

Débat Recherche-Formation du 11 mai 2004

Exposés présentés par André Vaschalde et André Warusfel

dans le cadre du Débat

Recherche et Formation :

Etat des lieux de l'enseignement des sciences, perspectives d'évolution

organisé par le Comité Local des Etats Généraux de la recherche (CLOEG) le Mardi 11 mai 2004 à Grenoble.

I. Intervention d'André Vaschalde

Inspecteur Pédagogique-Régional en Sciences Physiques de 1976 à 2001
(Académie d'Aix-Marseille)

André Vaschalde est ancien élève de l'Ecole Normale Supérieure de Cachan. Il a supervisé, en tant que Chargé de Mission, l'enseignement des Sciences Physique dans plusieurs pays francophones d'Afrique. Il est l'auteur de plusieurs rapports et études sur l'enseignement des Sciences Physiques

Etat des lieux de l'enseignement des Sciences Physiques

Nous distinguerons deux plans:

- acquisition des connaissances scientifiques.
- formation de l'esprit scientifique.

Notre thèse est celle, hélas, d'une très forte dégradation qualitative de l'enseignement des Sciences Physiques dans les dernières décennies. Cette dégradation est due à de nombreux paramètres (contenus des programmes, formation des professeurs). Pour illustrer cette analyse, nous présentons ci-dessous une sélection d'exemples et d'observations récurrentes se manifestant avec une haute fréquence dans les premiers et seconds cycles.

1. Incompréhension du vocabulaire.

Incompréhension de concepts tels que "intensité efficace" (mathématiquement complexe), mais aussi de concepts plus simples tels que "proportionnel à", "virtuel", etc.

Exemple: Le CO₂ trouble l'eau de chaux.

Expérience réalisée devant les élèves. Conclusion tirée sommairement : c'est une propriété "caractéristique"

En fait, on vérifie seulement qu'il suffit qu'il y ait du CO₂ pour provoquer le trouble.

Est il nécessaire que l'on ait du CO₂ ? La condition est-elle nécessaire ? A-t-on testé l'infinité possible des autres gaz ?

Il y a un aspect logique sous-jacent qui est trop souvent éludé, d'où la nécessité d'une certaine approche dogmatique intelligente permettant de contourner l'impossibilité de l'exhaustivité expérimentale, sans sacrifier à la rigueur de pensée.

2. Appauvrissement du vocabulaire

Exemple : Masse volumique.

On parlait autrefois de masse, de volume, puis on arrivait aux concepts de masse volumique et de densité. Aujourd'hui cette notion est jugée trop difficile. On se permet de dire « le plomb est plus lourd que le fer ». De la tolérance à la quasi-recommandation officielle, il n'y a qu'un pas vite franchi !

Le discours officiel tend à aligner systématiquement les exigences sur les exigences a minima.

3. Difficulté (voire incapacité) de manipulation des unités.

Les unités simples, et l'utilisation des préfixes : pico, nano, micro, milli, centi, déci, déca, hecto, kilo, myria (?), méga, giga semblent encore à peu près connues.

Cependant, on observe des difficultés considérables dès qu'il s'agit de convertir des unités composées.

Exemple de conversions posant problème : g/cm^3 en kg/m^3 ? kV/m en mV/cm ? etc.

La conversion de MPH en noeuds devient un pur exercice de style. A l'IUFM les conversions d'unités ne sont toujours pas maîtrisées.

4. Appauvrissement des programmes

Voici une longue liste (non exhaustive) d'allègements ou d'appauvrissements.

4.1. Loi de Laplace. Autrefois $F = Bil \sin \alpha$. Aujourd'hui $F = ki$.

4.2. Suppression de l'algébrisation en électricité.

4.3. Suppression de l'électricité en seconde et quasiment en première.

4.4. Suppression de l'outil de la représentation de Fresnel en Terminale.

Conséquence: On étudie la résonance directement sans passer par l'étude du cas général du circuit RLC en régime sinusoïdal.

Il y a des circuits qui résonnent ! Formule apprise par coeur sans la situer dans le contexte général du comportement du circuit RLC.

4.5. Mécanique. Domaine qui a subi des coupes sombres :

Suppression de la Cinématique : mouvements : MRU, MRUV, MRS, MCU, MCS.

Suppression de la rotation.

L'analogie formelle qui était autrefois abordée explicitement apportait :

- une satisfaction de l'esprit : le comportement de la nature est alors décrit avec les mêmes outils en termes de translations ou de rotations
- un support pour la mémorisation des concepts.

4. Appauvrissement de l'outil mathématique

Exemple à l'IUFM (après l'écrit du CAPES) :

- Citer la propriété caractéristique d'un mouvement de translation uniforme : réponse la plupart du temps correcte : "Les espaces parcourus pendant des intervalles de temps consécutifs égaux sont égaux."

- Citer la propriété caractéristique d'un mouvement de translation uniformément accéléré : "Les espaces ... croissent ... en progression ...?" Réponse le plus souvent très aléatoire !

