

## Apprentissage de l'expérimentation en physique

### I - La place de l'expérimentation dans les concours de recrutement

Françoise PERROT\* , Mireille TADJEDDINE

Département de Physique  
École Normale Supérieure de Cachan  
94235 Cachan cedex, France.

\* Adresse actuelle :  
Université de Cergy Pontoise  
PSBT  
95806 Cergy Pontoise cedex, France.

#### **Résumé**

*La spécificité de l'enseignement des sciences physiques est appréhendée à partir du texte officiel sur les «capacités ayant trait aux contenus et à la démarche scientifique», paru dans le Bulletin Officiel du 9 Juillet 1987. Nous analysons ensuite, à travers les concours de recrutement (CAPES et Agrégation externes), comment est prise en compte l'aptitude à une démarche scientifique dans le domaine expérimental et combien est nécessaire une préparation sérieuse pour l'acquisition des savoir-faire indispensables.*

**Mots clés :** *physique expérimentale, objectifs, contenu, évaluation, concours de recrutement des professeurs.*

## **Abstract**

*The specific character of physical sciences teaching is studied from the official text on the «capacities related to the content and the scientific approach» published in the BOEN (9 July 1987). We analyse, through the competitive examination for teaching (CAPES and Agrégation) how the aptitude to develop a scientific approach in the experimental field is taken into account, and to what extent it is necessary to have good training in order to develop essential «know-how».*

**Key words** : *experimental physics, goals, contents, valuation, competitive examination for teaching.*

## **Resumen**

*La especificidad de la enseñanza de las ciencias físicas es aprehendida a partir del texto oficial sobre las «capacidades concernientes a los contenidos y al proceso científico», aparecidas en el Boletín Oficial del 9 de julio de 1987. Nosotros analizamos a continuación, a través de los concursos de reclutamiento (CAPES y Agregación externa) cómo es tomada en cuenta la aptitud en un proceso científico en el dominio experimental y cuánto es necesaria una seria preparación para la adquisición de los saber-hacer indispensables.*

**Palabras claves** : *física experimental, objetivos, contenido, evaluación, concursos de reclutamiento de profesores.*

## **1. LA SPÉCIFICITÉ DE L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES PHYSIQUES**

*«L'enseignement des sciences physiques a pour but, entre autres, de faire acquérir des connaissances et des méthodes.» Cette citation est extraite du Bulletin Officiel de l'Éducation nationale du 9 Juillet 1987 (BOEN, 1987), qui traite notamment de l'évaluation dans l'enseignement des sciences physiques des «capacités ayant trait aux contenus et à la démarche scientifique».*

Ainsi la spécificité de l'enseignement des sciences physiques est soulignée dès le préambule : nous essaierons donc de caractériser cette spécificité à travers ce texte officiel qui a été écrit à l'attention des professeurs de sciences physiques dans le cadre du programme national d'innovation de la direction des lycées. Les capacités spécifiques que l'on cherche à évaluer en sciences physiques sont données en annexe. Nous ne nous intéresserons pas aux remarques générales qui concernent l'évaluation : son objectif et ses conditions d'utilisation.

Dans une deuxième partie, nous montrerons que ces capacités restent valables dans un enseignement post-baccalauréat, qu'il s'agisse des classes préparatoires aux grandes écoles ou de l'université ; pour le

moment, essayons de préciser ces capacités en mettant l'accent sur celles qui pourront être acquises - ou éventuellement développées - dans le cadre d'un travail expérimental.

En premier lieu, on peut souligner l'importance de la place accordée à l'acquisition des connaissances de savoir-faire, place équivalente à celle de l'acquisition des connaissances scientifiques. Le deuxième point à souligner est l'absence dans le texte de toute référence à une pédagogie de la redécouverte (des phénomènes expérimentaux). Enfin il faut noter que le texte place systématiquement le domaine expérimental avant le domaine théorique. Analysons ces capacités :

A.1. Le contenu des connaissances scientifiques à acquérir est défini par un programme particulier pour chaque classe dans chaque filière de formation. Des instructions précisent les concepts à apprendre à travers des définitions, des modèles dont il faudra donner les limites de validité. Cela nécessite :

- un vocabulaire adapté, problème difficile en physique où les termes spécialisés côtoient les mots de la langue commune et qui a donné lieu «à une multitude d'exégèses, les unes savantes et documentées, d'autres plus spéculatives» comme le rappelle Daniel Jacobi (1993),

- des unités, pour en spécifier la nature : force, énergie...,

- et des symboles pour en simplifier la représentation «dans un véritable espace de configuration», comme les définissait Gaston Bachelard dans *La philosophie du non* (Bachelard, éd. 1981).

