La radioactivité sans exponentielle ni probabilités

Jean-Pierre Ferrier, février 2006

On a beaucoup plaisanté sur la fameuse “droite de quatrième” des *mathématiques modernes*. Voilà une présentation qui était pourtant mathématiquement correcte et didactiquement adaptée. Bien sûr on faisait fausse route comme l'a expliqué Philippe Lombard [PL] en détail. D'ailleurs, comme pour beaucoup de notions introduites à cette époque, on était incapable de proposer des exercices. Au moins a-t-on eu le mérite de ne pas en afficher la prétention.

Avec les mathématiques *post-modernes* que nous subissons aujourd'hui, lesquelles sont dominées par la modélisation et l'interdisciplinarité, on ne prend pas autant de gants. Les champions de la nouvelle tendance [CS] mettent en avant la coopération exemplaire entre mathématiciens et physiciens qui a donné lieu à l'introduction, en terminale S, de la fonction exponentielle en mathématiques à partir de l'étude de la radioactivité en physique, comme le proposent les documents d'accompagnement des programmes [DA]; d'ailleurs ils n'en ont pas trouvé d'autre manifestation.

Ce bel exemple a vécu. Il est maintenant acquis que l'on ne peut pas déboucher ainsi directement sur l'introduction de la fonction exponentielle. S'il nous a semblé utile de revenir sur le sujet, c'est pour montrer à quel point l'entreprise était irresponsable. Pour cela nous allons jouer le jeu qui nous est proposé, pour faire apparaître deux points :

1) d'abord qu'il est possible de donner un peu de cohérence à la transition entre physique et mathématiques dans l'exemple en question, tout en restant à un niveau élémentaire de culture : la complexité du problème n'en sera pas augmentée, mais elle devrait sortir plus apparente encore d'une présentation clarifiée;

2) ensuite que jusqu'à ce jour divers documents officiels sont loin de satisfaire ce besoin de cohérence : dans ces conditions comment pouvait-on espérer que les élèves aient une vision claire là où les responsables de la pédagogie n'en ont pas?

Le titre n'est pas provocateur. D'une part le physicien n'a pas besoin de la fonction exponentielle pour effectuer une première démarche scientifiquement valide; mais cela n'enlève rien à l'intérêt de l'exponentielle et du logarithme en physique, notamment pour la description du phénomène de la radioactivité; en fait nous verrons même que leur connaissance préalable aurait considérablement simplifié les choses. D'autre part la présentation d'un sujet en début d'année scolaire ne peut pas s'appuyer sur des lois de probabilités qui ne seront étudiées bien plus tard; mais cela n'enlève non plus rien à l'intérêt qu'il peut y avoir à expliciter un modèle probabiliste pour décrire un phénomène typiquement aléatoire; nous disons seulement qu'expliciter ou non ce modèle a peu d'incidence sur les propriétés fonctionnelles que le phénomène fait apparaître.

Les physiciens ont investi dans la conception d'un dispositif expérimental pour la classe, utilisant du radon 220 dont la demi-vie est de 55,5s. Comme on nous le propose, nous allons alors chercher à interpréter les résultats expérimentaux, en exploitant les hypothèses physiques, d'une manière mathématiquement acceptable, mais sans chercher le purisme pour autant. Ce faisant nous resterons dans la stricte ligne des programmes actuels, à défaut d'être compatible avec une ROC (restitution organisée de connaissances mise en place par l'Inspection générale pour le baccalauréat) qui peut parfois imposer des choix extérieurs au programme.

Nous ne prétendons pas que notre présentation soit pédagogiquement pertinente. Nous avons dit qu'elle n'était pas plus compliquée que celle qui est couramment pratiquée aujourd'hui. Mais cette dernière n'est certainement pas adaptée à l'enseignement de ce niveau non plus.

1. Les expériences physiques.

Les documents d'accompagnement des programmes de terminale, à la fois pour les mathématiques et pour la physique, proposent une présentation de la radioactivité en commençant par décrire un *modèle macroscopique*.

