

# Evolution de l'épreuve de sciences physiques au baccalauréat scientifique

12 mars 2007

## 1 Motivations

Des associations telles que *Sauver Les Lettres*, ou le *GRIP*<sup>1</sup> ont mis en évidence une "dégradation des programmes" dans leurs matières respectives<sup>2</sup> suite à la loi Jospin de 1989 et aux réformes ultérieures inspirées par l'idéologie "pédagogue".

Parti d'une vague impression, j'ai voulu vérifier dans quelle mesure les sciences physiques (que j'enseigne) avaient suivi le mouvement. La comparaison de quelques sujets de bac récents avec des annales de 1990 est édifiante. En voici quelques exemples significatifs.

## 2 Réflexion ? Hors-programme !

La *mécanique* représente aujourd'hui, en volume horaire, le plus gros morceau du programme de terminale. Elle est actuellement considérée par bon nombre d'élèves comme le chapitre le plus difficile. Voyons pourtant comment elle a déjà été édulcorée au fil des changements de programme (le lecteur pressé peut se contenter de l'analyse, indépendante, du sujet de bac 2006, paragraphe 2.4.).

### 2.1 Un ressort, vingt ans et deux réformes plus tard

#### 2.1.1 Tout va très bien, madame la marquise...

Considérons un grand classique n'ayant *apparemment* pas subi l'érosion des programmes depuis 1989 : les oscillations mécaniques.

Dans le programme actuel (qui date de 2001), rubrique *Contenus*, on trouve : "DISPOSITIF SOLIDE-RESSORT ; ÉQUATION DIFFÉRENTIELLE, SOLUTION ANALYTIQUE DANS LE CAS D'UN FROTTEMENT NUL ; PÉRIODE PROPRE".

Dans le programme de 1989, on trouvait des synonymes : "LE PENDULE ÉLASTIQUE ; ÉQUATION DIFFÉRENTIELLE DU MOUVEMENT D'UN OSCILLATEUR HARMONIQUE NON AMORTI. FRÉQUENCE PROPRE".

Cette lecture superficielle permet de conclure à une remarquable stabilité des programmes sur vingt ans... Erreur !

---

<sup>1</sup>GRIP signifie "Groupe de Réflexion Interdisciplinaire sur les Programmes". Voir les sites Internet respectifs : [www.sauv.net](http://www.sauv.net) et [grip.ujf-grenoble.fr](http://grip.ujf-grenoble.fr)

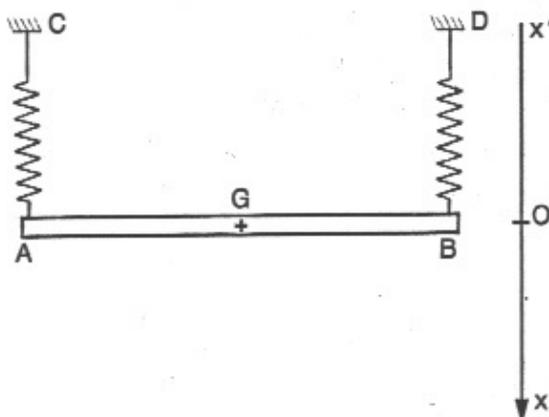
<sup>2</sup>Il n'est pas rare d'entendre que la révision à la baisse des exigences est *nécessitée* par l'arrivée des "*nouveaux publics*"; Il me semble que l'on baisse les bras un peu vite. D'ailleurs dans ce cas, pourquoi ne pas créer au moins des filières diversifiées ?

### 2.1.2 De l'annale originale au poncif rébarbatif

Considérons un sujet de bac C de Nouvelle Calédonie datant de 1990. Il n'est pas nécessaire de savoir *répondre* à ces questions pour comprendre l'objet de ma critique; il suffit d'être attentif à l'*originalité* et au degré de *complexité* de la situation proposée :

#### Oscillations mécaniques libres Force de Laplace

Une barre homogène  $AB$ , horizontale, de longueur  $l = 0,50$  m, de centre d'inertie  $G$ , de masse  $m = 0,50$  kg est suspendue à ses deux extrémités par deux ressorts identiques de constante  $k = 50$  N · m<sup>-1</sup>. Les deux ressorts sont reliés respectivement à deux points fixes  $C$  et  $D$ . On prendra  $g = 10$  m · s<sup>-2</sup>.



1°) Quelle est l'expression littérale de l'allongement  $a$  commun des deux ressorts lorsque la barre est en position d'équilibre? Calculer  $a$ .

2°) La barre  $AB$  se trouve maintenant dans un champ magnétique uniforme dont le vecteur  $\vec{B}$  est perpendiculaire au plan  $CABD$ , sa norme est  $B = 0,50$  T. La barre est parcourue par un courant d'intensité  $I = 10$  A dans le sens de  $A$  vers  $B$ .

a) Quel doit être le sens du vecteur  $\vec{B}$  pour que la barre se déplace vers le bas?

b) Quelle est l'expression littérale de l'abscisse  $X$  de  $G$  lorsque la barre atteint sa nouvelle position d'équilibre?

Calculer  $X$ .

3°) On supprime le champ magnétique et on choisit cet instant comme origine des dates.

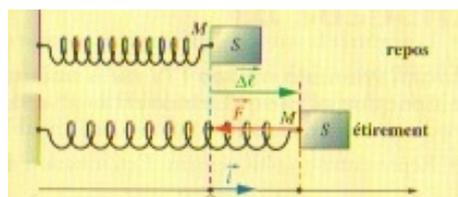
a) Montrer que le centre d'inertie  $G$  de la barre prend un mouvement rectiligne sinusoïdal. Exprimer littéralement la période de ce mouvement puis donner sa valeur numérique.