La signification géométrique de la dérivée, la signification du calcul infinitésimal restent très mal comprises.

Avec la disparition des calculs d'incertitudes, les notions d'erreurs absolues ou relatives, d'incertitude absolue ou relative ne sont plus connues ou comprises.

5. *Graphisme en Optique*

Aujourd'hui, au collège, il est autorisé de tracer les rayons lumineux à la main. Cela aurait autrefois été jugé scandaleux : il fallait faire un tracé systématique à la règle et vérifier la convergence de 3 rayons. On peut donc dire que le laxisme est encouragé.

Autrefois au collège était abordée la relation $1/p + 1/p' = 1/f$ C'était déjà du quantitatif avec initiation à des conventions de signe. Aujourd'hui cela a été rejeté en TS avec la règle purement algébrique $-1/OA + 1/OA' = 1/OF'$ qui élude la vision géométrique.

6. *Graphisme en mécanique*

Exemple: comportement de véhicules en virage, Pendule conique ($\tan \alpha = v^2/Rg$, Skieur, etc

Faut-il faire un tracé à la règle (avec chronologie de construction) ou à la main?

Le comportement spontané des élèves maîtres en IUFM est hélas une construction à la main de tous les triangles ou polygones de forces. Les élèves n'utilisent pas ou ne savent pas utiliser les instruments de tracé géométrique (règle et compas) mais seulement le rapporteur!

7. *Absence de discipline pour les conventions d'écriture*

Il ne s'agit pas seulement de respecter un code (déjà souhaitable au plan de l'harmonisation internationale) mais de savoir décrire des êtres mathématiques distincts, des grandeurs physiques fondamentalement différentes. Prévision du symbolisme ultérieur.

Difficultés observées encore au niveau de l'IUFM, avec un comportement spontané inadéquat des futurs jeunes professeurs.

8. *Stroboscopie. Le domaine des plus belles catastrophes...*

C'est pourtant le terrain privilégié d'apprentissage du raisonnement. Ce thème est descendu de Terminale (où il était déjà jugé difficile!) en Seconde. Cela apparaît paradoxal dans la mesure où les instructions officielles prétendent développer le raisonnement. Ce glissement m'apparaît catastrophique.

9. *Décalage temporel dans le cours entre l'outil mathématique en place et les besoins des thèmes abordés en physique.*

Exemples : Dérivées (leur signification géométrique) Produit scalaire, vectoriel. Barycentre. Notion concrète d'exponentielle décroissante, etc.

10. Passage d'un support mathématique à son expression en langage scientifique

Et réciproquement. Compréhension des supports géométriques ?

Exemples : diverses expressions de la deuxième Loi de Képler (loi des aires). Stroboscopie.

Trop souvent un pur exercice de style.

11. Peur de la formule littérale.

Aujourd'hui, on observe une appréhension à l'utilisation de tout formalisme. Lorsqu'on l'utilise, on en ignore toute la richesse.

Il ya pourtant de multiples "avantages" inhérents au raisonnement littéral et à l'utilisation de formules littérales :

- Garde fou (partiel) dans le raisonnement.
- Signification plus grande de la formule littérale par opposition à l'application numérique aveugle.

Les techniques adéquates sont quasi ignorées en IUFM, et donc chez les jeunes professeurs.

12. Le mythe de l'expérimental.

On assiste aujourd'hui à un développement excessif voire abusif du "Tout Expérimental".

Il y a nécessité de trouver un juste équilibre entre les trois volets de l'enseignement de la Physique :

- le volet expérimental
- le cours théorique
- les exercices d'application

qui pourraient faire l'objet approximativement d'une règle des trois "Tiers".

Le problème posé est celui de l'horaire inextensible (et du respect des autres discipl.)

La formation actuelle à "dominante expérimentale" se fait alors au détriment de l'abstraction, au détriment de l'analyse et de la réflexion.

Une définition du bon élève scientifique n'est pas celui qui se complait dans l'abstraction pure ni le "bidouilleur de génie", mais "Celui dont l'esprit est capable de faire (si possible rapidement) les aller-retours entre concret et abstrait".

13. Le mythe de la redécouverte

Les illusions véhiculées par le discours officiel me paraissent être un rêve délirant coupé de la réalité et coupé des possibilités effectives des élèves.

J'ai personnellement effectué des expériences pédagogiques poussées en Optique avec deux classes, qui ont donné lieu à des rapports circonstanciés (exemple : section L scientifique de Yamoussoukro).

14. La peur du "Dogmatisme"

Il y a une peur irraisonnée des définitions (ça fait scolaire, ringard à l'aune de la pédagogie moderne...).

Or la définition des concepts initiaux est d'une importance primordiale.

Il faut faire ici évidemment la distinction entre le Dogmatisme religieux (vérité révélée) et le "Dogmatisme d'enseignement" où j'entend ici la démarche qui consiste à adopter des conventions auxquelles on se tient, apportée par l'enseignant qui détient le savoir. Il est en effet impossible de tout vérifier devant les élèves, faute de temps. Il s'agit ici simplement de faire confiance aux générations de physiciens qui nous ont précédés.

