

---

---

LIBRE OPINION – LIBRE OPINION – LIBRE OPINION – LIBRE OPINION

---

---

## Pour une «épreuve expérimentale» au baccalauréat de la série S<sup>1</sup>

par Jean-Claude MAROT  
Professeur de Sciences Physiques  
Lycée Comte de Foix - Andorre  
Mél : marcor@andorra.ad

---

### RÉSUMÉ

*L'enseignement scientifique est en évolution et en question : quels objectifs, quels contenus, quelles méthodes ? Pour contribuer à ce débat indispensable, et reprenant la formule de «la main à la pâte» de G. CHARPAK<sup>1</sup>, les propositions avancées ici, notamment celle d'une épreuve expérimentale au baccalauréat de la série scientifique, tentent de rapprocher l'apprentissage de la démarche scientifique de sa pratique réelle, dans l'aller-retour entre la construction théorique et sa confrontation à la réalité.*

### 1. ÉVOLUTIONS

Les programmes de sciences physiques, au collège et au lycée, invitent à donner une place accrue à l'observation et l'expérimentation.

La création de l'option sciences expérimentales en première S et de l'enseignement de spécialité en terminale S, témoignent de cette évolution : la part des travaux pratiques y est prépondérante. Ces nouvelles structures, bousculant un peu nos habitudes, ont sans doute rencontré l'adhésion des enseignants, ainsi que des élèves.

Ces évolutions nous amènent à reformuler des questions, déjà anciennes, interrogeant les finalités, les contenus, les méthodes, pour l'ensemble de l'enseignement des sciences physiques.

---

1. Cet article est également sur le Serveur UdP

(adresse provisoire : [http://www2.cnam.fr/~haage/UDP\\_test/index.htm](http://www2.cnam.fr/~haage/UDP_test/index.htm))

Nous souhaitons qu'il serve de base de discussion pour l'évaluation expérimentale au baccalauréat. Envoyez-nous commentaires ou réflexions par écrit ou sur le serveur.

## LIBRE OPINION – LIBRE OPINION – LIBRE OPINION – LIBRE OPINION

G. CHARPAK, dans un entretien récent<sup>4</sup>, ne manque pas de sévérité provocatrice, mais peut-être salutaire :

*«Actuellement beaucoup de jeunes qui sortent des écoles françaises ne sont pas bons à être autre chose que des manœuvres. C'est même vrai des bacheliers. Le derrière assis sur une chaise à écouter un prof. C'est ce que j'appelle un manœuvre. Or un type capable de rédiger un rapport après avoir fait une expérience, ce n'est déjà plus un manœuvre».*

En décembre 1995, C. ALLÈGRE<sup>5</sup> portait déjà un jugement fort critique sur l'enseignement scientifique :

*«Nous commettons deux contresens. Le premier est que nous ne concevons pas l'enseignement des sciences comme étant destiné à donner une culture mais à sélectionner. C'est une machine à sélectionner, dont les mathématiques sont le moteur. [...] C'est une construction neuronale magnifique et un superbe outil pour la science, mais pas une science qui étudie les lois de la nature. Ces deux contresens font que les élèves ne sont pas familiarisés avec l'esprit scientifique. C'est-à-dire le dialogue entre le réel et sa représentation neuronale. Comme tout est enseigné avec une vision mathématique, de manière logique et dogmatique, on ne développe pas l'esprit d'imagination ni la faculté d'adaptation».*

M. le Ministre réitère<sup>6</sup> son propos :

*«Quant au collège, ma philosophie peut tenir en trois mots : observer, décrire, écrire. Observer, parce que c'est la démarche fondamentale de la science. Décrire, ce qui exige un premier niveau de mise en perspective, par le dessin mais aussi par l'expression orale et, enfin, écrire, tous ces efforts devant, à mes yeux, converger vers la maîtrise de la langue. Je veux faire entrer la science dans la culture. C'est ma grande préoccupation. Aujourd'hui nous faisons l'inverse. La science est enseignée à seule fin de sélectionner les gens qui la comprennent et qui deviendront des scientifiques».*

On reconnaîtra volontiers que l'esprit scientifique se nourrit du dialogue entre la construction théorique et le réel. Mais il faut préciser la nature de ce dialogue et entrer dans sa complexité. Par exemple, on ne peut réduire la démarche fondamentale de la science, qui est en rupture avec le sens commun<sup>7</sup>, à la simple «observation».

