

**Ce qui compte, ce n'est pas ce que l'on a vu ou entendu,
mais ce que l'on a retenu.**

Il est de bon ton, dans la presse ou dans les conversations quotidiennes, de laisser poindre un certain pessimisme quant à l'évolution de la société et du système éducatif en particulier : les élèves ne savent plus rien, ils sont mal formés, il n'y a pas assez de scientifiques, etc. Le simple fait de se poser des questions serait considéré comme un signe de faiblesse ou d'inquiétude.

Que l'on se rassure : tout change tout le temps, et l'avenir n'est pas écrit !

L'avenir n'est pas écrit pour les élèves, qui peuvent se trouver en situation passagère de difficultés, ou ne pas avoir la maturité nécessaire au moment opportun, et il serait inconvenant d'en tirer des conclusions péremptoires. L'avenir n'est pas écrit pour les professeurs, dont les interrogations sur leur propre travail, oh combien légitimes !, sont autant d'indices d'une possible inflexion de leurs méthodes pédagogiques. L'avenir n'est pas écrit non plus en matière de programmes ou d'orientation professionnelle, tant il y a un effet de mode dans ce domaine.

La meilleure attitude lorsque quelque chose dérange, ou ne nous paraît pas conforme à notre attente, n'est-elle pas de mener une interrogation individuelle et une réflexion collective sur les raisons de cet état d'esprit ou de cet état de fait, d'en apprécier la validité et d'examiner la pertinence des modifications à apporter ? Tel devrait être le fruit de l'éducation que nous avons reçue : devant une difficulté, la meilleure réponse est celle de l'intelligence.

Les auteurs de cet ouvrage, qui constitue une suite logique à l'ouvrage *Enseigner les Sciences physiques, du collège à la classe de seconde*, ont inscrit leur démarche dans cette optique, comme ils l'avaient fait dans leur premier livre : ils examinent depuis la position du professeur de sciences les effets de différentes méthodes sur l'apprentissage des élèves, et proposent de nombreux exemples pour illustrer leur pensée. Il ne s'agit pas pour eux de transformer cet ouvrage en un cours ou d'effectuer un classement de valeurs (même si leur préférence se devine aisément), mais plutôt d'amener les enseignants de sciences, notamment ceux de physique et de chimie, à approfondir leur pratique professionnelle, à partir de leur propre réflexion confrontée à celle des spécialistes de la didactique.

Les thèmes développés ici sont les mêmes que ceux du premier ouvrage. On ne s'étonnera donc pas de constater que certains schémas, certaines définitions ou constatations figurent dans les deux tomes. C'est là un choix délibéré des auteurs, qui ont souhaité procéder par approfondissement des notions déjà rencontrées, et étoffer leur argumentation par des exemples pris dans les programmes de première et de terminale.

Bernard Dirand

Sommaire

PREMIÈRE PARTIE

APPRENTISSAGE ET ÉVALUATION

Chapitre 1 L'évaluation en question

① Un état des lieux	10
② La valeur d'une copie d'élèves	13
③ Ce que nous dit la docimologie	17
④ Qu'est-ce qu'évaluer ?	19
⑤ Une évaluation ou des évaluations ?	20
⑥ Évaluation et motivation	22

Chapitre 2 L'évaluation sommative

① Analyse d'un sujet de devoir	24
② Que faut-il évaluer ?	26
③ Quand construire un outil d'évaluation ? ..	31
④ La finalité d'une évaluation sommative	32
⑤ La construction d'une évaluation sommative	36
⑥ Des stratégies d'évaluation	39

Chapitre 3 L'évaluation diagnostique

① Qu'est-ce que l'évaluation diagnostique ?	45
② Comment construire et utiliser une évaluation diagnostique ?	46
③ Exemples d'évaluation diagnostique.....	47
④ Codage des évaluations diagnostiques	51

Chapitre 4 L'évaluation pendant la formation

① L'évaluation formative	53
② La démarche de l'évaluation formatrice ...	54
③ L'évaluation formatrice en action	58
④ Des exercices ... pour s'exercer ?	70
⑤ L'erreur formatrice	73
⑥ Évaluation formatrice, autoévaluation et autonomie : vers un enseignement individualisé ?	74

Chapitre 5 Métacognition et évaluation

① Qu'est-ce que la métacognition ?	76
② Comment développer la métacognition chez les élèves ?	77
③ Correction, autocorrection et métacognition	79
④ Pourquoi développer des compétences métacognitives chez les élèves ?	80

