

Dominique COURTILLOT

Mathieu RUFFENACH

# Enseigner les Sciences physiques

Collège  
et classe de 2<sup>de</sup>

Préface de Bernard DIRAND

**BORDAS**  
pédagogie

## Ce n'est pas l'école que les élèves n'aiment pas, c'est l'échec scolaire

Même si les causes de l'échec scolaire sont à rechercher aussi bien du côté de l'élève lui-même (de ses aptitudes ou de son comportement), et de son environnement, que du côté de l'enseignement qu'il reçoit, il va de soi que la première préoccupation d'un enseignant est de se poser la question de l'efficacité de son cours. En supposant que la part nouvelle d'intelligence, de compétence, acquise par un élève pendant une heure de cours s'appelle une plus-value, en supposant encore qu'on établisse la somme des plus-values pour l'ensemble des élèves, la question devient : « comment rendre cette plus-value optimale ? »

Pour atteindre ses objectifs, le professeur dispose, dans sa classe, de trois registres sur lesquels il peut jouer :

- la nature de la relation qui s'instaure entre les élèves et lui ;
- les techniques pédagogiques ;
- la didactique de la discipline.

Des données extérieures, en général imposées, ont évidemment aussi leur importance : la nature des locaux et des équipements, l'effectif et la constitution sociologique de la classe, les programmes nationaux. Elles n'enlèvent rien au fait que les trois registres précités constituent autant d'atouts permettant de modifier bien des choses.

Le premier d'entre eux touche à la psychologie, à la personnalité même du professeur, à son comportement. Il n'est pas étudié ici. Le second (la pédagogie), lié aux deux autres d'ailleurs, est le point clé des formations d'enseignants ; c'est celui sur lequel s'appuient en priorité les professeurs, et où les savoir-faire sont nombreux. Le troisième (la didactique) ne tombe pas sous le sens, il nécessite une réflexion plus en profondeur. C'est dans cette voie que nous emmène le livre de Dominique Courtillot et de Mathieu Ruffenach.

La didactique est la science des mécanismes d'apprentissage, des chemins à suivre pour comprendre et apprendre (une définition plus précise en est donnée dans ce livre). Il y a, dans ce domaine, des préceptes assez généraux (donner un sens à toute activité d'apprentissage, aller du concret vers l'abstrait, tenir compte des représentations de chacun, identifier les obstacles, ...), mais il y a aussi des démarches spécifiques à chaque discipline. Les sciences physiques et chimiques n'échappent pas à la règle, d'autant plus qu'elles constituent une science en évolution rapide et permanente. Leur statut de sciences expérimentales (pratiques et proche du réel), devrait leur conférer *a priori* un côté sympathique et accessible. Il n'en est rien, du moins si l'on s'en réfère aux sondages auprès des étudiants. Que le lecteur essaie vraiment de jouer le jeu en répondant aux questions posées dans le chapitre intitulé « conceptions des élèves », et il aura des surprises : les sciences physiques ne relèvent pas de l'évidence. La didactique est un domaine susceptible de conduire à des progrès significatifs dans l'enseignement des sciences.

Ce livre, destiné à tous les professeurs de sciences, débutants ou chevronnés, aborde les différents aspects de la didactique, dans un langage imagé, avec de nombreux exemples. L'illustration humoristique en facilite la lecture. Les auteurs ont su mettre la didactique à la portée de tous. Après l'avoir lu, on n'enseigne plus comme avant.

L'intention des auteurs n'est pas de donner des recettes toutes faites, ni de dessiner des séances exemplaires destinées à plaire à tel ou tel. Elle est plutôt de montrer qu'il existe diverses stratégies, plusieurs démarches susceptibles d'être mises en œuvre pour un même contenu, et que ces démarches ne sont pas indifférentes. Les exemples sont choisis volontairement dans le programme des collègues et celui de la classe de seconde (avant la spécialisation scientifique) pour avoir une portée plus générale.