En fait, cet énoncé ne pourrait plus figurer au bac actuel car des restrictions sont apparues dans deux rubriques complémentaires dont le volume est devenu imposant : "connaissances et savoir-faire exigibles", et "commentaires". Entre autres :

1. On ne doit faire intervenir qu'un ressort à la fois.
2. Les oscillations doivent être *horizontales* (ce qui supprime d'éventuelles questions faisant intervenir le poids de l'objet).
3. La force de *Laplace* n'est pas au programme du bac (bien qu'elle soit étudiée en première).

Remarquons d'abord que sur ce sujet, le cours du professeur reste le même. Ce n'est donc pas un souci de volume horaire <sup>3</sup> qui guide ces restrictions. De fait, celles-ci n'ont qu'un but : supprimer la variété des situations possibles qui placeraient l'élève face à une nouveauté. De telles restrictions ne peuvent conduire qu'à des problèmes *stéréotypés*.

Quel est donc le seul sujet admissible ? C'est la situation, tout à fait académique, d'un ressort oscillant à l'horizontale dans le vide (en tous cas sans aucun frottement) :



Ce problème est résolu en détail dans tous les cours de terminale, dans lesquels on établit les formules suivantes<sup>4</sup> (le candidat étant d'ailleurs incité à les "retenir") :

**Effectuer la résolution analytique de l'équation différentielle dans le cas d'un dispositif oscillant horizontalement sans frottement**

- En l'absence de frottement, l'équation différentielle du mouvement du centre d'inertie du solide de masse  $m$ , relié à un ressort de raideur  $k$ , est :  $\ddot{x} + \frac{k}{m} \cdot x = 0$ .
- Les solutions de cette équation sont de la forme :  $x = x_m \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \phi_0\right)$ .  
L'amplitude du mouvement  $x_m$  ( $x_m > 0$ ) et la phase  $\phi_0$  à l'origine des dates sont des constantes dont les valeurs dépendent des conditions initiales.
- $T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$  est la période propre des oscillations libres.

Ce *paradigme* des oscillations présente certes un intérêt didactique, et permet de modéliser approximativement de nombreuses situations plus complexes. Mais les épreuves de bac actuelles la reprennent toujours à *la lettre*, c'est-à-dire de la façon suivante<sup>5</sup> :

<sup>3</sup>Le volume horaire global de physique est d'ailleurs resté stable depuis vingt ans

<sup>4</sup>Manuel Hachette édition 2006, page 300, rubrique "retenir l'essentiel"

<sup>5</sup>Sujet de Polynésie française, septembre 2005

## Étude d'un oscillateur

Notre objectif est d'étudier le mouvement d'une masse  $m$  attachée à un support immobile par un ressort horizontal de constante de raideur  $k$ .

### 1. L'OSCILLATEUR HARMONIQUE

Une masse est libre de se déplacer sans frottement sur un rail horizontal. Après avoir écarté la masse de sa position d'équilibre, on la libère sans vitesse initiale.

① Représenter sur le schéma donné en annexe (à rendre avec la copie) les forces agissant sur la masse  $m$ . Le point O donne l'abscisse du centre de gravité G à la position d'équilibre du système. Dans cette position le ressort n'est ni étiré ni comprimé.

② En utilisant la deuxième loi de Newton, démontrer que l'équation différentielle du mouvement relative à l'abscisse  $x$  du centre de gravité G du mobile à l'instant  $t$  s'écrit :

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \omega_0^2 x = 0 \quad \text{où} \quad \omega_0^2 = \frac{k}{m}.$$

On établira cette équation dans le référentiel terrestre supposé galiléen.

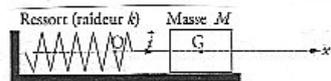
③ Montrer que l'expression :

$$x(t) = A \sin(\omega_0 t + \varphi)$$

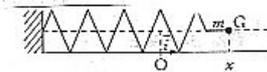
est solution de cette équation différentielle.

Dans ces conditions, comment distinguer une réelle compréhension de ce qui relève *au mieux* du "par coeur" ? Précisons que la calculatrice était *autorisée* lors de cette épreuve. En parcourant les annales de bac récentes on constate que, dès lors qu'il s'agit de mettre en équations, il s'agit systématiquement de ce même cas de figure :

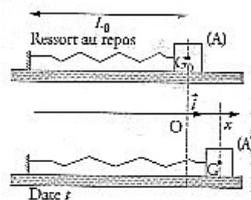
Amérique du nord juin 2002



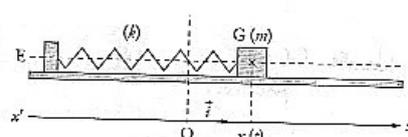
Asie juin 2004



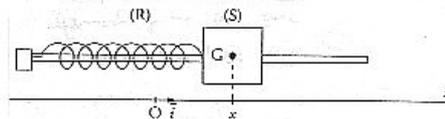
Nouvelle calédonie novembre 2002



Nouvelle Calédonie mars 2003



Amérique du sud novembre 2005



et les questions posées aboutissent systématiquement aux mêmes formules. Je ne connais pas d'exception à cette règle. Par exemple, dans ce dernier sujet de Nouvelle-Calédonie, on considère un peu plus loin que la masse *frotte* sur le plan horizontal. Un instant surpris par cette hérésie, je fus "rassuré" quelques lignes plus loin : le sujet ne demandait pas d'établir la nouvelle équation du mouvement<sup>6</sup>, mais seulement de reconnaître sur une courbe expérimentale l'effet d'un frottement, ce qui relève simplement du bon sens.

Remarquons que ce n'est pas le niveau en mathématiques des élèves qui impose ces restrictions. En effet, même en se limitant à des sujets conduisant à la seule équation mentionnée par le programme, il reste possible de *montrer*, comme dans le sujet de 1990, que des situations plus réalistes ou originales peuvent s'y ramener. Cela n'est jamais proposé.