On y présente comme un résultat préliminaire d'expériences la propriété

$$\frac{\Delta N}{N \Delta t} = -\lambda$$

où N est le nombre de noyaux à l'instant t, où ΔN est le nombre des noyaux désintégrés entre les temps t et $\Delta t + t$ et où λ est une constante caractéristique du noyau. Cette propriété exprime une double proportionnalité : celle à Δt et celle à N. Est-elle vraiment accessible à l'expérience avec le dispositif expérimental?

C'est cette propriété qui est utilisée aujourd'hui encore pour une première interprétation des résultats expérimentaux par simulation numérique. Or la vérification de chacune des proportionnalités qu'elle résume pose problème.

D'abord la proportionnalité de ΔN *à* Δt. Avec le dispositif expérimental évoqué, les valeurs possibles pour Δt sont 5s, 10s, 30s, 60s, 600s. Cette proportionnalité tombe grossièrement en défaut si l'on ne se limite pas aux deux premières valeurs. Quant aux deux premières, on peut s'attendre typiquement, au hasard de fluctuations que l'on gère comme des erreurs de mesure, à une valeur comme 2000 pour 5s et 3800 pour 10s. Est-ce bien proportionnel? Et si on avait eu 4000 au lieu de 3800, ce qui est très possible, qu'en aurait-on déduit? La linéarité peut-elle être vérifiée sur deux valeurs?

Plus fondamentalement, comme il n'est pas envisagé d'imaginer un Δt vraiment petit pour lequel le phénomène pourrait être considéré comme à peu près linéaire — la courbe serait assimilable à une droite comme on dit — il n'est pas possible d'invoquer la linéarité pour expliquer une évolution essentiellement non linéaire. En réalité nous verrons que la simulation, qui validera les deux hypothèses physiques qui seront faites, n'a pas besoin de faire varier Δt et de faire l'hypothèse de cette impossible proportionnalité. En revanche la physique a quand même besoin de quelque chose de ce genre; nous en reparlerons.

Ensuite la proportionnalité de ΔN au stock initial $N(0)$ en attendant celle à $N(t)$. C'est moins périlleux mais moins immédiat aussi. On n'a pas directement accès à $N(0)$ et il faut faire appel à la loi des gaz parfaits que les élèves connaissent ou qu'ils auront une bonne occasion de revisiter. On travaille en fait sur une quantité proportionnelle à $N(0)$, comme on mesure une quantité proportionnelle à ΔN puisqu'on ne relève qu'une partie des désintégrations.

Enfin on nous propose d'en tirer

$$\Delta N = -\lambda N \Delta t$$

au moins à peu près, mais au prix de ce qui est quand même une supercherie. On utilise en effet la proportionnalité de ΔN à N avec un facteur qui ne dépend pas de t alors qu'on n'a pu vérifier que celle au $N(0)$ initial, vu qu'on n'a aucun moyen de connaître N, même pas à un facteur près en attendant longtemps, à cause du polonium qui vient tout brouiller si l'expérience se poursuit. Si des noyaux sans interaction vieillissaient à partir du déclenchement du compteur, on aurait la proportionnalité par rapport à $N(t)$, mais avec un facteur dépendant de t.

Donc on fait sans le dire l'hypothèse *d'invariance dans le temps*, dont nous allons voir qu'elle est expliquée par l'absence de vieillissement des noyaux.

2. Une première simulation.

Le dispositif expérimental permet, par exemple, de compter les désintégrations pendant un temps $\Delta t = 5$s, deux comptages successifs étant séparés par 2s pour noter les résultats, et débutant donc avec un temps $h = 7$s d'écart.

Voici la façon dont Jacques Treiner et Laure Faure [TF] interprètent ces résultats expérimentaux grâce à une simulation sur tableur. Ils valident la propriété de base et ajustent la valeur de λ en comparant les résultats expérimentaux à ceux de la simulation à partir de la même valeur initiale.