Un ouvrage plus axé sur les classes scientifiques (premières et terminales) devrait compléter celui-ci. Un autre, plus général, tentera de faire le point en matière de didactique des disciplines, de manière à mieux distinguer ce qui, dans la présente étude, est général et ce qui est spécifique aux sciences physiques. Toutes les remarques ou idées que feraient naître ce premier livre seront bien entendu reçues avec beaucoup d'intérêt par les auteurs.

Bernard Dirand

# Sommaire

**Introduction** ..... 6

## PREMIERE PARTIE

### SENS ET APPRENTISSAGE

#### CHAPITRE 1 Donner un sens aux sciences physiques

- 1 « Les Sciences Physiques, ça sert à quoi ? » ..... 11
- 2 Un savoir remis en question ..... 11
- 3 Des stratégies pour donner un sens à l'apprentissage ..... 13

#### CHAPITRE 2 La démarche scientifique à l'École

- 1 Qu'est-ce que la démarche scientifique d'un chercheur ? ..... 15
- 2 Les étapes de la démarche scientifique à l'École ..... 15
- 3 Le travail en groupe : multiplier les interactions ..... 18
- 4 L'intérêt de la démarche scientifique à l'École ..... 21

#### CHAPITRE 3 Les situations déclenchantes

- 1 Comment déclencher la motivation ? ..... 23
- 2 Des exemples de situations déclenchantes ..... 25

#### CHAPITRE 4 La démarche de modélisation

- 1 Différents types de modèles en sciences ..... 37
- 2 La démarche de modélisation dans l'enseignement ..... 38
- 3 Exemple d'une démarche de modélisation ..... 39

#### CHAPITRE 5 Donner un sens physique aux relations algébriques

- 1 Modèles et relations algébriques ..... 43
- 2 Des « formules » dépourvues de sens physique ..... 43
- 3 Construire le sens des relations algébriques ..... 47
- 4 Que se cache-t-il derrière une relation algébrique ? ..... 48  
*Complément : Activité documentaire* ..... 52

#### CHAPITRE 6 Sens et non-sens

- 1 Le sens des analogies ..... 53

- 2 « Épistémologiquement » honnête ? ..... 54
- 3 Des évidences... pour qui ? ..... 56
- 4 Qu'est-ce que la pression ? ..... 56
- 5 Tout est relatif ..... 59
- 6 La force centrifuge, une « vraie » force ? ..... 60
- 7 Vous avez dit galiléen ? ..... 61
- 8 Un univers abstrait ? ..... 62

#### Annexe 1

- Le Diagramme Objets-Interactions (DOI) ..... 64
- 1 Le concept d'interaction entre objets ..... 64
- 2 Comment construire le DOI ? ..... 65
- 3 Le DOI en action ..... 66

#### Annexe 2

- Tout se joue avant la troisième ..... 70

#### Annexe 3

- Le canevas d'une séquence à l'école primaire ..... 73

## DEUXIEME PARTIE

### ACTIVITÉS EXPÉRIMENTALES

#### CHAPITRE 1 Les démarches expérimentales

- 1 L'activité expérimentale en question ..... 77
- 2 Une démarche expérimentale d'investigation ..... 79
- 3 Varier les activités expérimentales sur un même thème ..... 81
- 4 Varier les objectifs des activités expérimentales ..... 91
- 5 « Pourquoi faire simple quand on peut faire compliqué ? » ..... 93

#### CHAPITRE 2 Les résultats expérimentaux

- 1 Mesure des dimensions d'une feuille de papier ..... 95
- 2 Gestion des résultats expérimentaux par un tableau ..... 98
- 3 Gestion des résultats expérimentaux par un graphe ..... 100
- 4 La proportionnalité, un cas idéal ? ..... 103

#### Annexe

- « Petites manipulations » à connaître
- 1 Des « petites manipulations » de chimie ..... 106
- 2 Des « petites manipulations » de physique ..... 109