La connaissance des ordres de grandeur est utile de deux façons différentes. D'abord, «l'élève doit en mémoriser un certain nombre : cela fait partie de sa culture et doit lui permettre de porter un jugement critique sur un résultat, une affirmation». Savoir qu'une tension électrique disponible à la maison ou au lycée, n'excédera pas 220 V sauf rares exceptions, savoir que la longueur d'onde d'une raie lumineuse est de l'ordre du micron ( $\mu\text{m}$ ), plus tard connaître la vitesse de la lumière, l'ordre de grandeur de la dimension d'un atome, mais aussi pouvoir comparer entre eux les effets de certaines grandeurs physiques (énergie électrique et magnétique par exemple) et pouvoir ainsi simplifier le problème posé si une contribution est négligeable devant l'autre.

A.2. Dans une démarche scientifique, le savoir-faire est acquis à partir du moment où la méthode de raisonnement ou d'expérimentation ne nécessite plus d'être repensée à chaque étape parce qu'elle a été plusieurs fois répétée : elle est alors reproduite instinctivement. Dans le domaine expérimental, les savoir-faire portent «principalement sur la connaissance fonctionnelle du matériel, la connaissance de méthodes d'expérimentation

*et de mesure, la maîtrise gestuelle, le respect des consignes en particulier de celles qui ont trait à la sécurité».*

B. Il est bon de rappeler que l'enseignement des sciences physiques n'est pas coupé des autres disciplines dont il utilise les connaissances, et qu'inversement il peut constituer un outil pour certaines d'entre elles comme la biologie.

À propos du paragraphe B.4. on peut évidemment citer l'informatique (en tant qu'instrument de calcul et auxiliaire d'expérimentation dans la prise de données ou la modélisation), mais aussi le schéma pour représenter un montage expérimental et l'image sous toutes ses formes, du dessin à la vidéo.

C. Les capacités définies en A et B constituent les prérequis indispensables à toute démarche scientifique : *«en effet, on ne peut véritablement pratiquer une démarche scientifique sans posséder des connaissances»*. Pratiquer une démarche scientifique apparaît ainsi comme la finalité de l'enseignement des sciences physiques. Pour en simplifier l'acquisition, le texte distingue deux niveaux d'application de difficulté croissante :

- 1) dans une situation voisine d'une situation connue,
- 2) dans une situation inconnue.

Les quatre étapes de la démarche scientifique sont bien définies.

– **Observer et analyser un fait expérimental**, mais aussi un appareil. *«L'observation permet de dégager des paramètres, l'analyse consiste à faire un tri et à procéder à des choix car tous les paramètres n'ont pas la même importance.»* Cette étape n'est pas toujours évidente : Laurence Maurines, dans sa thèse de didactique sur la propagation des signaux mécaniques (Maurines, 1986), a montré la difficulté de faire analyser correctement le mouvement d'une main qui crée un ébranlement sur une corde.

– **Choisir et élaborer un modèle physique**

*«L'élaboration d'un modèle en fonction des hypothèses retenues est une phase difficile qui demande une bonne maîtrise des capacités définies en A et un bon esprit de décision.»* C'est le travail le plus constructif et le plus passionnant qui peut servir de test de l'acquisition des capacités, car les *«raisonnements spontanés»* (Viennot, 1979 ; Saltiel & Malgrange, 1980) peuvent réapparaître à ce stade.

– **Organiser les étapes de la résolution**

*«Ce qui distingue fondamentalement cette phase d'un savoir-faire, c'est l'autonomie dans la décision.»* Ces étapes sont choisies parmi les savoir-

faire acquis mais il faut les organiser, les hiérarchiser pour en tirer les conclusions.