L'activité (moyenne) A définie par

$$A(t) = \frac{N(t + \Delta t) - N(t)}{\Delta t}$$

vaut encore $-\lambda N(t)$ par la propriété indiquée, et vérifie donc

$$A(t + h) - A(t) = -\lambda \frac{N(t + h) - N(t)}{h} h$$

ce qui donne

$$A(t + h) - A(t) = -\lambda A(t)h$$

si l'on assimile la seconde fraction à la première. On peut alors simuler l'évolution de cette activité moyenne, ou encore celle de la différence

$$N(t + \Delta t) - N(t)$$

qui lui est proportionnelle.

Bien sûr la proportionnalité à Δt fournirait la justification de tout cela. Malheureusement elle n'est pas exacte; les deux fractions ne sont pas vraiment égales. En fait elles ont en commun d'être des valeurs approchées de la dérivée (hypothétique) de N. La conséquence finale des diverses approximations peut être évaluée. On montrerait qu'on a

$$A(t + h) - A(t) = -\mu A(t)h$$

où

$$\mu h = 1 - e^{-\lambda h}$$

si λ est la constante physique que l'on cherche. Pour $h = 7s$ l'erreur n'est pas négligeable : elle dépasse 4%; pour $h = 12s$ elle dépasse 7%. C'est déjà beaucoup.

Malgré cet écueil la démarche scientifique est respectée dans l'esprit. On fait des hypothèses, on calcule et on confronte les résultats du calcul à ceux de l'expérience.

3. Les hypothèses physiques.

Ces hypothèses sont données dans les documents d'accompagnement à propos du *modèle microscopique*, lequel est probabiliste. En plus du fait que les noyaux sont identiques, on suppose

- l'*absence d'interaction* entre les noyaux

- et l'*absence de vieillissement* de ces derniers.

Nous venons de voir que la dernière avait été implicitement faite pour décrire le modèle macroscopique. Pourquoi alors ne pas y ajouter l'autre, sous la forme de la *proportionnalité* à $N(0)$? Certes il n'y a pas de raison a priori pour qu'elle soit valide, mais c'est l'idée première qu'on doit considérer avant de la rejeter si nécessaire : si je double la quantité de matière je double celle des désintégrations; rien n'est besoin de connaître sur la structure des noyaux.

Bien sûr il n'est pas interdit de vérifier expérimentalement cette dernière proportionnalité. Cependant il faudra bien la supposer a priori si l'on utilise une sonde pour relever les désintégrations. C'est un exemple où l'on pas directement accès expérimentalement aux hypothèses brutes. Il n'en est que plus intéressant comme embléme de la démarche scientifique.

4. l'équation fonctionnelle.

L'équation fonctionnelle vérifiée par le nombre $N(t)$ de noyaux restant au bout du temps t peut ainsi s'exprimer :

Le produit $N(t)N(u)$ ne dépend que de $t + u$.

Donnons-en la démonstration à partir des hypothèses physiques. Par l'invariance dans le temps, le nombre $N(t+u)$ de noyaux restants au bout du temps $t+u$ est égal au nombre de noyaux restants au bout du temps u pour un stock initial de $N(t)$.

Par ailleurs, par la proportionnalité du nombre restant au stock initial, le même $N(t + u)$ est encore égal à

$$\frac{N(t)}{N(0)}N(u)$$

ce qui donne $N(t)N(u) = N(0)N(t + u)$ et la propriété cherchée.

On remarque aussitôt qu'une fonction f qui vérifie l'équation fonctionnelle vérifie

$$f(x + h) - f(x) = \lambda f(x).h \qquad (*)$$

où

$$\lambda = \frac{f(h) - f(0)}{f(0).h}$$

et cela permet une construction itérative de f si on suppose λ connu.

Maintenant, si l'on choisit h assez petit, on peut même interpréter cette fraction comme une dérivée (logarithmique) en 0 — un taux si l'on préfère — avec l'avantage d'en faire une valeur (approximativement) indépendante de h.