Pour résumer, les seules démonstrations demandées lors de l'épreuve se limitent ainsi de plus en plus à celles qui figurent intégralement dans le cours et dont le résultat est encadré en rouge dans le classeur des élèves. La réflexion préalable à la mise en équations (qui constitue l'activité centrale de la physique) devient fictive, car il ne s'agit que de faire travailler sa mémoire. Jamais le terme de *bachotage* n'aura autant mérité son nom.

### 2.1.3 La légalisation de l'anti-sèche

Les remarques précédentes prennent une force particulière lorsqu'on sait qu'une bonne partie des calculatrices utilisées par les élèves (la plupart du temps autorisées), contiennent non seulement les formules demandées dans les sujets, mais aussi les *étapes* nécessaires à leur obtention. D'ailleurs les élèves ne s'en cachent pas puisque ces antisèches électroniques sont parfaitement légales. En général elles sont tapées à l'ordinateur avant d'être transférées sur la calculatrice. Mieux : de nombreux sites internet permettent de télécharger des cours complets<sup>7</sup> en mathématiques, physique, biologie, etc.

A cela s'ajoutent les capacités étonnantes de certaines calculatrices en calcul symbolique, que les rédacteurs de sujets semblent ignorer. Par exemple, à la session 2006, j'ai vu apparaître plusieurs exemplaires de la calculatrice (ou devrais-je dire "ordinateur" ?) TI Voyage 200 :



<sup>6</sup>et encore moins de la résoudre, car les récents allègements du programme de mathématiques ont mis cet objectif hors de portée

<sup>7</sup>Voir <http://ti89clairnet.free.fr/cours.htm> pour un exemple de site de liens dédié à cela ; Les calculatrices actuelles peuvent avaler plusieurs Méga-octets de cours. Malgré cela, quelques collègues imaginent encore que "lorsqu'ils rentrent leurs formules, ils les apprennent"

Je recommande au lecteur scientifique de survoler (par exemple sur internet) les caractéristiques d'un tel engin. A côté de fonctionnalités miraculeuses pour l'épreuve de mathématiques<sup>8</sup>, il permet de répondre à des questions fort bien rémunérées en physique, comme : la méthode d'Euler, le calcul d'homogénéité, les conversions d'unité, etc. Notons pour finir que l'ordinateur portable " Samsung Q1 " (écran tactile, sans clavier, et... 60 Go de disque dur) possède à peu près les mêmes dimensions (22cm \*14 cm) que la "calculatrice" précédente. Je ne connais pas d'instruction officielle interdisant explicitement l'utilisation d'un tel compatible PC. D'ailleurs, la définition d'une "ligne rouge" peut-elle encore avoir un sens ?

Au final, il faut se rendre à l'évidence : dans de nombreux cas le correcteur n'a même pas les moyens de contrôler que l'élève a compris ce qu'il écrit.

## 2.2 Il n'y a pas si longtemps : des sujets qui réchauffent les neurones

L'existence d'un thème commun, les systèmes oscillants, a rendu possible la comparaison précédente. Il en va tout autrement pour le sujet suivant (La Réunion, septembre 1990), qui n'a pas d'équivalent actuel, même édulcoré :

### Accéléromètre Mouvement circulaire uniforme

Une bille de masse  $m = 100 \text{ g}$  et de dimensions négligeables, dans une gouttière  $AB$ , est retenue par un fil de masse négligeable, parallèle à cette gouttière, fixé en  $A'$ .  $AB$  fait un angle  $\alpha = 10^\circ$  avec la verticale  $A'C$ . Le contact bille gouttière est sans frottement.

On prendra  $g = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ .

1°) Faire le bilan des forces exercées sur la bille. Les représenter sur un schéma. Déterminer leur intensité.

2°) Ce dispositif est placé dans un véhicule animé d'un mouvement de translation rectiligne uniforme horizontale parallèle à  $BC$ . Les résultats de la question précédente sont-ils modifiés? Justifier.

3°) Le véhicule conservant un mouvement de translation rectiligne horizontal parallèle à  $BC$ , possède maintenant une accélération constante, telle que la bille cesse de s'appuyer sur la gouttière. A partir du bilan simplifié des forces, déterminer l'accélération minimale  $a_1$  pour que cela soit réalisé.

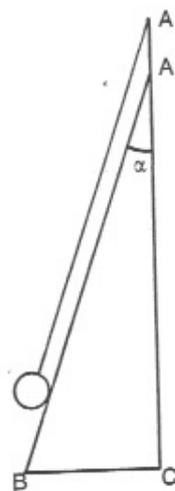
4°) Dans le véhicule à l'arrêt, la gouttière est mise en rotation uniforme autour d'un axe vertical confondu avec  $A'C$ .

a) Donner les caractéristiques du vecteur accélération  $\vec{a}_2$  de la bille.

b) Pour quelle valeur de  $a_2$  la bille quitte-t-elle le contact de la gouttière?

c) On veut que cela se produise pour une vitesse de rotation de  $1 \text{ tr} \cdot \text{s}^{-1}$ . En déduire la longueur du fil.

d) Calculer la force d'appui de la bille sur la gouttière lorsque la vitesse de rotation est réduite de moitié ( $0,5 \text{ tr} \cdot \text{s}^{-1}$ ), la longueur du fil étant celle qu'on demandé de déterminer dans la question précédente (4°) c).



<sup>8</sup>Résolution exacte d'équations différentielles, logiciel Cabri géomètre, calcul intégral symbolique, tableur, tracés de tangentes, résolution de systèmes d'équations, etc. L'épreuve de mathématiques 2006 (calculatrice autorisée) comportait pourtant un QCM qui n'exigeait aucune justification, et sans point de pénalité en cas de réponse fausse.

Cet énoncé n'indique pas les équations à établir. Il faut prendre l'initiative de modéliser la réalité, et de formuler seul les critères mathématiques qui correspondent à la question posée. La situation, bien particulière, n'a probablement jamais été traitée en cours. L'élève doit ainsi faire preuve d'autonomie dans sa réflexion. Un élève qui y parvient prouve sa maîtrise des notions de terminale. Il saura sans doute les appliquer seul dans de nombreuses situations réelles. Aujourd'hui il est permis d'en douter.