## TROISIÈME PARTIE

**CONCEPTIONS  
ET SITUATIONS-PROBLÈMES**
**CHAPITRE 1 Les conceptions des élèves**

<b>1</b>	Qu'appelle-t-on une conception ? .....	117
<b>2</b>	Un recensement non exhaustif des conceptions .....	120
<b>4</b>	Comment tenir compte des conceptions des élèves ? .....	126

**CHAPITRE 2 Les situations-problèmes**

<b>1</b>	À quelles conditions une séquence d'enseignement a-t-elle le « label » de situation-problème ? .....	129
<b>2</b>	Comment construire et conduire une séquence d'enseignement de type situation-problème ? .....	130
<b>3</b>	Des exemples de situations-problèmes .....	130
<b>4</b>	Quelques conseils pour se lancer dans l'aventure .....	140

## QUATRIÈME PARTIE

**APPRENTISSAGE ET ÉVALUATION**
**CHAPITRE 1 L'évaluation en question**

<b>1</b>	Un état des lieux .....	143
<b>2</b>	La valeur d'une copie d'élève .....	144
<b>3</b>	Une évaluation ou des évaluations ? .....	148

**CHAPITRE 2 L'évaluation sommative**

<b>1</b>	Analyse d'un sujet de devoir .....	149
<b>2</b>	Que faut-il évaluer ? .....	151
<b>3</b>	Quand construire un outil d'évaluation ? .....	155
<b>4</b>	De la finalité à la construction d'une évaluation sommative .....	156
	<i>Complément 1 : Quatre grands blocs de compétences dans toutes les disciplines du premier au second degré</i> .....	160
	<i>Complément 2 : Un exercice en classe de 5<sup>e</sup></i> .....	161

**CHAPITRE 3 L'évaluation diagnostique**

<b>1</b>	Qu'est ce que l'évaluation diagnostique ? .....	163
<b>2</b>	Comment construire et utiliser une évaluation diagnostique ? .....	164
<b>3</b>	Exemples d'évaluation diagnostique .....	165

**CHAPITRE 4 L'évaluation pendant la formation**

<b>1</b>	L'évaluation formative .....	169
<b>2</b>	La démarche de l'évaluation formatrice .....	170
<b>3</b>	L'évaluation formatrice en action .....	172
<b>4</b>	Des exercices... pour s'exercer ? .....	181
<b>5</b>	Évaluation formatrice, autoévaluation et autonomie : vers un enseignement individualisé ? .....	184

**GLOSSAIRE**

<b>1</b>	Pédagogie .....	187
<b>2</b>	Didactique .....	187
<b>3</b>	Stratégie d'enseignement .....	188
<b>4</b>	Objectifs d'enseignement .....	189
<b>5</b>	Démarches d'enseignement .....	189
<b>6</b>	Situations d'enseignement .....	190
<b>7</b>	Obstacles à l'apprentissage .....	191
<b>8</b>	Situation-problème .....	192
<b>9</b>	Situation déclenchante .....	193
<b>10</b>	Élaboration d'hypothèses, argumentation .....	194
<b>11</b>	Question / Questionnement .....	195
<b>12</b>	Débat sociocognitif .....	197
<b>13</b>	Institutionnalisation, synthèse produite par les élèves (SPE) .....	198
<b>14</b>	Travail en autonomie .....	200
<b>15</b>	Outils de communication .....	201
<b>16</b>	Transposition didactique .....	201
<b>17</b>	Transfert de connaissance, contextualisation et décontextualisation .....	202
<b>18</b>	Évaluer / noter, évaluation diagnostique, formatrice et sommative .....	204
<b>19</b>	Compétences / capacités .....	206
<b>20</b>	Statut de l'erreur .....	208
<b>21</b>	Métacognition .....	209