Il faut également remarquer que la mise en culture des sciences n'est pas un processus touristique et cumulatif. Les visites, même «ludiques et interactives», d'un laboratoire, d'un observatoire, d'une centrale nucléaire, de la Villette, de cédéroms ou de pages web, ne peuvent constituer l'appropriation d'une culture scientifique.

Les propositions qui suivent supposent que les situations d'apprentissage doivent se rapprocher de la pratique scientifique réelle.

---



---

LIBRE OPINION – LIBRE OPINION – LIBRE OPINION – LIBRE OPINION

---



---

**a - *Quels contenus ?***

La quantité de notions à aborder, même agréablement présentées sous l'angle de la quotidienneté et en relation avec l'usage courant, incite plutôt au dogmatisme qu'à l'exercice de l'analyse. Le temps de la réflexion, de la construction, «des lenteurs et des troubles» chers à Bachelard<sup>2</sup>, est généralement réduit, au profit du traitement accéléré de situations types. Peut-on concilier richesse des contenus et qualité de la formation ?

**b - *Quelle efficacité ?***

Sans doute sous la pression des incertitudes sociales, nombreux sont nos élèves qui résistent légitimement à diverses activités où s'exerceraient leurs facultés d'analyse. Ils «préfèrent», par souci d'efficacité à court terme, l'accumulation de recettes souvent illusoire. Y a-t-il incompatibilité entre le temps du tâtonnement, de la construction et la résolution «mécanique» de problèmes ?

**c - *A qui s'adresse l'enseignement scientifique ?***

Un sondage récent faisait resurgir l'idée «d'illettrisme scientifique» des Français. Cette «évidence» plutôt facile, suggère immédiatement à l'opinion une inaptitude fatale et majoritaire, voire l'incompétence des professionnels de l'enseignement scientifique que nous sommes. Elle masque la difficulté réelle qu'il y a à faire participer le plus grand nombre des citoyens à une culture scientifique qui leur paraît étrangère et réservée à l'élite des spécialistes. Que signifie donc mettre la science en culture, alors que les spécialistes eux-mêmes peuvent se reconnaître comme parfaitement illettré dans des domaines autres que le leur ? S'agit-il d'une sorte de «vulgarisation» pour le plus grand nombre, la «formation réelle» (celle des classes préparatoires ?) étant réservée à ceux qui se destinent aux métiers de la science ?<sup>3</sup>

Pour tenter maintenant quelques réponses et propositions, on supposera qu'il s'agit en tout cas, pour nos élèves, d'apprendre à construire leurs connaissances et exercer leur jugement, en sciences comme dans d'autres domaines.

**2. «LA MAIN À LA PÂTE»****a - *Quels objectifs ?***

Dans l'aller-retour entre construction théorique et expérience, il s'agit de confronter les élèves aux exigences de formation suivantes :

- formuler des hypothèses à partir d'une situation ouverte ;
- exercer le raisonnement pour justifier des propositions ;
- concevoir, en fonction des moyens disponibles, un protocole expérimental ;

---



---

 LIBRE OPINION – LIBRE OPINION – LIBRE OPINION – LIBRE OPINION
 

---



---

- analyser et critiquer des résultats expérimentaux ; les confronter aux hypothèses ; formuler de nouvelles questions ;
- rédiger un compte-rendu cohérent et rigoureux, enrichi de références bibliographiques et éventuellement de divers prolongements « pluridisciplinaires » (historique, philosophique...).

Il s'agit en même temps de faire comprendre par la pratique comment se construisent les connaissances scientifiques. Et, comme le souligne G. CHARPAK, cette ambition peut concerner tous les élèves, futurs citoyens, qu'ils se destinent ou non à la pratique scientifique.

### ***b - Quelles situations ?***

Des projets pédagogiques, s'inscrivant dans une perspective constructiviste (voir annexe 1), peuvent être élaborés, expérimentés et discutés.

«La main à la pâte» ne signifie pas que les élèves sont livrés à eux-mêmes, sensés tout reconstruire, ou encore réinventer et bricoler de A à Z les moyens expérimentaux. Les enjeux scientifiques doivent être précis. Et il nous faut imaginer des consignes de travail contraignantes mais ouvertes où s'exercent l'activité de recherche individuelle et les échanges, l'intuition, la rigueur logique et l'analyse critique.