Dans le cas qui nous intéresse, celui de la radioactivité, c'est très important car la valeur λ sera alors une caractéristique physique du noyau.

Revenons à notre équation fonctionnelle. Si la fonction f la vérifie, nous voyons facilement que $g(x) = f(x + \Delta) - f(x)$ la vérifie aussi. En effet

$$\begin{aligned} g(x)g(y) &= [f(x + \Delta) - f(x)][f(y + \Delta) - f(y)] \\ &= [f(x + y + \Delta) - f(x + y)][f(\Delta) - f(0)] = g(x + y)g(0) \end{aligned}$$

par un calcul évident. Idem pour $g(x)/\Delta$.

De plus nous tirons de (*) que

$$g(x + h) - g(x) = \lambda g(x).h \tag{**}$$

avec le même λ, lequel dépend de h sauf si h est assez petit pour qu'on l'interprète comme une dérivée (logarithmique) en 0.

En particulier, si N vérifie l'équation fonctionnelle, l'activité (moyenne pendant Δt) définie par

$$A(t) = \frac{N(t + \Delta t - N(t)}{\Delta t}$$

la vérifie aussi exactement; nous nous abstiendrons en fait de diviser par Δt pour simplifier; ici Δt peut être petit comme ne pas l'être.

De plus

$$A(t + h) - A(t) = -\lambda A(t).h$$

de la même façon que pour N, où h n'a pas absolument pas besoin d'être lié à Δt.

Par ailleurs, ce sont aussi bien l'équation fonctionnelle que l'équation différentielle qui sont proposées à la réflexion du mathématicien.

5. L'exploitation des résultats expérimentaux.

Comme précédemment, la simulation partant des hypothèses physiques s'appuiera sur une valeur λ que l'on ajuste grâce au tableur. Cependant nous prendrons un h de 1s, de façon à bénéficier de l'interprétation de λ comme une dérivée (logarithmique), donc comme une constante physique caractéristique du noyau. De la dernière relation nous pouvons tirer la relation

$$A(t + h) = A(t).(1 - \lambda h)$$

dans laquelle le coefficient multiplicateur $1 - \lambda h$ résume toute l'information dont nous avons besoin. On en déduit aussitôt

$$A(t + 7h) = A(t).(1 - \lambda h)^7$$

au bout d'un temps de 7s, le coefficient multiplicateur étant ainsi de

$$(1 - \lambda h)^7$$

simplement.

Planche

On aurait pu, sans inconvénient et même avec quelque avantage parce que les fluctuations seraient moins visibles, mesurer ΔN sur 10s. Dans ce cas le facteur aurait été $(1-\lambda h)^{12}$ bien sûr.

Par ailleurs, pour plus de visibilité, nous affichons les différences, divisées par un $\sqrt{A}$ qui tient compte de l'écart type, entre les valeurs observées et les résultats de la simulation..

Dans un premier temps nous partons pour la simulation de la première valeur observée et nous ajustons λ visuellement ou en annulant une moyenne. On peut être amené à négliger les valeurs trop petites, à cause de l'influence du polonium. Dans l'expérience que nous avons faite, nous avons conservé les 30 premières valeurs sur 40.

Ensuite nous ajustons la valeur de départ pour la simulation en tenant compte des trois premières valeurs observées. Nous prendrons ainsi 2800 au lieu de 2784. Nous reprenons alors l'ajustement de λ.

De cette façon nous obtenons une valeur $\lambda = 0,0124\text{s}^{-1}$ là où la valeur exacte serait plutôt $\lambda = 0,0125\text{s}^{-1}$. Peut-être avons-nous eu un peu de chance. En tout cas nous avons fait ce que nous pu pour éviter des erreurs systématiques. De plus une meilleure précision serait illusoire.