– **Porter un jugement critique**

« *Cela peut intervenir à propos d'un résultat, d'une série de mesures, d'une expérience, de l'utilisation d'un appareil...* » Il s'agit de la phase décisive à travers laquelle se juge l'aptitude à pratiquer une démarche scientifique.

La spécificité de l'enseignement des sciences physiques ayant été définie par ce texte dont nous partageons les grandes lignes, nous nous proposons de voir comment est prise en compte, à travers les concours de recrutement, l'aptitude à une démarche scientifique dans le domaine expérimental.

## **2. LA PLACE DE L'EXPÉRIMENTATION DANS LES CONCOURS DE RECRUTEMENT**

Le recrutement des enseignants des lycées et collèges s'effectue par le CAPES (certificat d'aptitude au professorat de l'enseignement secondaire) ou par l'Agrégation. Le CAPES correspond au niveau de la licence (trois années d'études universitaires), l'Agrégation au niveau de la maîtrise (quatre années d'études universitaires). Pour chacun de ces concours, il existe une voie externe ouverte à tous les étudiants respectant les conditions précédentes, et une voie de promotion interne, ouverte aux enseignants ayant une certaine ancienneté.

Nous limitons notre analyse aux concours pour lesquels nous avons une certaine expérience en tant que formateurs d'enseignants :

- l'Agrégation externe de sciences physiques (option physique),
- le CAPES externe de physique-chimie.

### **2.1. Présentation générale des épreuves de ces concours**

#### **2.1.1. L'Agrégation**

L'Agrégation comporte trois épreuves à l'écrit :

- A – Composition de physique (durée 5h - coefficient 2)
- B – Composition de chimie (durée 4h - coefficient 1)
- C – Problème de physique (durée 6h - coefficient 2).

Globalement, le niveau retenu pour les épreuves A et C est celui des classes préparatoires (Mathématiques supérieures et Mathématiques

spéciales M, M', P, P') et de la maîtrise de physique des universités ; pour l'épreuve B, c'est le niveau des classes de lycée (seconde, première, terminale) et de Mathématiques supérieures.

L'oral comprend trois autres épreuves :

- leçon de physique (coefficient 3)
- leçon de chimie (coefficient 2)
- montage de physique (coefficient 2).

Pour ces trois épreuves, le jury a prévu 4 heures de préparation, 50 minutes de présentation et un entretien avec questions de l'ordre de 30 minutes.

La leçon de physique porte sur le même programme que les épreuves écrites A et C, traité au niveau des classes préparatoires ou du premier cycle universitaire. La leçon de chimie porte sur les programmes des classes du second cycle des lycées traités au niveau de ces classes. Chaque année, un *Bulletin Officiel* fixe dans le détail ces différents programmes et la liste des montages.

Depuis deux ans, on trouve la formulation suivante (BOEN, 1992) :  
«*L'épreuve A pourra comporter des questions axées sur les connaissances d'ordre expérimental requises à l'épreuve de montage.*»

Le jury s'en explique dans le préambule du rapport du concours 1992 :

«*Au plan du contenu des épreuves, nous entendons poursuivre l'évolution vers une approche moins formelle, plus proche des réalités expérimentales. L'épreuve A, proposée cette année à l'écrit, a bien marqué cette orientation qui est souhaitée également à l'oral pour les leçons de physique ou de chimie. Nous pensons ainsi contribuer à pallier petit à petit les insuffisances de notre enseignement en matière de sciences expérimentales.*» (Rapports de Jurys 1992).

Le thème de l'épreuve A étant la dispersion de la lumière, on demandait d'abord de citer et d'interpréter quelques observations de la vie quotidienne, puis de décrire et analyser des expériences avant de revenir à des études fondamentales ; par exemple : «*Donner le schéma d'une expérience permettant de réaliser, à l'aide d'un prisme, le spectre d'une source de lumière blanche. Préciser l'utilité des divers éléments dessinés, leur orientation éventuelle.*»

La nouveauté de telles questions a sûrement déstabilisé un certain nombre de candidats peu habitués à manipuler (ni même à observer, ce qui est plus grave) puisqu'on trouve les commentaires suivants du jury :

«*L'arc-en-ciel a donné lieu à certaines interprétations moyenâgeuses et poétiques ! Certains candidats n'ont jamais vu le second arc, beaucoup ne*