Pour être franc, je sais bien qu'un élève moyen actuel n'a quasiment plus aucune chance de venir à bout de ce problème<sup>9</sup>. Pourquoi ? Parce qu'il ne s'y est jamais exercé pendant l'année. Pourtant, ce problème ne nécessite que des constructions vectorielles vues dès la première, et les lois de Newton, vues en terminale. Ce sujet précis est-il donc explicitement interdit dans une rubrique "commentaires" du programme ? Même pas ! Tout simplement, et c'est la regrettable caractéristique du programme actuel : la partie "*contenus*" restreint d'emblée les situations autorisées à deux "*cas*", à savoir la chute (verticale, parabolique, en orbite circulaire), et les mouvements oscillatoires (avec le genre de restrictions déjà mentionnées).

Ces "*cas*" ne sont-ils pas plus utiles qu'une "*gouttière en rotation uniforme*" que personne n'a jamais rencontrée ? Non, car toutes les situations physiques réelles que pourra rencontrer l'élève seront particulières, donc nouvelles. Si l'élève doit un jour appliquer des connaissances scientifiques dans sa vie professionnelle, ce problème aura été beaucoup plus utile pour lui que n'importe quel ensemble de résultats appris *par coeur* sur n'importe quel sujet.

En fait, le but de ces restrictions est évidemment le même que précédemment : placer l'élève dans une situation qu'il connaît déjà par coeur. Ainsi, pour détecter du "hors-programme", il me suffit de constater que je dois moi-même *réfléchir* un instant à la méthode à suivre : cela ne m'arrive plus du tout ! C'est bien simple : en 2007, un élève qui bute plus de cinq minutes sur une question a probablement intérêt à relire d'abord son cours.

Sur le long terme, il n'est pas bien difficile d'imaginer ce qu'il advient des capacités de raisonnement.

### 2.3 Un outil (préhistorique) prohibé : les mathématiques

Soyons fous : feuilletons quelques pages d'un manuel de terminale de 1953<sup>10</sup>. Il suffit d'une page ouverte au hasard pour que la différence saute au yeux du lecteur scientifique.

Par exemple, dans le chapitre "ondes stationnaires", qui comporte le même nombre de pages dans les deux manuels, on *admet* aujourd'hui (sur la foi d'un dessin) qu'une superposition d'ondes progressives peut aboutir à une onde stationnaire. Voici la *seule* formule rencontrée aujourd'hui par un élève de *spécialité physique* sur ce sujet :

Dans le cas d'un fil tendu entre deux points fixes, ou d'une colonne d'air dans un tuyau ouvert à ses deux extrémités, la condition d'existence d'une onde stationnaire est :

$$2L = k\lambda$$

où  $k$  est un entier naturel,  $L$  la distance séparant les deux obstacles fixes et  $\lambda$  la longueur d'onde des ondes progressives dans le milieu de propagation.

Dans ce livre actuel, cette formule est basée sur une explication qualitative de 9 lignes sans illustration et contenant une affirmation sans preuve. Par conséquent aucune démonstration

<sup>9</sup>J'ai pourtant trouvé "pire" dans un livre de terminale C (Eurin-Gié, édition 1989, p 97) : le fil est remplacé par un ressort, et on détermine en outre la fréquence des oscillations de la bille.

<sup>10</sup>Physique, classe de mathématiques, J.Cessac, Ed. Nathan

n'est exigible des élèves, qui se contenteront d'utiliser mécaniquement la formule miracle. Comparons à l'extrait suivant du manuel de 1953 traitant de la même situation physique :

La vibration résultante du point M a donc pour expression :

$$(3) \quad y = \underbrace{2a \sin 2\pi \frac{x}{\lambda}}_{\text{amplitude}} \cdot \underbrace{\sin \left( 2\pi \frac{t}{T} + \frac{\pi}{2} \right)}_{\text{phase}}$$

Ainsi, tout point M de OB est animé d'un mouvement vibratoire sinusoïdal dont la période  $T$  est celle de la source excitatrice.

**b. — Amplitude de la vibration résultante; positions des nœuds et des ventres d'élongation.**

L'amplitude  $A = 2a \sin 2\pi \frac{x}{\lambda}$  n'est fonction que de la distance  $x$  du point considéré à l'extrémité B.

1° L'amplitude est nulle pour :

$$2\pi \frac{x}{\lambda} = k\pi, \text{ c'est-à-dire pour : } \boxed{x = k \frac{\lambda}{2}}$$

$k$  prenant les valeurs successives : 0, 1, 2, 3,...

**Il y a donc un nœud d'élongation sur l'extrémité fixe B (puisque  $k = 0$  entraîne  $x = 0$ ) et la distance de deux nœuds consécutifs est égale à une demi-longueur d'onde (fig. 200 et**

Les formules ci-dessus, d'une précision incomparable, sont précédées d'un raisonnement d'environ *quarante lignes* en bon français, et deux schémas à l'appui. A l'aide d'une expérience réelle et d'une "expérience de pensée" on y montre pourquoi l'immobilité des points extrêmes est à l'origine d'une onde réfléchie, et l'on étudie sans *a priori* sa superposition à l'onde incidente. C'est alors qu'intervient la mise en équations, qui apporte rigueur et généralité à l'ensemble, et qui permet d'envisager d'autres cas de figure. Cette présentation n'est pas seulement plus rigoureuse : elle permet de mieux *comprendre* l'origine du phénomène en question.