Annexe 1

Une vision globale de la trilogie de l'évaluation	81
---	----

Annexe 2

Quatre grands blocs de compétences dans toutes les disciplines	83
--	----

DEUXIÈME PARTIE

SENS ET APPRENTISSAGE

Chapitre 1 Apprentissage et enseignement

① Comment faciliter l'apprentissage ?	86
② Que veut dire enseigner ?	89
③ Des stratégies pour donner un sens à l'apprentissage	90

Chapitre 2 L'enseignement constructiviste

① Un état des lieux sur l'enseignement des sciences physiques	95
② En route vers un enseignement constructiviste	96
③ Un premier pas dans le constructivisme ..	97
④ Constructivisme et chemin détourné	100

Chapitre 3 Problématisation : de la situation déclenchante au questionnement

① Pourquoi un enseignement basé sur le questionnement ?	105
② Comment problématiser le savoir ?	106
③ Exemples de problématisation	107

Chapitre 4 La démarche de modélisation

① Différents types de modèles en sciences ..	117
② La démarche de modélisation dans l'enseignement	118
③ Exemples de démarches de modélisation	120

Chapitre 5 Donner un sens physique aux mathématiques

① Modèles et relations algébriques	125
② Des « formules » dépourvues de sens physique	125
③ Construire le sens des relations algébriques	130
④ Que se cache-t-il derrière une relation algébrique ?	133
⑤ Les puissances de dix en physique	137
⑥ Logarithme ou exponentielle ?	142
⑦ Équations d'évolution en chimie	145
⑧ Équations d'évolution en physique	149

Annexe 1

Les étapes de la démarche scientifique	157
--	-----

Annexe 2	
Préparer un cours : qui fait quoi et quand ? ..	158

Annexe 3	
Comment déterminer le volume d'une vache ?	159

Annexe 4	
Éveiller des rêves de métier de sciences ?	160

TROISIÈME PARTIE
ENSEIGNER UNE DÉMARCHE EXPÉRIMENTALE

Chapitre 1 Les démarches expérimentales

① L'activité expérimentale en question	164
② Une démarche expérimentale d'investigation	166
③ Varier les activités expérimentales sur un même thème	170
④ Un TP sans protocole : mission impossible ?	177

Chapitre 2 Les résultats expérimentaux

① Mesure des dimension d'une feuille de papier	179
② À la recherche de la vraie valeur	182
③ Gestion des résultats expérimentaux par un tableau et par un graphe	184
④ De l'ajustement des résultats expérimentaux à une loi	189
⑤ Proportionnalité ou non-proportionnalité ?	191

Chapitre 3 Les instruments de mesure

① Utiliser un instrument de mesure... facile ?	196
② Caractéristiques des instruments de mesure	198
③ Enseigner une procédure de mesure	200
④ Programmer l'enseignement de la mesure	203

QUATRIÈME PARTIE
CONCEPTIONS ET SITUATIONS-PROBLÈMES

Chapitre 1 Les conceptions

① Qu'appelle-t-on une conception ?	208
② Un recensement non exhaustif des conceptions	212
③ Pourquoi et comment l'enseignement des sciences physiques est vecteur de conceptions ?	222
④ Le statut de l'erreur	231

⑤ Pourquoi faut-il tenir compte des conceptions des élèves ?	233
⑥ Comment s'attaquer aux conceptions des élèves ?	234

Chapitre 2 Les situations-problèmes

① À quelles conditions une séquence d'enseignement a-t-elle le « label » de situation-problème ?	235
② Comment construire et conduire une séquence d'enseignement de type situation-problème ?	236
③ Des exemples de situations-problèmes	237
④ Quelques conseils pour se lancer dans l'aventure	255

Annexe 1

Le Diagramme Objets-Interactions (DOI)	257
① Le concept d'interaction entre objets	257
② Comment construire et utiliser le DOI ?	258
③ Le DOI en action	259