*savent pas dans quel ordre se succèdent les couleurs lorsque le regard monte depuis l'horizon. Les schémas des expériences de dispersion sont souvent incomplets ou faux.»*

On trouve, dans l'épreuve A du concours 1993, la même volonté d'ancrer la physique sur le réel, de montrer qu'elle ne se limite pas à une somme de calculs. L'épreuve portait sur les transitions de phase et semble avoir été mieux traitée. Cependant on peut lire dans le rapport du jury :

*«Les candidats ont globalement préféré les questions «calculatoires» aux questions descriptives ou aux questions théoriques de fond. Ce n'est pas l'évolution souhaitée par le jury ! De ce point de vue, la description des expériences ne doit être ni squelettique... ni verbeuse... Rappelons qu'un bon schéma, judicieusement annoté, reste souvent le meilleur «descriptif» : il faut noter les faits saillants et conclure sur le message dégagé par l'expérience.»* (Rapports de Jurys 1993a)

Cette tendance se confirme au concours 1994, le sujet étant la polarisation de la lumière.

Suite aux demandes réitérées du jury (Rapports de Jurys 1992), une autre épreuve est en train d'évoluer ; il s'agit de la leçon de physique, qui jusqu'à présent ne s'appuyait que très rarement sur des expériences (ce qui n'a jamais été le cas heureusement de la leçon de chimie).

*«Le jury a été sensible à l'augmentation du nombre d'expériences présentées. Elles ne sont malheureusement pas toujours bien exploitées ou bien interprétées.»* (Rapports de Jurys 1993a)

Ainsi on constate une évolution très nette pour ne pas limiter l'expérimentation à l'épreuve du montage. Qu'en est-il du CAPES ?

### **2.1.2. Le CAPES**

Comme l'indique le *Bulletin Officiel* du 29 Juillet 1993 (BOEN, 1993b) pour la session 1994, le programme des épreuves du concours externe du CAPES, section physique et chimie, est constitué par les programmes de physique et de chimie en vigueur à la rentrée de septembre 1993 dans les collèges et lycées, y compris les classes de première STL et de terminale F5, F6 et les sections de techniciens supérieurs «physicien» et «chimiste».

L'écrit est composé de deux épreuves (pour les deux, durée 5h - coefficient 1) :

- 1) composition de physique avec applications
- 2) composition de chimie avec applications.

L'oral comprend également deux épreuves :

- 1) montage et traitement automatisé de l'information (coefficient 1)
- 2) épreuve sur dossier (coefficient 1).

Pour ces deux épreuves, la durée de la préparation est de deux heures et la durée de l'épreuve d'une heure (présentation : 30 minutes ; entretien : 30 minutes). L'épreuve sur dossier porte sur la discipline (physique ou chimie) n'ayant pas fait l'objet de l'épreuve du montage.

Quand on regarde les épreuves de la composition de physique, on trouve dans celle de la session 1993, des questions sur des ordres de grandeur et sur des connaissances d'ordre expérimental, comme dans l'épreuve A de l'Agrégation : *« Imaginer un dispositif simple à monter au lycée (en laboratoire) pour sensibiliser les élèves au phénomène. »*

Le problème avait pour but d'étudier quelques phénomènes naturels comme l'arc-en-ciel ; malheureusement il n'y a pas de commentaire particulier concernant ces questions nouvelles dans le rapport du jury (1993b). On ne sait donc pas comment les étudiants ont traité ces questions, ni si le jury souhaite développer cette tendance. L'épreuve 1994 laisse peu place à ce type d'approche.

Les objectifs de l'épreuve sur dossier sont, outre ceux définissant cette épreuve pour l'ensemble des disciplines, liés à la spécificité expérimentale des sciences physiques. L'évaluation de cette épreuve inclut notamment (Rapports de Jurys 1994) :

*« – l'analyse d'une démarche expérimentale et sa mise en œuvre dans diverses situations d'enseignement (séquence de cours, de TP, de TP-cours de correction d'exercices),*

*– la connaissance et l'utilisation du matériel scientifique couramment en usage dans les lycées et collèges,*

*– les problèmes liés à la sécurité des personnes et du matériel ».*

Cette épreuve sur dossier peut se présenter sous l'une des formes suivantes (Rapports de Jurys 1994) :

- élaboration et analyse d'une séquence de cours,
- analyse d'une séquence de TP, de TP-cours,
- résolution et exploitation d'exercices ; analyse des situations physiques prises comme support,
- choix, analyse, exploitation de documents, d'expériences ou d'applications permettant d'illustrer ou d'étudier une notion ou un thème.