L'écriture d'un compte-rendu ou d'un mémoire, est aussi une contrainte forte qui pousse les élèves à formuler et préciser clairement leur pensée, et les confronte au soucis du travail bien fait.

### ***c - Complémentarités***

Ce type d'activité n'est pas incompatible avec «l'avancement du cours», le traitement de problèmes types... Il peut au contraire le favoriser en introduisant par exemple :

- le repérage et la formulation des connaissances essentielles, pour réaliser une fiche de cours en s'aidant de manuels ou autres documents ;
- la fabrication de problèmes à partir des situations rencontrées, etc.

### ***d - Contraintes***

Pour que ces objectifs de formation soient réalisables et opératoires, il convient de redéfinir les objectifs, les contenus et les horaires des programmes en conséquence.

---



---

LIBRE OPINION – LIBRE OPINION – LIBRE OPINION – LIBRE OPINION

---



---

Les conditions de travail en groupes restreints, sur des plages horaires assez longues, sont également à étudier.

Mais il faut aussi que cette formation soit prise en compte et validée à l'examen : les propositions qui suivent vont dans ce sens.

*«De la clepsydre à l'Exao»*

Voici un exemple de démarche<sup>8</sup>, en cours d'élaboration, pour l'étude des mouvements de chute dans le champ de pesanteur local ; les consignes de travail sont les suivantes :

- recherche (individuellement) des grandeurs mesurables ;
- mise en commun et discussion autour du choix des grandeurs physiques pertinentes, et de celles qui sont consciemment écartées ;
- classement (grandeurs de description du mouvement et grandeurs d'explication physique) ;
- recherche de relations entre les grandeurs de description ; mise au point en petits groupes de travail ; mise en commun ;
- approfondissements et formulation de lois mathématiques (puis utilisation des manuels ou autres documents...) ;
- expérimentations :
  - Galilée 1608 (voir annexe 2 : «transposition» des expérimentations supposées de Galilée<sup>9</sup>) ;
  - Mobile autoporteur sur plan incliné ;
  - Chute verticale avec chronomètre électronique ;
  - Enregistrements par les techniques Exao.
- confrontation à des documents historiques et à caractère épistémologique ;
- écriture (compte rendu, individuel ou par petit groupe) : prévisions et hypothèses ; protocoles expérimentaux ; exploitations et analyses critiques des résultats ; confrontation aux hypothèses, conclusions et nouvelles questions...

*Quelques commentaires succincts*

On imagine bien la quantité de questions soulevées par ce travail.

Ainsi intervient par exemple la différence entre une définition (en particulier celle, historiquement problématique, de la vitesse instantanée) et une loi susceptible de s'appliquer à une situation donnée (accélération constante et accroissement linéaire de la vitesse instantanée...).

«L'expérience de Galilée» pose clairement les problèmes de reproductibilité des résultats de mesure, ainsi que le problème de l'accord historique sur les unités...

---



---

LIBRE OPINION – LIBRE OPINION – LIBRE OPINION – LIBRE OPINION

---



---

***Programmes : faut-il opposer qualité et quantité ?***

Les programmes de sciences physiques connaissent déjà une hiérarchisation, entre contenus et activités support d'une part, compétences exigibles d'autre part.

On peut donner du relief et de la qualité à cette hiérarchisation, à partir des contenus les plus problématiques.

Par exemple, l'élaboration des concepts et des lois du mouvement constitue un point culminant à conquérir puisque le sens commun est volontiers aristotélicien : là peuvent s'exercer les exigences de formations évoquées plus haut, dans des situations didactiques appropriées et diversifiées, avec le temps nécessaire. Ce temps passé à cultiver la réflexion et sa confrontation à l'expérience n'est pas «perdu» : les facultés d'adaptation que les élèves peuvent y développer permettent de retrouver la «quantité», dans la diversité des situations étudiées et les approfondissements possibles.

### **3. PROPOSITIONS POUR UNE ÉPREUVE EXPÉRIMENTALE AU BACCALAURÉAT DE LA SÉRIE S**

L'organisation d'une épreuve expérimentale au baccalauréat, idée déjà évoquée il y a quelque temps, pourrait favoriser les objectifs énoncés précédemment. Voici quelques idées de structure envisageables.