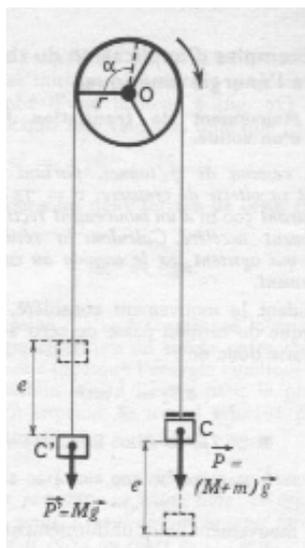
Les mathématiques sont *le langage* de la physique, et il est absurde de reprocher aux anciens manuels de s'en servir. En physique il est rare que l'on puisse comprendre précisément *de quoi* on parle sans une équation. Et comme on l'a vu, ces équations étaient jadis accompagnées d'un vrai raisonnement. A l'inverse les élèves actuels sont encouragés à appliquer *aveuglément* les équations présentes dans leur calculatrice<sup>11</sup>. Ce sont donc eux, et à travers

<sup>11</sup>C'est le cas à l'écrit, avec la formulation des énoncés tels que : "donner l'expression" ou "écrire la relation...", voir plus loin l'analyse du sujet 2006. De même à l'épreuve de travaux pratiques, je constate que certains élèves savent obtenir d'Excel la pente d'une droite (et gagnent ainsi les points), alors qu'ils se "trompent de formule" lorsqu'ils doivent effectuer ce calcul à la main.

eux les concepteurs des programmes actuels, qui *abusent* des mathématiques<sup>12</sup>.

Dans ce manuel on trouve de nombreux autres exemples d'une rigueur aujourd'hui ignorée des élèves<sup>13</sup>. Les thèmes actuels y étaient évidemment *tous* traités, assortis de problèmes nettement plus variés. A cela il faut ajouter une quantité de notions aujourd'hui inconnues<sup>14</sup>.

En particulier, j'ai été frappé par la lecture d'un exercice à la page 80 de ce livre : on détermine l'accélération de masses qui entraînent une poulie dont *on ne néglige pas* le moment d'inertie (machine d'Atwood).



Coïncidence : je me souviens avoir interrogé en "colle"<sup>15</sup> une élève de mathématiques spéciales (BAC+2) précisément sur ce sujet : elle n'a pas vu comment s'y prendre. Pourtant, l'année précédente, cette élève avait *refusé* une place à l'école des Arts et Métiers. S'il est vrai que les exigences diminuent également dans le supérieur, il me semble toutefois que le décalage entre terminale et classes préparatoires n'a jamais été aussi fort ; à mon avis, la dévaluation du bac favorise les élèves des "bons lycées", dont les professeurs peuvent se permettre d'imposer d'emblée des exigences plus sérieuses que celles du bac.

Pour finir, remontons encore le temps pour nous plonger dans un livre d'école primaire d'avant guerre. J'y ai trouvé le problème de *certificat d'études* suivant<sup>16</sup> : "L'eau en se congelant augmente des 2/23 de son volume. Quelle est la densité de la glace ?". J'ai posé plusieurs fois ce problème à des élèves de Seconde (y compris des "bons") après avoir travaillé

<sup>12</sup>D'ailleurs il n'y a guère que de mauvais élèves pour concevoir les mathématiques comme un ensemble de formules alignées sans justification, ce que certains nomment le *formulisme*.

<sup>13</sup>Par exemple, en mécanique on *établit* la période d'oscillation du pendule pesant, pour les ondes on *interprète* les observations par des constructions de Fresnel, pour les spectres on *justifie* expérimentalement la relation de Planck  $E = h\nu$ , etc.

<sup>14</sup>citons par exemple : l'effet Doppler, le champ électrique, le tube cathodique, l'induction, les ondes électromagnétiques, l'impédance, le régime sinusoïdal en électricité, la polarisation, les interférences, l'utilisation des rayons X, le rendement des moteurs thermiques, la résistance de l'air, la quantité de mouvement, le moment cinétique, les bases de la mécanique relativiste, etc. Mais faute de *préparation* des élèves entrant en terminale, le volume du programme actuel pousse déjà au saupoudrage superficiel. Il me semble sage de ne pas en rajouter.

<sup>15</sup>interrogation orale hebdomadaire portant sur le cours de la semaine précédente, dans les classes préparatoires aux grandes écoles ; Rappelons que ces classes regroupent déjà une certaine élite triée sur le volet.

<sup>16</sup>Arithmétique, cours moyen et certificat d'études primaires, Maurice Royer, 1937, Ed. Armand colin, page 465

la notion de densité qui figure à leur programme : c'est chaque fois un "massacre", sans doute faute d'entraînement à la *réflexion*<sup>17</sup>. Pire : un certain nombre d'élèves de terminale *scientifique* ne savent pas non plus s'y prendre. Que l'on se rassure, aujourd'hui ces mêmes élèves décrochent tout de même leur bac.

## 2.4 Un peu d'histoire contemporaine : un sujet bidon

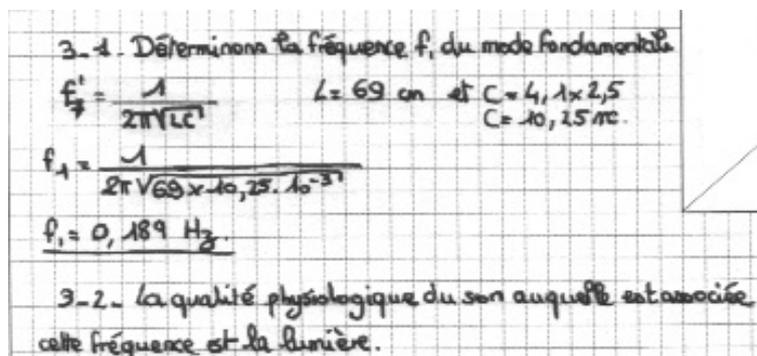
Les résultats au bac S 2006, l'année des manifestations anti-CPE, sont inédits : +8,6 % au premier groupe<sup>18</sup>) par rapport à 2005. Concrètement, un de mes élèves de terminale S ayant eu au dernier trimestre 7 de moyenne en maths, 8 en SVT, et 5 en physique s'est ainsi retrouvé à l'université.