6. Encore la simulation.

Ce que nous venons de dire est sans doute trop coûteux en temps pour être intégré au cours de physique. Mais rien n'empêche de l'intégrer au cours de mathématiques, reliant équation fonctionnelle et équation différentielle dans un sens qui n'est pas celui de l'actuelle ROC, mais qui apporterait un plus à l'interdisciplinarité.

Comment le physicien peut-il présenter alors la simulation? D'une manière ou d'une autre, il aura fait l'hypothèse que ΔN était proportionnel à N pour un intervalle de temps donné. Ayant constaté dans des expériences préalables que la demi-vie de l'activité était de l'ordre de la minute, il considèrera qu'un intervalle de temps de $h = 1\text{s}$ a peu d'effet en valeur relative. Cela permet d'écrire

$$\frac{N(t+h)-N(t)}{h} = -\lambda N(t)$$

à peu près, ce qui s'écrit sous la forme plus pratique

$$N(t+h) = N(t)(1-\lambda h)$$

et donne par exemple

$$N(t+5h) = N(t)(1-\lambda h)^5 \ .$$

Appliquons cela à la quantité

$$A(t) = N(t+5h) - N(t) = (1-\lambda h)^5 N(t)$$

non divisée par h et qui est donc à un facteur près une activité moyenne; elle vérifie

$$A(t+h) = A(t)(1-\lambda h)$$

et comme précédemment

$$A(t+7h) = A(t)(1-\lambda h)^7 \ .$$

Cela suffit à justifier la simulation proposée.

7. La précision.

Un mot sur la précision. Comme le faisait Monsieur de l'Hôpital, on est amené à assimiler un petit morceau de courbe à un morceau de droite, un quotient différentiel à une dérivée. Pour cela la condition est simple : il faut que la fonction $f(x)$ varie peu, en valeur relative puisque c'est d'un taux qu'il s'agit, entre x et $x+\Delta x$. Quelle erreur relative accepte-on pour "sentir" l'approximation? C'est une question culturelle. Une erreur de l'ordre de 1% est acceptable : elle correspond à un trait de 1mm d'épaisseur pour un graphique de 10cm. En revanche 10% ne l'est pas.

On dira qu'on est limité vers le bas dans le choix de l'intervalle de temps sur lequel on considère le phénomène. Pour ce qui est de l'expérience réelle, c'est absolument vrai. Mais rien n'empêche d'imaginer un récipient plus vaste et une activité bien plus grande. Ou alors d'imaginer des moyennes sur plusieurs expériences, ce qui revient strictement au même. Autrement dit, sans aller jusqu'à un intervalle de temps tendant vers 0 au sens mathématique, on peut en concevoir d'assez petits pour lesquels ΔN conservera un sens physique, fût-ce comme une moyenne, une espérance mathématique. L'interprétation de λ comme une dérivée, approchée mais bien approchée quand même, est importante, comme nous l'avons dit, pour lui conférer un caractère de constante caractéristique.

Il est certain que l'interprétation probabiliste apporte ici un gain en termes de rigueur. Moyennée par le hasard, la quantité $N(t)$ va satisfaire *exactement* l'équation différentielle. Le paradoxe est que ce qu'on appelle le modèle microscopique, qu'il convient de mettre en place rigoureusement et donc sans se presser — mais là les documents d'accompagnement le font — débouche d'abord sur notre équation fonctionnelle et rejoint donc très vite la route que nous avons proposée.

8. Et avec l'exponentielle?

Comment aborderions-nous l'étude de la radioactivité si nous connaissions déjà la fonction exponentielle, et plus encore la fonction logarithme, ainsi que leurs dérivées?

D'abord nous tirerions, comme plus haut, des hypothèses physiques d'absence d'interaction et de vieillissement, que

$$\Delta N = -kN\Delta t$$

pour Δt suffisamment petit. On traduirait cette dernière relation par

$$dN = -kNdt$$

dans le modèle infinitésimal abstrait, pour lequel un calcul mathématique montrerait qu'il est résolu par

$$N(t) = N_0 e^{-k(t-t_0)}$$

ou bien, mieux encore, par

$$\log N(t) - \log N_0 = -\lambda(t - t_0)$$

où log est le logarithme népérien.