***a - Préparation de l'épreuve*** par la réalisation de **dossiers expérimentaux** (par exemple deux en physique et deux en chimie) produits par écrit avec les moyens informatiques appropriés, définis à partir des thèmes du programme, et comportant par exemple :

- les préalables théoriques du thème abordé,
- les hypothèses raisonnées,
- les protocoles expérimentaux mis en œuvre,
- les résultats obtenus,
- leurs traitements et analyses critiques,
- les conclusions,
- les approfondissements,
- les apports pluridisciplinaires éventuels,
- les éléments bibliographiques.

***b - Structure de l'épreuve***

- il pourrait s'agir d'une épreuve orale, en situation expérimentale, se déroulant dans l'établissement ;

---

---

**LIBRE OPINION – LIBRE OPINION – LIBRE OPINION – LIBRE OPINION**

---

---

- le candidat présente le contenu de l'un de ses dossiers, au choix de l'examineur, et procède à une partie de l'étude expérimentale ;
- les questions des examinateurs complètent l'épreuve.

***c - Évaluation***

- elle doit permettre de vérifier les savoir-faire expérimentaux en relation avec les connaissances théoriques et les capacités d'analyse ;
- elle doit permettre de vérifier la réalité et la valeur du travail effectué pour la réalisation des dossiers.

***d - Des moyens***

- comme évoqué plus haut, tout cela suppose de reconsidérer les contenus de programmes et leur progression, tout comme les horaires et conditions de travail en groupes restreints ;
- enfin, il faut à l'évidence reconsidérer en profondeur la formation continue des enseignants : éviter le dogmatisme, favoriser la concertation, expérimenter et discuter les pratiques pédagogiques.

***Quelques commentaires***

- Cette préparation longue, dont les objectifs doivent être clairement définis, offre un espace de liberté aux élèves et à leur professeur quant aux choix des thèmes, aux moyens de leurs traitements et approfondissements.
- Elle contribue également au développement de l'initiative des élèves et de leur autonomie.
- L'un des travers serait évidemment de retomber dans l'activité stéréotypée, trop encadrée, voire uniformisée.
- Loin d'appauvrir les contenus, cette préparation peut au contraire permettre de les approfondir et de les ouvrir à la pluridisciplinarité.
- Il ne peut s'agir en aucun cas de substituer à l'épreuve d'examen un contrôle continu. La formation y perdrait sa dimension de projet, dont le produit doit être soumis à une évaluation extérieure et neutre. Le rôle d'accompagnateur exigeant et stimulant de l'enseignant, serait également dévoyé.
- Le déroulement de cette épreuve dans l'établissement évite aux candidats de se trouver confrontés à des moyens expérimentaux inconnus, et leur permet de présenter leurs propres protocoles.
- Des critères et grilles d'évaluation, soigneusement élaborées et discutées, sont indispensables.
- Dans un premier temps cette nouvelle épreuve pourrait être expérimentée dans le cadre de l'enseignement de spécialité.

---



---

LIBRE OPINION – LIBRE OPINION – LIBRE OPINION – LIBRE OPINION

---



---

La mise en œuvre de cette formation et de son évaluation donnerait en tout cas de la consistance et du poids aux objectifs de «la main à la pâte» évoqués plus haut. On peut aussi parier sur la richesse de la concertation qu'elle pourrait susciter dans la profession.

