- **Compétence n° 4 : Exploitation d'un modèle et exemplification**

## V – Compétences méthodologiques :

- **Compétence n° 1 : Développement d'attitudes scientifiques**

Il s'agit de développer chez le stagiaire les attitudes suivantes :

- Attitude d'écoute
- Suspension des jugements
- Curiosité
- Aptitude à relativiser sa pensée
- Aptitude à hypothéquer
- Pensée explicite
- Esprit d'analyse fine
- Honnêteté intellectuelle
- Esprit critique
- Ouverture d'esprit
- Attitude réflexive
- Attitude de réserve, esprit de synthèse...

- **Compétence n° 2 : Maîtrise des démarches et des raisonnements**

- Apprendre à pratiquer une démarche de modélisation
- Maîtriser les raisonnements formels : induction, déduction...
- Prendre conscience des raisonnements spontanés des élèves.

- **Compétence n° 3 : La réflexion métacognitive**

Apprendre à prendre du recul par rapport à son savoir et par rapport aux savoirs à enseigner en les repensant en permanence.

## ANNEXE 4

### Questionnaire d'évaluation du module d'épistémologie

Ce questionnaire n'est ni un contrôle de connaissances ni un examen. D'ailleurs, ce document restera anonyme. Il s'agit d'une enquête qui vise à connaître vos opinions, vos appréciations et vos suggestions à propos du module intitulé « épistémologie de la physique ». Veuillez répondre en toute liberté et en toute franchise.

**1. Donnez votre appréciation globale sur le module 1 d'épistémologie de la physique.**

.....  
.....  
.....

**2. En quoi ce module de formation vous a-t-il été bénéfique ? Ce type de formation correspond-il à vos attentes ?**

.....  
.....  
.....

**3. Quelles difficultés avez-vous éprouvées lors de l'exploitation des grilles d'analyse élaborées lors des quatre situations de formation que vous avez suivies ?**

.....  
.....  
.....

**4. À quel point les outils théoriques proposés dans le module 1 sont-ils exploitables dans la pratique de la classe ?**

.....  
.....  
.....

**5. À quel point les six thèmes traités dans le module 1 ont-ils contribué à votre préparation et à votre habilitation au métier de l'enseignement ?**

.....  
.....  
.....

**6. En quoi la stratégie de formation suivie dans ce module a-t-elle attiré votre attention et a-t-elle suscité votre intérêt ?**

.....

.....  
.....  
.....

**7. Avez-vous senti qu'il y a une certaine articulation entre la pratique professionnelle au lycée lors des stages et la formation proposée dans le module 1 ?**

.....  
.....  
.....

**8. Exprimez vos critiques, vos évaluations et vos suggestions pour améliorer les contenus et la stratégie de formation proposés dans le module 1.**

.....  
.....

Cet article a été reçu le 19/01/1999 et accepté le 6/05/2000.