Cette année, plusieurs matières ont apporté leur contribution à ce nouveau degré de démagogie, mais je pense pouvoir dire que la physique était à la pointe du progrès<sup>19</sup>. Mes anciens élèves ont obtenu près de 15 de moyenne à l'épreuve de Spécialité Physique (coefficient 8). Sur mon propre paquet de 71 copies, j'ai obtenu une moyenne encore meilleure, et pas une seule note sous la moyenne. Les notes ou les barèmes ont-ils été trafiqués? Même pas. Pas besoin.

Jetons un oeil sur le niveau exigé des élèves ayant choisi un horaire *renforcé* en physique (7 heures par semaine). Voici par exemple<sup>20</sup> une question sur les instruments à cordes :

1.3. Le son produit par la corde est étudié à l'aide d'un microphone branché à un oscilloscope numérique. L'oscillogramme correspondant est donné à la figure 7 en PAGE 10.  
 1.3.1. Exploiter cet oscillogramme pour déterminer la fréquence  $f_1$  du mode fondamental.  
 1.3.2. À quelle qualité physiologique du son est associée cette fréquence ?

Le "fondamental" (fréquence la plus basse), se déduisait immédiatement du graphique joint. Encore fallait-il retrouver la définition. Voici les réponses apportées par un candidat :



Reconstruisons donc le processus mental de cet élève. Il a manifestement recherché désespérément dans sa calculatrice une formule faisant intervenir la seule donnée de l'énoncé :

<sup>17</sup>Quand ce n'est pas simplement par ignorance : chaque année, je trouve dans ma classe de seconde quelques élèves qui ne savent même pas déterminer le volume d'un cube ou l'aire d'un rectangle.

<sup>18</sup>Elèves admis d'emblée, donc n'ayant pas à passer l'oral de rattrapage

<sup>19</sup>Ce qui fait des jaloux : à la rentrée, un de mes collègues de maths a participé à une réunion avec son inspection générale. Il était question, entre autres, de diminuer à l'avenir l'écart entre les moyennes de maths et physique (on devine aisément de quelle façon). L'introduction d'une épreuve spécifique sur calculatrice ou ordinateur à partir de la session 2008 devrait faciliter la tâche.

<sup>20</sup>Question 1.3. de l'exercice 3 du sujet de France métropolitaine de juin 2006, que l'on trouve facilement sur internet : voir par exemple le site [www.2amath.fr](http://www.2amath.fr)

" $L = 69,0\text{cm}$ " (longueur d'une corde de violoncelle). Il tombe alors sur la formule  $f = 1/2\pi\sqrt{LC}$  qui relève en fait de l'électricité, mais son niveau ne lui permet même pas de le reconnaître<sup>21</sup>. Or pour appliquer sa formule, il lui manque la valeur de la constante  $C$  : il en déduit qu'il s'agit probablement du nombre de *Carreaux* qu'il repère sur le graphique ! Cerise sur le gâteau, un élève de troisième pourrait débusquer l'absurdité du résultat souligné par le candidat, qui signifie que la corde de violoncelle prend plus de *cinq secondes* pour faire une unique oscillation. Bref, même en dépit du bon sens, l'élève ne doute pas un instant du résultat puisque encore une fois *c'est la calculatrice qui le dit*<sup>22</sup>.

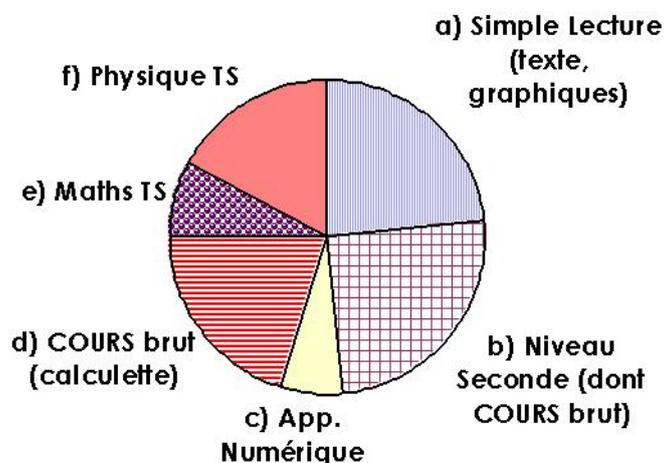
Quant à la deuxième partie de sa réponse, je déclare forfait. La réponse attendue était "la hauteur du son". Le lecteur qui parvient à me donner une explication rationnelle de l'association d'idées qui conduit l'élève à parler ici de *lumière* est prié... de m'éclairer.

Une perle parmi bien d'autres ? Certes, mais le problème n'est pas là. Le scandale est que j'ai été obligé d'accorder *la moyenne* à cet élève, visiblement *NUL* en sciences physiques et incapable de faire preuve de bon sens. Comment est-ce possible ?

Tout simplement parce que le sujet n'exigeait quasiment aucune réflexion. En effet, classons les questions par catégorie :

- La réponse est dans l'énoncé lui-même (texte court ou graphique).
- La question peut être traitée par un élève de Seconde.
- Application numérique (la formule a été donnée dans la question précédente).
- Cours " brut " (formules et définitions importantes du cours)
- Résultat mathématique (vu en cours).
- Sciences physiques de terminale.

Voici la répartition des points que j'ai obtenue :



A mon sens ce sujet ne comportait pas *une* question obligeant le candidat à s'arrêter d'écrire pour **réfléchir**. Prenons quelques exemples. Dans le premier exercice, rares sont les candidats à n'avoir pas répondu correctement à la question suivante :

<sup>21</sup>L et C représentent respectivement l'inductance d'une bobine et la capacité d'un condensateur, étudiés pendant *trois semaines* en terminale. Une telle confusion nécessite probablement d'avoir *séché* à la fois le cours d'électricité et celui de mécanique

<sup>22</sup>*Credo quia absurdum* disait saint Augustin. Aujourd'hui, Casio, Sharp et TexasInstruments se partagent le panthéon lycéen.