<b>Bibliographie</b> .....	211
----------------------------	-----

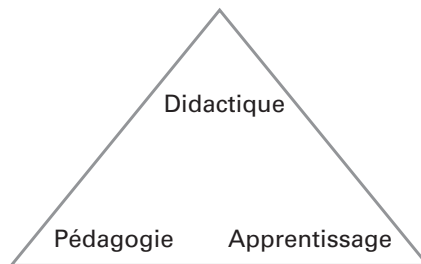
<b>Pour finir</b> .....	213
-------------------------	-----

<b>Pour en savoir plus</b> .....	213
----------------------------------	-----

## Introduction

Comment faire pour valoriser les métiers à caractère scientifique et technologique ? Cette question part du constat inquiétant de la désaffectation des filières universitaires par les bacheliers scientifiques. Tout doit être mis en œuvre pour lutter contre ce fléau des sociétés dites développées : pas seulement en faisant connaître les métiers de la technologie et de la recherche, en organisant des fêtes de la science, en ouvrant les entreprises et les laboratoires au public, mais aussi en modifiant les pratiques d'enseignement. Dans ce livre, nous espérons apporter une petite contribution à la résolution de ce problème en utilisant les travaux des chercheurs qui tentent de le résoudre, comme par exemple ceux de l'Institut National de Recherche Pédagogique (INRP).

Pendant longtemps, on a pensé que les enfants étaient vides de connaissances et que le rôle de l'enseignement se réduisait à remplir des têtes, donc à transmettre des savoirs, tout en sachant bien « qu'il est difficile de faire boire un âne qui n'a pas soif ». Depuis une petite centaine d'années, des chercheurs se penchent sur les mécanismes de l'apprentissage, Piaget est souvent considéré comme l'initiateur de ces recherches. Des pédagogues ont mis en place des écoles innovantes (Freinet, Montessori...). Les travaux des chercheurs se sont étoffés et aujourd'hui les sciences de l'éducation ont trouvé leur place à l'Université. Nous savons maintenant que l'enseignement ne se réduit plus à une simple transmission de savoirs, mais que l'enfant est actif dans la construction de son savoir. Il ne s'agit plus d'une relation à deux, professeur et élève, mais bien d'une relation à trois : professeur, élève et savoir. Cette relation ternaire est souvent qualifiée de triangulaire. Nous schématisons cette situation par ce que nous appelons « le triangle de l'enseignement », représenté ci-dessous.



Le triangle de l'enseignement

Le rôle du professeur reste primordial, c'est pour cela que nous le plaçons en partie supérieure du triangle. C'est le professeur qui conçoit les situations d'apprentissage permettant à l'élève de construire son savoir ; sans lui ne peut s'établir la relation élève/savoir qui est la base de l'apprentissage. Nous appelons « pédagogie » le côté du triangle qui schématise la relation entre le professeur et l'élève, c'est ce que le professeur met en œuvre pendant les cours.

La didactique des sciences tente de comprendre pourquoi, malgré un enseignement scientifique obligatoire ou professionnel conséquent, certaines erreurs systématiques persistent, comme si l'enseignement n'avait pas réussi à convaincre les étudiants. La didactique des sciences utilise aussi l'histoire des sciences et l'épistémologie. L'élève doit-il tout reconstruire ? Doit-il parcourir les chemins qu'ont suivis les hommes depuis environ deux millénaires ? C'est un grand débat qui anime encore les spécialistes et nous donnons par la suite quelques arguments, sans être exhaustif. Dans le triangle de l'enseignement proposé ci-dessus, la « didactique » schématise la relation entre le professeur et le savoir. C'est ce que

le professeur utilise pour préparer son cours, pour répondre à la question : « Comment faire la transposition du savoir reconnu par la communauté scientifique vers un savoir en construction tout au long de la scolarité des élèves ? ».

Nous utilisons souvent cette représentation triangulaire en formation, à la fois comme point de départ et comme synthèse, pour inciter les professeurs à intégrer les travaux des sciences de l'éducation et de la didactique des sciences dans la préparation et le déroulement de leurs cours.