**NOTES**

1. «Changer les sciences à l'école primaire. Un levier pour transformer la société et créer des citoyens différents». Entretien avec G. CHARPAK, à propos du projet de formation scientifique à l'école primaire - Revue La Recherche - décembre 1997. Merci à M. G. CHARPAK pour sa formule de «la main à la pâte», reprise tout au long de cet article en espérant ne pas en trahir les ambitions.
2. [...] c'est dans l'acte même de connaître, intimement, qu'apparaissent, par une sorte de nécessité fonctionnelle, des lenteurs et des troubles». - G. BACHELARD - «La formation de l'esprit scientifique».
3. Des pistes de réflexions multiples sont proposées dans l'ouvrage de Gérard FOUREZ, «L'alphabétisation scientifique et technique - Essai sur les finalités de l'enseignement des sciences» - ed. De Boeck Wesmael - col. Pédagogies et développement - 1994.
4. «L'enseignement des sciences est à repenser». Entretien avec C. ALLÈGRE - revue La Recherche - décembre 1995.
5. «Espace, astronomie... les priorités de Claude ALLÈGRE» ; Entretien - revue Ciel et Espace - septembre 1997.
6. «[...] l'évidence première n'est pas une vérité fondamentale. En fait, l'objectivité scientifique n'est possible que si l'on a d'abord rompu avec l'objet immédiat, si l'on a refusé la séduction du premier choix, si l'on a arrêté et contredit les pensées qui naissent de la première observation». G. BACHELARD - «Psychanalyse du feu».
7. L'enseignement des sciences physiques dans les sections littéraires, ses programmes, peuvent être reconsidérés aussi sérieusement et dans un sens analogue, celui de la construction d'une réelle culture scientifique.
8. Cette démarche est en cours d'élaboration ; elle a été exploitée partiellement aussi bien en première L qu'en terminale S, avec bien entendu, des objectifs et des niveaux d'approches différents.
9. «Galilée expérimentateur» - Article de P. Thuillier - La recherche en histoire des sciences - ed. Seuil - col. Points ; (réflexion des historiens des sciences sur les travaux de Galilée et l'opposition empirisme / rationalisme).

---

---

LIBRE OPINION – LIBRE OPINION – LIBRE OPINION – LIBRE OPINION

---

---

## *Annexe 1*

---

L'enseignement des sciences est resté généralement et étrangement imperméable à la réflexion sur transmission ou construction des connaissances. Les intitulés des programmes invitent plutôt à la transmission : «le professeur montrera que...». En revanche les propositions avancées ici ont pour objectif d'amener les élèves à construire leurs connaissances. Il convient d'en préciser les enjeux pour dépasser immédiatement les caricatures usuelles : il ne s'agit en aucun cas de tout reconstruire ex nihilo, au rythme de chacun, dans le bricolage flou et non directif. Au contraire la démarche est soigneusement élaborée, organisée, dirigée et même minutée :

- les consignes de travail sont précises et contraignantes, justement pour favoriser l'exercice de la liberté de réflexion et d'action ;
- les situations physiques sont suffisamment complexes et ouvertes, non prédigérées, pour permettre les formulations d'hypothèses et les processus de simplification consciente propres à la démarche scientifique ;
- les enjeux conceptuels mis en jeu doivent être parfaitement cernés ;
- les élèves ne sont donc pas livrés à eux même, ou supposés suivre leur «propre rythme» : par diverses formes de confrontations au sein de la classe, il s'agit au contraire de bousculer les conceptions issues du «sens commun» pour construire des modèles à caractère scientifique (échanges en groupe ou plus collectifs, expérimentations, apports de savoirs constitués, au travers de documents, manuels ou autre) ;
- une part de l'évaluation est consacrée à l'analyse réflexive (désignée parfois par le terme «métacognition») sur le travail ainsi effectué.

Ce type de travail n'est pas incompatible avec toutes les autres activités usuelles ; il peut les rendre au contraire plus efficaces, en développant des facultés d'analyse et de réfutation critique.

Les connaissances ainsi construites prennent du sens, favorisent l'adaptation à des situations nouvelles, contribuent à la constitution d'une réelle culture scientifique.

Avec des enjeux adaptés, on peut élaborer de telles démarches pour tous les niveaux ou filières d'enseignement<sup>7</sup>.

---

---

LIBRE OPINION – LIBRE OPINION – LIBRE OPINION – LIBRE OPINION

---

---

## *Annexe 2*

---

### *Galilée 1608*

Ce dispositif, «simple» en apparence, permet de mettre en évidence les contraintes de l'expérimentation (reproductibilité, fiabilité, incertitudes...).

Les expérimentateurs interviennent directement dans le processus (manipulation de la clepsydre, lâcher de la bille, repérage du départ et de l'arrivée...) ; ceci induit, et c'est le plus intéressant, un aller retour constant entre les hypothèses formulées au préalable et les résultats obtenus : «Cette mesure est forcément fausse ! Qu'est qu'on devrait obtenir ?».

Des consignes de travail strictes et précises, telles que la représentation graphique des résultats en cours d'expérience, contribuent efficacement au processus de réflexion.