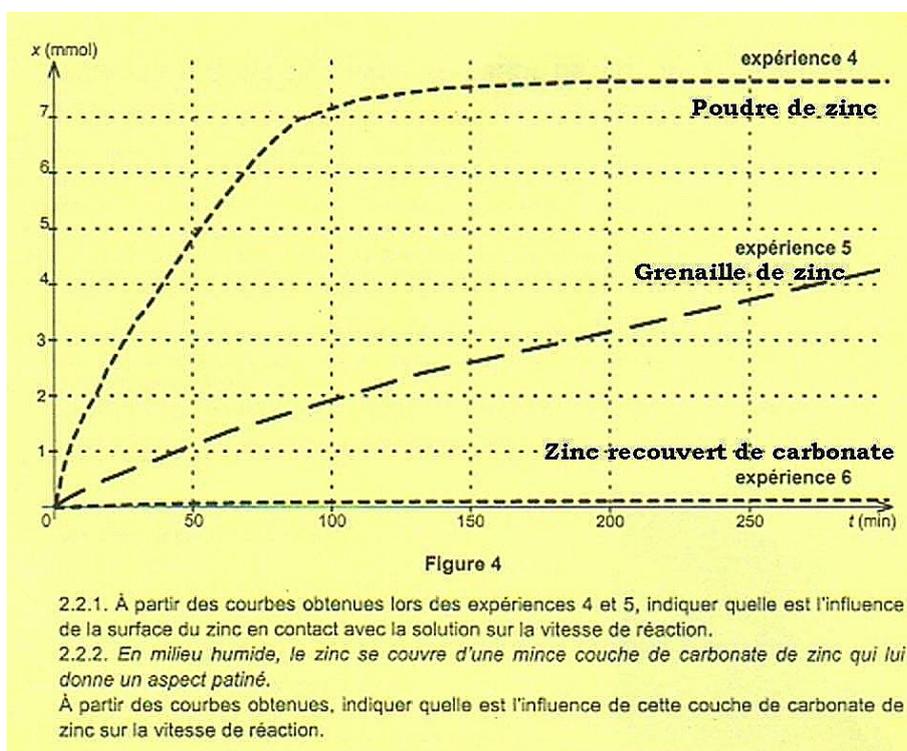
3.5. À Obock (en République de Djibouti), des chercheurs ont étudié un corail vieux de  $1,2 \times 10^5$  ans (soit cent vingt mille ans).

D'après le texte, ce corail a-t-il pu être daté par la méthode utilisant le « carbone 14 » ? Justifier la réponse.

En effet la réponse se trouvait en clair dans le texte (de 16 lignes) donné en introduction :

13,6 désintégrations par minute fournit directement l'âge de l'échantillon fossile [...]. Au bout de 40 millénaires, il reste moins de 1% du  $^{14}\text{C}$  que contenait initialement un échantillon fossile ; cette teneur résiduelle devient trop faible pour être déterminée avec précision.

Ce même exercice testait ainsi par trois fois la maîtrise de la *lecture* (mieux vaut tard que jamais). Puis, un peu plus loin, on fournissait le graphique suivant décrivant l'évolution (notée "x") de l'oxydation de gouttières en zinc au cours du temps<sup>23</sup> :



Notons que les élèves auraient pu *prévoir* l'allure de ces graphiques à partir de leurs connaissances de cours<sup>24</sup>. Mais non, il s'agit uniquement de faire le constat que l'oxydation se fait plus vite au cours de l'expérience 4 qu'au cours de l'expérience 5, ce qui ne nécessite me semble-t-il aucune connaissance de chimie. Les questions ci-dessus ont d'ailleurs été correctement traitées par l'*intégralité* des 71 élèves dont j'ai corrigé la copie. Belle performance! Sans doute "*la récompense du travail*" dont a parlé Gilles de Robien à l'occasion de cette session de bac.

<sup>23</sup>La réaction correspondante avait été *donnée*, alors qu'elle est étudiée dès la troisième. Le sujet n'exigeait d'ailleurs nulle part d'établir la moindre réaction chimique!

<sup>24</sup>D'ailleurs certains élèves ont *perdu du temps* à le faire, n'arrivant sans doute pas à croire que la question soit aussi "bidon"

Pour le reste, les questions portaient souvent sur des *définitions* de termes vus en cours, vite réglées à coups de kilo-octets de mémoire électronique. Même celles qui auraient dû conduire à une démonstration, comme :

*Pour dater le corps momifié, on a mesuré l'activité d'un échantillon de la momie. On a trouvé une activité égale à 7,16 désintégrations par minute pour une masse équivalente à 1,0 g de carbone pur. Donner l'expression littérale de la durée écoulée entre la mort d'Ötzi et la mesure de l'activité de l'échantillon.  
Calculer cette durée.*

pouvaient être esquivées, puisqu'il suffisait de "donner l'expression" et non de démontrer<sup>25</sup>.

Par ailleurs du côté de la rédaction, il faut savoir que les correcteurs ont reçu entre autres recommandations de "bienveillance"<sup>26</sup>, de ne pas s'attacher à la correction du français "dès lors que le sens physique est présent"<sup>27</sup>. L'épreuve de cette année comportait d'ailleurs le QCM suivant :

2.1.1.	La transformation radioactive d'un noyau possède un caractère.....
	Mots proposés : • prévisible • aléatoire • périodique
2.1.2.	La désintégration d'un noyau ..... celle d'un noyau voisin
	Expressions proposées : • n'affecte pas • modifie • est perturbée par
2.1.3.	Un noyau « âgé » a .....de se désintégrer qu'un noyau « jeune ».
	Expressions proposées : • plus de chance • moins de chance • autant de chance
2.1.4.	L'évolution d'une population d'un grand nombre de noyaux radioactifs possède un caractère.....
	Mots proposés : • prévisible • aléatoire • périodique

portant évidemment sur les bases du *cours* (calculatrice...), n'exigeant aucune justification, et sans retrait de points en cas de réponse fausse<sup>28</sup>. Tout cela permet sans doute de ne pas "pénaliser" injustement les candidats qui ignorent la grammaire française et qui présentent quelques difficultés à *réfléchir*.