Annexe 2

Que pourrait être un référentiel galiléen ?	262
---	-----

GLOSSAIRE

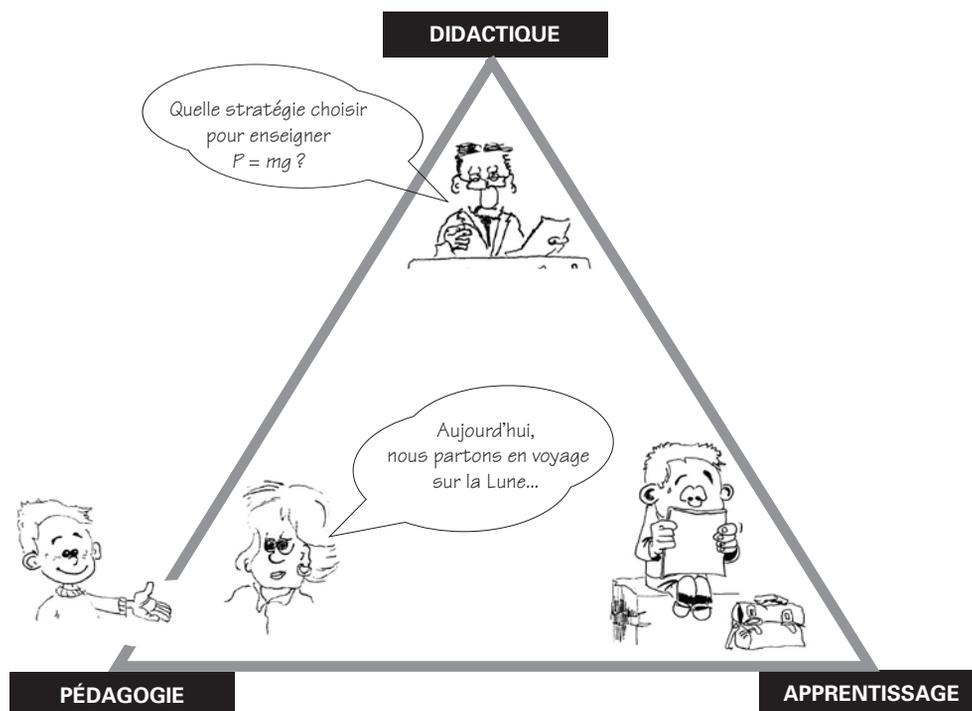
① Pédagogie	265
② Didactique	265
③ Stratégie d'enseignement	266
④ Objectifs d'enseignement	267
⑤ Démarches d'enseignement	267
⑥ Situations d'enseignement	268
⑦ Programmation annuelle	269
⑧ Obstacles à l'apprentissage	270
⑨ Situation-problème	271
⑩ Situation déclenchante	271
⑪ Élaboration d'hypothèses (argumentation)	272
⑫ Question / questionnaire	273
⑬ Débat socio-cognitif	275
⑭ Institutionnalisation, synthèse produite par les élèves (SPE)	276
⑮ Travail en autonomie	278
⑯ Outils de communication	279
⑰ Transposition didactique	279
⑱ Transfert de connaissance, contextualisation et décontextualisation ..	280
⑲ Évaluer/noter, évaluation diagnostique, formatrice et sommative	282
⑳ Compétences/capacités	283
㉑ Statut de l'erreur	285
㉒ Métacognition	286

Bibliographie	288
----------------------------	-----

Introduction

Comment faire pour revaloriser les métiers à caractère scientifique et technologique ? Cette question part du constat inquiétant de la désaffection 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 organisant des « journées portes ouvertes » sur les métiers de la technologie et de la recherche, en organisant des fêtes de la Physique, en ouvrant les entreprises et les laboratoires au public, mais aussi en modifiant les pratiques d'enseignement. Dans ce livre, nous espérons apporter une contribution à la résolution de ce problème en utilisant les travaux des chercheurs des sciences de l'éducation.

Longtemps, on a considéré 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. Jean 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 les sciences de l'éducation ont aujourd'hui trouvé leur place à l'Université. Il est maintenant admis que l'enseignement ne se réduit plus à une simple transmission de savoirs, mais que l'enfant est lui-même actif dans la construction des savoirs. 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. On schématise cette situation par ce que nous appelons le « triangle de l'enseignement », représenté ci-après.



Le triangle de l'enseignement.

Le rôle du professeur reste primordial et c'est pour cela que nous le plaçons en partie supérieure du triangle. Il élabore, grâce à la *didactique*, les situations d'apprentissage permettant à l'élève de construire son savoir ; grâce à lui s'établit la relation élève/savoir qui est la base de l'*apprentissage*. Nous appelons *pédagogie* la relation avec l'élève 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 ; elle 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 dont nous évoquerons quelques arguments, sans prétendre 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 lors des formations, à la fois comme point de départ et comme synthèse, pour inciter les professeurs à intégrer les travaux de chercheurs en didactique des sciences dans la préparation et dans le déroulement de leurs cours.