Il n'y a plus qu'à prendre les logarithmes des valeurs expérimentales trouvées pour valider les hypothèses et obtenir λ. Comment faire plus simple?

Introduire les fonctions exponentielle et les logarithme pour les dériver et résoudre des équations différentielles est déjà bien plus ambitieux que ce qui se faisait en terminale il y a un demi-siècle. On se contentait d'introduire 10^x et $\log_{10} x$, en s'appuyant sur un argument heuristique de comparaison entre suites arithmétique et géométrique, sans chercher à dériver, ce qui est d'ailleurs conforme à la progression historique. Si l'on veut aller jusqu'à e^x, $\log x$ et dériver, alors il n'y a guère d'autre solution que l'exhaustion de l'hyperbole. Mais, sans discussion sur l'aire, sans équation différentielle, sans probabilités et sans radioactivité, c'est déjà un gros morceau.

9. Analyse d'un sujet zéro.

Un document [AZ], élaboré par la DEsco en date du 27 août 2002 et disponible sur le site Eduscol, présente un exercice type pour l'épreuve de physique-chimie de série S, concernant la décroissance radioavtive du radon 220. Cet exercice, en principe soumis au contrôle de l'Inspection générale, concentre à peu près toutes les confusions qu'il est possible d'imaginer.

D'abord on ne sait pas où l'on va. S'agit-il, en question de cours, de comprendre un phénomène à partir de résultats expérimentaux? Certainement pas puisqu'on connaît déjà la valeur $\lambda = 0,0125\text{s}^{-1}$ qui correspond au radon 220? Cela n'a rien à voir avec la démarche interprétative, fût-elle hésitante, que nous avons considérée jusqu'ici.

S'agit-il de vérifier que les désintégrations sont le seul fait du radon 220? L'élève sait que sa fiole scintillante a été remplie à partir "d'une fiole qui contient du radon 220 sous forme gazeuse", mais il peut y avoir un doute. Pour répondre à la question, il n'y avait qu'à regarder, comme nous l'avons dit, les logarithmes des valeurs mesurées.

Pour "modéliser la décroissance", on "écrit $m(t+\Delta t) - m(t) = \Delta m$" où "$\Delta t$ est appelé pas de résolution de la méthode d'Euler" : ici $m(t)$ est le "nombre d'événements détectés"; que vient faire la méthode d'Euler? On glisse du phénomène au modèle. D'ailleurs il s'agit plutôt d'une simulation directe. Ce qu'on appelle aujourd'hui la méthode d'Euler est une méthode simple de résolution approchée d'une équation différentielle; or on n'en pas encore écrit une.

Ensuite on fait l'hypothèse que le radon 220 est seul en cause et "on en déduit que Δm est proportionnel à la fois à $m(t)$ et Δt" avec comme constante celle du Radon que l'on connait bien sûr : on revient au phénomène. Comble de l'ironie on demande de "traduire mathématiquement" cette phrase.

Enfin on repasse au modèle puisque "la méthode d'Euler donne $m(t + \Delta t) = m(t) + \Delta m$" et on demande de choisir un pas parmi 1μs, 0,5s et 20s. Partant de là on superpose les résultats, on ne sait trop comment puisque Δt vaut 7s d'un côté et 0,5s de l'autre. On a évité l'écueil des 4% d'erreur, mais au prix d'une confusion totale.

Pourquoi choisit-on d'ailleurs 0,5s? Parce qu'un règle dit que le pas doit être autour du centième de l'intervalle de travail! Cette règle a bien une valeur empirique mais ce n'est pas de la science. Même si l'on intègre le fait culturel de la précision de 1%, encore faut-il travailler sur un intervalle de l'ordre d'un temps caractéristique. Pourquoi rejette-t-on 1μs? Parce que temps de calcul serait trop long! Et si c'était utile, à l'heure du téraflop largement dépassé? Et 20s? Parce que le résultat ne serait pas satisfaisant! En quoi donc? On ne dit pas. La physique ne connait plus l'incertitude.