Le dossier comprend :

- les textes réglementaires,



- les programmes avec commentaires et instructions,
- la liste du matériel d'usage courant dans les lycées et collèges,
- les modes d'évaluations (BOEN, 1987).

Sous ces trois différentes formes, l'épreuve sur dossier permet de juger la démarche scientifique et l'esprit critique du candidat ; celui-ci devra discuter, par exemple, de la place de l'expérimentation dans la progression du cours ou de la pertinence des situations physiques utilisées dans les exercices.

Intéressons-nous à l'épreuve de montage, épreuve commune à ces deux concours, où se jugent les savoir-faire expérimentaux.

## 2.2. L'épreuve de montage

Il faut remarquer que, pour les deux concours, le niveau de l'épreuve de montage n'est pas fixé. Si globalement les montages du CAPES s'inscrivent dans l'ensemble des programmes des classes précisées par les textes officiels (BOEN, 1993b), il n'en est pas de même pour les montages de l'Agrégation dont nous verrons que certains titres débordent franchement les programmes officiels (BOEN, 1993a).

### 2.2.1. L'épreuve de montage au CAPES

Le titre officiel de cette épreuve est en fait «Montage et traitement automatisé de l'information». Ce titre est justifié de la façon suivante : «*cette épreuve comporte l'exécution et l'interprétation d'une ou plusieurs expériences qualitatives et/ou quantitatives... pouvant mettre en œuvre l'outil informatique*» (BOEN, 1991).

La liste officielle des montages de physique (concours 1994) comprend 58 titres qui peuvent se répartir de la façon suivante :

- 3 en thermodynamique
- 1 sur la radioactivité
- 11 en mécanique et statique des fluides
- 10 en optique
- 4 sur les phénomènes vibratoires autres que l'optique
- 29 en électricité, dont
  - 12 sur les circuits et grandeurs électriques
  - 1 sur le magnétisme
  - 6 sur les effets électromagnétiques

## 10 sur des circuits électroniques.

La liste des montages suit l'évolution des programmes des lycées et collèges comme le montre la liste des montages du concours 1995.

En mécanique où les montages sont presque toujours des vérifications expérimentales de lois physiques, on peut relever trois titres qui portent sur des conservations de grandeurs physiques : la quantité de mouvement et l'énergie mécanique. De façon générale, on peut dire que les montages de physique au CAPES sont des expériences de cours (ou éventuellement de TP-cours ou de TP) des programmes des classes où les futurs capésiens auront à enseigner. À côté de ces montages, on peut noter le suivant, fort pertinent à notre avis, puisqu'il traite de notre sécurité au quotidien (au laboratoire mais aussi à la maison) : «*Expériences illustrant les dispositifs de sécurité dans les montages électriques : fusibles, disjoncteurs divers, transformateurs d'isolement. Distinction entre phase, neutre, masse, terre*».

Parmi les 58 montages, 37 impliquent obligatoirement des mesures ; cela concerne tous les montages de thermodynamique et de mécanique. Dans les 21 montages restants, on trouve des montages qui se prêtent à une visualisation à l'oscilloscope (ce qui est le cas de certains montages électriques, électroniques ou d'acoustique). Même dans ces montages plus qualitatifs, une mesure est généralement la bienvenue comme nous allons le voir à travers les commentaires du jury ; c'est dire le poids accordé à la notion de mesure dans l'épreuve du montage de physique.