Nous proposons dans le glossaire les définitions de la pédagogie et de la didactique. Mais 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, étant moins connu, est encore mal aimé.

Nous sommes donc convaincus que le rôle du professeur ne se limite pas à professer et que celui de l'élève ne se limite plus à apprendre. Si nous utilisons tout au long de ce livre le terme *professeur*, c'est parce qu'il est utilisé par l'Éducation nationale. Nous utilisons le terme *formateur* quand 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 *étudiant* à l'enseignement supérieur. L'*École* englobe l'enseignement dans le primaire et le secondaire, et l'*école* désigne l'enseignement dans le premier degré. Enfin, le terme *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.

Les mots qui sont en caractères *italiques gras* correspondent à des items du glossaire.

Ce livre est un complément d'« *Enseigner les sciences physiques, collège et classe de 2^{nde}* ». Il est destiné à donner aux élèves le désir de choisir un métier scientifique. Sa structure est proche de celle du premier livre, qui visait à donner une culture scientifique commune à tous les élèves, quelle que soit leur orientation future. La plupart des exemples de cet ouvrage sont nouveaux. Nous remercions les professeurs et les chercheurs en didactique qui nous ont offerts des échanges fructueux à propos du premier livre : ils nous ont permis d'affiner nos idées, d'évoluer, et donc d'apprendre.

- Aujourd'hui, nous sommes encore plus convaincus que les pratiques d'enseignement ne peuvent évoluer sans changer profondément les pratiques d'évaluation. C'est la raison pour laquelle l'évaluation est le thème de la première partie, « Apprentissage et évaluation ». Nous illustrons 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. Nous terminons cette partie par un chapitre nouveau consacré entièrement à la métacognition, laquelle nous paraît déterminante pour développer le sens critique et l'autonomie des élèves.

- La deuxième partie, « Sens et apprentissage » porte sur la démarche d'investigation scientifique. Elle vise à réhabiliter ce qui caractérise les sciences expérimentales et plus particulièrement les sciences physiques : le « sens physique », en le différenciant du sens commun, la démarche de modélisation, l'expérimentation pour répondre à un questionnement. Pour certains élèves, les mathématiques sont parfois un obstacle à la poursuite d'études de sciences physiques. C'est pour eux que nous proposons des pistes pour donner un sens physique aux mathématiques indispensables à notre discipline. Nous insistons sur l'enseignement constructiviste, car nous sommes aujourd'hui convaincus par cette approche que nous pratiquons.

- La troisième partie, « Enseigner une démarche expérimentale », illustre la place de l'expérience dans la démarche d'investigation scientifique. L'expérience est au service de l'argumentation et n'est plus l'unique point de départ d'un cours de sciences physiques pour rechercher ou vérifier une loi. L'activité expérimentale est une partie importante du savoir-faire de notre discipline, elle fait appel à plusieurs compétences, par exemple : 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. Nous devons consacrer du temps à l'enseignement de la démarche expérimentale qui nécessite une programmation annuelle et pluriannuelle du choix des instruments de mesure confiés aux élèves. À l'École, c'est l'une des rares disciplines où les élèves sont confrontés avec le réel pendant les cours et où ils manipulent, au sens premier de ce terme.

- Nous dédions la quatrième partie, « Conceptions et situations problèmes », aux jeunes professeurs que nous avons rencontrés en formation (initiale ou continue) pour répondre à des questions récurrentes et plus particulièrement à celle-ci : « Comment mettre en place un enseignement de type situation-problème ? » Si cette partie est située en fin du livre, c'est parce que nous accordons moins d'importance à cet enseignement qui n'est qu'une partie de l'enseignement de type constructiviste.

La mission citoyenne des professeurs de sciences physiques est de faire naître chez les jeunes un désir pour les métiers des sciences. Nous souhaitons que ce livre de « didactique pratique » puisse servir de travaux pratiques à tous ceux qui cherchent à modifier leur enseignement dans leurs classes de lycée.

N'hésitez pas à nous transmettre vos commentaires :

mathieu.ruffenach@ac-montpellier.fr
dominique.courtillot@ac-montpellier.fr