Plus loin on laisse Δt tendre vers zéro pour considérer la dérivée dm/dt sans autre forme de procès. C'est bien courageux pour un phénomène prenant des valeurs entières et sujet aux fluctuations que l'on sait.

On fait résoudre l'équation différentielle : c'est bon. Mais on dit que "la méthode d'Euler donne des points qui sont solution de l'équation différentielle". Et on le répète pour être bien sûr de se tromper. Si l'on passe sur une expression inadaptée, car les points ne sont solution de rien, il reste une erreur commune chez les étudiants : croire que les points d'Euler sont sur une courbe intégrale, alors que la méthode fait passer sans arrêt d'une courbe intégrale à une autre; dans notre cas ils sont tous sur une courbe intégrale d'une autre loi exponentielle : c'était l'écueil du **2**.

Enfin pour appliquer la méthode d'Euler "il ne faut pas connaître la solution analytique de l'équation différentielle", dit-on. Comme on connaît la fonction exponentielle, à quoi joue-t-on?

Conclusion.

Qui a donc pu croire à la pertinence de ce genre de thématique pour des élèves du lycée, et pour le baccalauréat? L'exercice que nous venons de critiquer concerne les physiciens, mais les mathématiciens de tout bord ne méritent-ils pas leur part de reproches, quand ils se félicitent d'une collaboration exemplaire en la matière?

Des physiciens rompus à la modélisation, aux équations différentielles ou aux dérivées partielles comme aux phénomènes aléatoires, ne mesureront peut-être pas la difficulté pour des élèves qui rencontrent pour la première fois une situation aussi complexe, dont la notion d'équation différentielle dans un exemple où il n'y a pas de dérivée. Ces derniers adhèreront sans doute à un discours bien préparé et connoté de science moderne. Cependant, si l'on veut faire œuvre vraiment utile, il faudrait que les élèves, au moins les meilleurs, puissent jeter un regard critique sur tout cela. On en est loin. Quelle responsabilité alors de la part des mathématiciens qui ont donné ou donneront leur caution, eux qui ont assumé pendant des décennies la partie structurante de l'enseignement scientifique!

La coopération entre disciplines serait une bonne chose. Mais la cherche-t-on vraiment? Il aurait fallu mettre en phase les programmes : en seconde, en dehors du cas colinéaire, on peut ajoute des vecteurs mais pas des forces. Et puis les mathématiques enseignées pourraient employer un langage un peu plus compatible avec les besoins des sciences expérimentales. Pourquoi faut-il absolument qu'en toute occasion le discours des mathématiciens diffère de celui tenu dans les autres sciences pour exprimer la même chose? Cela va-t-il vraiment dans le sens de l'universalité de leur discipline?

Il faut en finir avec une attitude béate devant cette prétention de modernité qu'on nous propose aujourd'hui pour les classes. A tout prendre la "droite de quatrième" était nettement "moins pire".

[AZ] Annales 0 : exemples d'exercices, épreuve de physique chimie de série S, BO n° 27 du 4 juillet 2002, édité par la DEsco, en ligne sur le site Eduscol à l'adresse
http://eduscol.education.fr/D0056/radon220.pdf

[CS] Comité Scientifique des IREM, Réponse au "texte sur l'enseignement des mathématiques avec les autres disciplines (anonyme)", printemps 2004

[DA] Document d'accompagnement, Mathématiques classe Terminale série scientifique, Annexe-radioactivité-Terminale S, édité par la DEsco

[PL] Philippe Lombard, A propos des nouveaux programmes, Repères-IREM n°2, janvier 1991

[TF] Jacques Treiner et Laure Faure, présentation au Comité Scientifique des IREM de la radioactivité en classe de Terminale S, automne 2005