Finalement, l'analyse de ce sujet du bac 2006 me permet d'affirmer que :

- un candidat pouvait s'octroyer la moyenne uniquement sur la base du programme de seconde.
- Un candidat qui sait uniquement rechercher une information dans sa calculatrice (cours de base et applications numériques) pouvait en faire autant.
- Un candidat pouvait obtenir une très bonne note (de l'ordre de 15) sans jamais faire preuve de capacités à *raisonner* à partir de ses connaissances de terminale.

Rappelons que cette note de physique était affectée d'un coefficient *huit* pour les élèves de spécialité physique.

<sup>25</sup>Cette expression à donner est établie dans tous les manuels de terminale et figure donc souvent dans les calculatrices. Mais les instructions de l'inspection ont été très claires : au bénéfice du doute, on ne doit pas *pénaliser* l'élève qui parachute une formule sans démonstration. Rappelons que les sujets sont initialement écrits par des professeurs à qui on demande déjà de faire du "*facile*" (cela m'a été rapporté directement par deux professeurs rédacteurs, en maths et en physique). Puis ces sujets sont lus, relus, et amendés par ces mêmes inspecteurs, qui ne pouvaient donc ignorer les conséquences de cette formulation de l'énoncé.

<sup>26</sup>Certes il ne s'agit pas d'obligations assorties de contrôles rigoureux. Mais pour quelle raison refuserait-on de mettre les points quand d'autres collègues se plient à la règle ?

<sup>27</sup>C'est donc au professeur qu'il revient de mettre le sens en cas de doute. Comme il est difficile de prouver qu'une phrase n'a *aucun* sens, j'en déduis qu'il est bienvenu de ne jamais *pénaliser*.

<sup>28</sup>Ainsi des réponses *aléatoires* à ce QCM conduisent, de manière *prévisible*, à une réponse juste en moyenne

Pour finir, la note de physique pouvait cette année être choisie par le candidat "comme note de TPE<sup>29</sup>" (parfaitement fictive), et rapporter à ce titre des points supplémentaires<sup>30</sup>. D'ailleurs les notes de TPE continueront les prochaines années à gonfler artificiellement le taux de réussite au bac. Ayant participé à une "commission d'harmonisation" sur les TPE, j'ai pu constater qu'un sujet tel que "*Pourquoi l'univers est-il en expansion?*" n'est pas rare, et a été en moyenne bien rémunéré. Or que peut représenter la recherche des élèves sur ce sujet, sinon un infâme copier-coller de termes compris de travers<sup>31</sup>? En fait, peu importe, comme je l'ai compris dès la *première* phrase prononcée par l'inspecteur chargé de cette commission : "cette année la moyenne des TPE est passée de treize à quatorze et demi : *cela va dans le bon sens*".

### 3 conclusion

Le déclin des exigences en physique au lycée apparaît donc nettement à qui prend la peine de faire quelques comparaisons de manuels ou de sujets d'examen<sup>32</sup>. Il me semble que les élèves eux-mêmes ne sont pas dupes du faible niveau exigé au bac en physique<sup>33</sup>. A mon avis cette faible préparation des élèves explique le fort taux d'échec dans le supérieur scientifique et contribue donc probablement à l'érosion spectaculaire des effectifs en sciences physiques<sup>34</sup>. Il me semble que les étudiants paient ainsi plutôt cher une conception absurde de la "démocratisation" scolaire qui se résume à un *nivellement par le bas*.

---

<sup>29</sup>"Travaux personnels encadrés" : il s'agit habituellement d'un exposé préparé à trois pendant l'année, à raison de deux heures hebdomadaires. Cette année la suppression des TPE de terminale a conduit à une modification ubuesque du règlement.

<sup>30</sup>Voir le bulletin officiel n°36 du 6 octobre 2005 : un élève qui obtenait 15 en physique (i.e. la note typique) gagnait automatiquement en supplément  $2 * (15 - 10) = 10$  points "de TPE".

<sup>31</sup>Pour avoir personnellement travaillé cette question au niveau du DEA, j'estime que les élèves, *ainsi que les professeurs* qui n'ont pas eu le temps d'approfondir le sujet, sont conduits à faire un *contresens* sur le terme même d'"expansion". Comme le disent les physiciens Sokal et Bricmont dans *Impostures Intellectuelles*, "Ce qui est plus grave, à notre avis, c'est l'effet néfaste que l'abandon de la pensée claire a sur l'enseignement et sur la culture. Les étudiants apprennent à répéter et élaborer des discours auxquels ils ne comprennent pas grand-chose." (p 301 de l'édition de poche 1999). Mais tout cela n'est pas près de changer : le rapport de novembre 2006 de l'inspection générale de physique ne jure que par le "transversal" et les "compétences générales".

<sup>32</sup>Le Bulletin de l'Union des Physiciens (B.U.P.) qui a publié mes commentaires sur le dernier bac, m'a laissé entendre qu'il est imprudent de critiquer ouvertement les épreuves lorsque l'on dépend de la hiérarchie de l'éducation nationale. Cet article restera donc anonyme.

<sup>33</sup>Pour s'en convaincre il suffit de consulter sur internet quelques forums de discussion sur le bac 2006. Certains élèves m'ont affirmé qu'ils notaient même une évolution sur les annales des cinq dernières années.

<sup>34</sup>La physique et la chimie sont actuellement les matières scientifiques les plus touchées de l'enseignement supérieur. Dans plusieurs universités les effectifs ont été divisés par deux en cinq ans.