De façon générale, le jury constate une insuffisance de compétences dans le domaine expérimental ; sa première remarque est donc que «*les candidats doivent se préparer soigneusement*» (Rapports de Jurys 1993b). Puis il indique cinq principes qui doivent servir de garde-fous :

### 1) **Sélectionner quelques expériences :**

«*Le candidat doit déterminer lui-même le nombre et le niveau de complexité de ses expériences afin d'illustrer de façon pertinente le thème proposé tout en tenant compte évidemment de ses compétences, du matériel et de la durée disponible.*»

### 2) **Choisir le matériel ;** à ce propos, il précise :

«*Peu de candidats ont réalisé des mesures informatisées en dépit du nombre toujours croissant de capteurs, d'interfaces et de logiciels de mieux en mieux adaptés à l'acquisition de valeurs.*»

### 3) **Produire des mesures**

### 4) **Présenter des expériences et des résultats :**

«*Il vaudrait mieux, dans certains cas, faire un moins grand nombre de*

*manipulations et apporter plus de soin à l'une d'entre elles au moins.»*

L'interprétation des expériences doit être faite à partir des résultats obtenus et non à partir des résultats espérés par le candidat.

5) **Justifier**, au cours de l'entretien, la démarche suivie pour le choix des montages, la méthode retenue, le choix et le réglage des appareils de mesure, les ordres de grandeur, la précision des mesures et éventuellement les formules théoriques employées.

Ces cinq principes définissent effectivement les étapes d'une démarche scientifique dans le domaine expérimental ; on y retrouve les grandes lignes du texte officiel sur les capacités scientifiques (BOEN, 1987) avec un accent particulier et indispensable sur la mesure. À la lecture du rapport du jury, il ne semble pas qu'au stade du CAPES, cette démarche scientifique soit réellement acquise.

### **2.2.2. L'épreuve du montage à l'Agrégation**

La liste officielle des titres des montages de physique est précédée d'une introduction qui précise que :

*«Le montage de physique correspond soit aux expériences d'un sujet extrait de la liste ci-dessous, soit à certaines expériences relatives à plusieurs sujets de cette liste, soit enfin à la mise en œuvre de matériels expérimentaux d'usage courant dans les laboratoires d'enseignement ou d'équipements d'aide à l'enseignement disponibles dans les établissements.»* (BOEN, 1993a)

Une telle présentation qui veut probablement éviter le bachotage laisse beaucoup de souplesse au jury. Le candidat pourrait alors être jugé sur sa propre démarche scientifique et non sur celle de l'enseignant préparateur. Cependant, nous ne connaissons pas d'exemple de cette pratique.

De la même manière, une certaine souplesse est offerte aux candidats dans la façon de traiter le sujet :

*«Cette liste propose, pour divers sujets, un champ limité d'applications. Toutefois, cette limitation ne doit pas être comprise comme ayant un caractère réellement impératif, et les candidats resteront libres de rechercher des illustrations plus variées.»*

L'expérience montre qu'effectivement, le jury sait apprécier un montage traité de façon nouvelle et pertinente ; on trouve dans le rapport de 1992 la remarque suivante :

*«Quelques candidats ont su concevoir des expériences «inédites» qui tout*

*en restant simples, sont à la fois originales et démonstratives... Cette qualité d'imagination est évidemment prise en compte dans la note.»*

Enfin, si, comme nous l'avons dit précédemment, le niveau pour traiter le montage n'est pas défini, par contre un certain nombre de savoir-faire sont exigés : *«Il pourra être demandé aux candidats de maîtriser quelques techniques très élémentaires qui doivent être mises en œuvre lors de la préparation des expériences dans l'environnement des classes secondaires des lycées, des classes préparatoires, ou du premier cycle universitaire. Enfin, les candidats devront avoir acquis une certaine familiarité avec le principe des appareils de mesure... Cette familiarité devra leur permettre, d'une part, de connaître les conditions d'utilisation de ce matériel et, d'autre part, d'être en mesure d'en contrôler le fonctionnement correct à un niveau élémentaire en recourant aux ressources normales des établissements.»*

Avant de voir comment le jury juge ces savoir-faire, regardons de plus près les titres de ces montages. Pour le concours 1994, le BOEN (1993a) donne une liste de 48 sujets que nous essayons de répartir selon la grille adoptée pour le CAPES, soit :

- 3 en thermodynamique
- 3 en mécanique (y compris celle des fluides)
- 12 en optique
- 9 en phénomènes vibratoires autres que l'optique
- 21 en électricité, dont
  - 8 sur les circuits et grandeurs électriques
  - 5 sur le magnétisme et sur les effets électromagnétiques
  - 8 sur les circuits électroniques.