Nous proposons dans le glossaire les définitions de la pédagogie et de la didactique. Nous pensons qu'elles ne prendront tout leur sens qu'après avoir été illustrées par des exemples multiples et variés, en situation de contextualisation et de décontextualisation. Le concept de didactique est le moins connu, voire le plus mal aimé.

Nous sommes donc convaincus que le professeur ne se limite pas à professer et que l'élève (l'apprenant) ne se limite plus à apprendre. Si nous utilisons tout au long de ce livre le terme de professeur, c'est parce que c'est celui qui est utilisé par l'Éducation Nationale. Quand nous utilisons le terme de formateur, c'est qu'il s'agit de formation entre adultes. Lorsque nous parlons d'élèves, il s'agit d'enfants ou d'adolescents de l'enseignement primaire jusqu'à l'enseignement secondaire. Nous réservons le terme d'étudiant à l'enseignement supérieur, post-baccalauréat. L'École englobe l'enseignement dans le primaire et le secondaire, et l'école désigne l'enseignement dans le premier degré. Les mots qui sont en caractères *italiques gras* correspondent à des items du glossaire. Le terme de séance correspond à une situation d'enseignement continue dans le temps dont la durée est parfois spécifiée (de 45 minutes à deux heures); celui de séquence désigne un ensemble de séances.

La première partie, « Sens et apprentissage » porte sur la démarche d'investigation basée sur la démarche scientifique à l'École. Elle vise à réhabiliter ce qui caractérise les sciences expérimentales et plus particulièrement les sciences physiques : le « sens physique » (tout en le différenciant du sens commun), la réflexion avant l'action, l'expérimentation pour répondre à des questions (à un questionnement ou à un problème) et le sens de l'utilisation des relations mathématiques.

La seconde partie, « Activités expérimentales », illustre la place de l'expérience dans la démarche scientifique à l'École. L'expérience doit être au service de l'argumentation et pas seulement le point de départ d'un cours de sciences physiques ni un moyen de recherche/vérification de lois. L'activité expérimentale est une partie importante du savoir-faire de notre discipline, elle fait appel à plusieurs compétences, par exemples : concevoir/suivre un protocole, communiquer/exploiter des résultats expérimentaux. L'expérience (ou la manipulation) a plusieurs statuts, elle est mise en place chaque fois que cela est possible. À l'École c'est une des rares disciplines où les élèves sont confrontés avec le réel pendant les cours, où ils manipulent au sens premier de ce terme.

Nous dédions la troisième partie, « Conceptions et apprentissage », aux jeunes professeurs que nous avons rencontrés en formations initiales et continues pour répondre à des questions récurrentes et plus particulièrement à celle-ci « Comment mettre en place un enseignement de type situation-problème ? ». Nous aimons dire, en utilisant le langage des professeurs de sciences expérimentales, que nous proposons des séances de travaux pratiques de didactique, c'est pour nous donc de la « didactique pratique », c'est le sens que nous donnons au titre de ce livre. Nous espérons ainsi montrer que les travaux de la didactique ont leur source dans l'École et qu'ils ne sont pas, comme certains le pensent parfois, une invention de théoriciens.

La quatrième partie, « Évaluation et enseignement », illustre par des exemples concrets la célèbre trilogie de l'évaluation (diagnostique, formative/formatrice, sommative) en proposant une méthodologie pour la construction d'outils d'évaluation. Nous sommes dans le champ de la pédagogie. Les concepts sont ceux des sciences de l'éducation que les professeurs connaissent théoriquement sans toujours pouvoir les appliquer à leur discipline.

En guise de conclusion, nous souhaitons que ce livre soit un point de départ pour tous ceux qui cherchent à modifier leurs pratiques pédagogiques dans leur classe. C'est parfois une remise en cause d'habitudes très anciennes ; cela prend du temps, un temps précieux que l'on pourrait économiser en mutualisant nos expériences.

Nous vous souhaitons une bonne lecture.

Les auteurs