La première constatation est que la diminution du nombre de montages (de 58 à 48) s'est surtout traduite par une baisse en mécanique. Le montage sur la radioactivité a disparu. Par contre on trouve un montage sur la capillarité (n° 2) qu'il serait difficile de justifier par rapport aux programmes des autres épreuves de l'Agrégation. L'optique s'est enrichie de toute l'optique anisotrope (n° 14, 15, 16) ; sont abordés des concepts fondamentaux comme la cohérence (n° 10), les phénomènes d'émission et d'absorption (n° 17) et les propriétés des lasers (n° 18). On peut remarquer que les titres des montages correspondent souvent à des phénomènes physiques, par exemple «transitions de phase» (n° 5), «matériaux semi-conducteurs» (n° 35).

L'autre différence importante par rapport au CAPES est l'existence de sept sujets transdisciplinaires qui traitent de phénomènes vibratoires : mesure des fréquences temporelles (n° 42), des longueurs d'onde (n° 44)

ou des impédances (n° 48) ; mais aussi interférences (n° 45), ondes stationnaires (n° 46), résonance (n° 47) et encore analyse du bruit (n° 43).

On ne compte plus que huit sujets comportant le mot « mesure » ; aux trois montages que nous avons cités précédemment, il faut en rajouter deux de thermodynamique avec la mesure des températures (n° 4) et des quantités de chaleur (n° 8) ; un de magnétisme avec la mesure du champ (n° 22) et deux d'électricité avec la mesure des tensions et des courants (n° 26) et des puissances électriques (n° 27). Par contre il faut signaler l'existence d'un montage plus technologique avec la réalisation d'un multimètre (n° 30).

Il ne faut surtout pas en conclure que les montages sont plus qualitatifs. Simplement ils ne relèvent pas de la même philosophie : ils ne sont plus représentatifs d'expériences de tel ou tel niveau d'enseignement ; ils appartiennent à une culture scientifique plus générale qui se veut même transdisciplinaire. Leur réalisation va donc nécessiter une démarche scientifique plus complexe.

Qu'en pense le jury ?

*«C'est une épreuve d'expérimentation sur un thème précis où sont jugés autant les comportements et les réactions du physicien devant son appareillage, que la qualité de ses mesures... D'une manière générale, il devra pouvoir interpréter correctement les expériences présentées, en saisir les analogies éventuelles dans d'autres domaines de la physique et en signaler les applications ou conséquences pratiques.»* (Rapports de Jurys 1993a)

*«Le jury est conscient du fait que le domaine concerné est très vaste et apprécie que les candidats soient capables de bien situer ce qu'ils savent et ce qu'ils ne savent pas... Mieux vaut quelques expériences assez simples mais correctement conduites, exploitées en détail et bien comprises, que des manipulations complexes qui échouent en partie et dont on ne peut rien tirer.»* (Rapports de Jurys 1992)

Mais dans l'ensemble, le jury de l'Agrégation semble plus satisfait que celui du CAPES, puisqu'il a assisté à des présentations de bons et même d'excellents montages. Dans le rapport de 1992, on peut lire :

*«Cette année la moyenne des notes a été de 7,8. Il faut souligner que la note maximale a été attribuée plusieurs fois. Par ailleurs, un nombre non négligeable de candidats ont obtenu un résultat honorable (environ un tiers des notes se situent au-dessus de la moyenne). Cela indique clairement qu'avec les critères actuels de notation, présenter un « bon » montage est loin d'être une performance impossible. Le jury est en effet conscient du fait que cette épreuve est difficile car dans les études actuelles, les candidats n'ont eu que très rarement l'occasion d'acquérir les qualités nécessaires à un expérimentateur. De fait, les bons résultats enregistrés sont manifestement liés à une préparation particulière à cette épreuve. Malheureusement,*

*un nombre encore trop élevé de candidats ne possèdent pas le savoir-faire requis et n'ont pas suffisamment réfléchi au contenu des sujets proposés.»*

Cette opinion est confirmée dans le rapport de l'année suivante :

*«Bien qu'il y ait eu encore d'excellents montages cette année, le jury déplore le nombre croissant de présentations médiocres. Ces montages de faible niveau semblaient d'ailleurs être plus souvent la conséquence d'un manque de préparation durant l'année que d'une inaptitude réelle à l'expérimentation. Nous ne saurions donc trop conseiller aux candidats à l'enseignement de cette science expérimentale qu'est la physique, de se préparer sérieusement à cette épreuve.»* (Rapports de Jurys 1993a)

Nous partageons totalement cette affirmation : l'expérimentation s'apprend, c'est un fait. Mais nous allons aussi montrer dans l'article suivant qu'on apprend de la physique en pratiquant l'expérimentation ; cette pratique ne doit pas se concevoir seulement dans une perspective d'enseignement, mais aussi dans une perspective plus générale d'approfondissement de la discipline, dans une recherche de culture scientifique.

## BIBLIOGRAPHIE

- BACHELARD G. (éd. 1981). *La philosophie du non*. Paris, PUF.
- BULLETIN OFFICIEL DE L'ÉDUCATION NATIONALE (1987). Numéro spécial 3-9 Juillet 1987, Annexe 1, pp. 79-83.
- BULLETIN OFFICIEL DE L'ÉDUCATION NATIONALE (1991). N° spécial 6 du 11 juillet 1991, p. 7.
- BULLETIN OFFICIEL DE L'ÉDUCATION NATIONALE (1992). N° 21 du 21 mai 1992, p. 28.
- BULLETIN OFFICIEL DE L'ÉDUCATION NATIONALE (1993a). N° 22 du 24 juin 1993, pp. 33-40.
- BULLETIN OFFICIEL DE L'ÉDUCATION NATIONALE (1993b). N° 27 du 29 juillet 1993, pp. 22-24.
- JACOBI D. (1993). Les terminologies et leur devenir dans les textes de vulgarisation scientifique. *Didaskalia*, n° 1, pp. 69-83.
- MAURINES L. (1986). *Premières notions sur la propagation de signaux mécaniques : étude des difficultés des étudiants*. Thèse, Université Paris 7.
- RAPPORTS DE JURYS DE CONCOURS (1992). *Agrégation de sciences physiques option physique - concours externe*. Paris, CNDP.
- RAPPORTS DE JURYS DE CONCOURS (1993a). *Agrégation de sciences physiques option physique - concours externe*. Paris, CNDP.
- RAPPORTS DE JURYS DE CONCOURS (1993b). *CAPES physique-chimie – concours externe*. Paris, CNDP.
- RAPPORTS DE JURYS DE CONCOURS (1994). *CAPES physique-chimie – concours externe*. Paris, CNDP.
- SALTIEL É. & MALGRANGE J.-L. (1980). «Spontaneous» ways of reasoning in elementary

Kinematics. *European Journal of Physics*, n° 1, pp. 73-80.

VIENNOT L. (1979). *Le raisonnement spontané en dynamique élémentaire*. Paris, Hermann.

## ANNEXE

### Liste des capacités extraite du *Bulletin Officiel* du 9 juillet 1987, traitant notamment de l'évaluation de l'enseignement de sciences physiques

#### A. Posséder des connaissances spécifiques aux sciences physiques

##### 1. Les connaissances scientifiques

- a) Vocabulaire, symboles, unités
- b) Ordres de grandeur
- c) Définition, lois, modèles

##### 2. Des connaissances de savoir-faire

- a) Dans le domaine expérimental
- b) Dans le domaine théorique

#### B. Utiliser des connaissances et des savoir-faire non spécifiques aux sciences physiques

- 1. Accéder aux connaissances au moyen de différentes sources
- 2. Utiliser la langue française
- 3. Utiliser les outils mathématiques
- 4. Utiliser d'autres outils et moyens d'expression

#### C. Pratiquer une démarche scientifique notamment :

- observer et analyser
- choisir ou élaborer un modèle physique
- organiser les étapes de la résolution
- porter un jugement critique

##### 1. Dans une situation voisine d'une situation connue

- a) Dans le domaine expérimental
- b) Dans le domaine théorique

##### 2. Dans une situation inconnue

- a) Dans le domaine expérimental
- b) Dans le domaine théorique.