Conclusion : solutions préconisées

1. Revaloriser l'outil mathématique.

Sortir du descriptif, du documentaire, du superficiel. Prendre conscience que le langage naturel d'expression de la Physique est le langage mathématique. Qualités de rigueur, sobriété, précision, fécondité. En tirer toutes les conséquences.

2. Rétablir la rigueur.

Constater la multiplicité des problèmes. Cependant il existe une composante récurrente et transversale: le laxisme dans l'expression (vocabulaire) dans le Graphisme, le Symbolisme. Nécessité de revenir à des exigences "basiques". Rôle de l'exemplarité du maître.

3. Contenus des programmes.

Ils devraient être (c'est-à-dire redevenir) :

- Cohérents. Etablis en fonction d'une progression globale (vue globale du cursus)
- Structurés. Tenir compte des acquis et les réinvestir.
- Riches : choix pertinent des thèmes. Le souci (souhaitable) de modernité ne doit pas évacuer la valeur formative. Exemples : Dilatation, Balance de Roberval dès le Primaire.
- Etablis conjointement avec les programmes de mathématiques, dans un respect réciproque, et conçus simultanément en intime collaboration entre mathématiciens et physiciens.

4. Faire sa place à un dogmatisme intelligent

Nous entendons ici le dogmatisme utilitaire, intelligent :

- Remettre au goût du jour les définitions.
- Apprendre et mémoriser les définitions, les formules.
- Structurer systématiquement les connaissances abordées.

5. Modérer l'introduction du volet expérimental

Nécessité d'un équilibre des différents types d'activités d'enseignement (règle des trois "tiers" déjà évoquée).

Conserver bien entendu les situations expérimentales incontournables permettant la découverte d'un phénomène physique : par la visualisation qui marque les esprits et le côté ludique positif.

Evacuer au contraire l'approche expérimentale systématique qui est un gouffre financier (course au toujours plus...), le discours "gnangnan" sur les TP et le dédoublement, qui n'est qu'un alibi de confort pédagogique factice.

6. Formation des maîtres.

Repenser totalement les objectifs et donc la structure des IUFM.

Recrutement de l'encadrement sur des critères de "Techniques de classe".

Eviter les "pseudo-didacticiens" qui ne connaissent pas les disciplines. Recruter exclusivement des professeurs formateurs

- qui ont un passé pédagogique et une solide expérience de terrain.
- qui croient eux-mêmes aux valeurs énoncées, ont un esprit critique, un sens de l'efficacité et pratiquent le prosélytisme de la rigueur.

II. Intervention d'André Warusfel

Inspecteur général honoraire de mathématiques
Ancien professeur en Classes Spéciales au Lycée Louis-le-Grand
Auteur de nombreux ouvrages sur l'enseignement des Mathématiques

L'enseignement des mathématiques va mal aujourd'hui, même si certains pans du système tiennent encore comme c'est le cas pour les CPGE. Mais pour combien de temps ?

Je vois au moins trois causes à cette dégradation qui date environ d'au moins une quinzaine d'années.

D'abord l'institution, et c'est un de mes très grands regrets, n'a rien fait pour le maintenir à une certaine hauteur. Les diminutions de programmes et, surtout, d'horaires, ont rendu son efficacité trop faible. Sait-on qu'en moyenne un bachelier TS de 2004 a reçu un enseignement mathématique (depuis sa sixième) amputé d'environ une année entière par rapport à celui qu'avait suivi son père ? La réforme des lycées a été funeste sur ce point. Depuis, rien n'est vraiment venu éclaircir l'horizon. Un seul espoir pour le futur, bien mince, serait que l'enseignement privé décide de sa propre initiative d'ajouter des compléments indispensables et, par exemple deux heures en TS, avec obligation de suivre les deux modules de spécialité maths et physique, pour tous ceux qui se destinent à des études scientifiques dans ces deux domaines et celui des sciences de l'ingénieur : sous la poussée des organisations de parents, l'enseignement public serait alors, sans doute, contraint à suivre le mouvement et, par exemple, de revenir sagement à deux terminales scientifiques différenciées.

Le second responsable est, et j'ai peine à le dire, à rechercher dans une démobilitation d'une certaine part du corps enseignant actuel (disons surtout parmi les professeurs aux alentours de la quarantaine). Mon expérience m'a conduit à certaines constatations navrantes : peu d'enthousiasme (sic) à l'idée de bâtir un cours personnel et attitude de suivi docile devant des manuels dont la qualité est très médiocre. Cela se traduit, par exemple, par une grande incompréhension du rôle de ces manuels dans la classe, par un refus caché de donner leur chance à des modifications de programmes parfois intéressantes et, surtout, par une perte grave de compréhension du cœur de notre métier : la démonstration. Ce n'est plus aujourd'hui qu'une "activité" parmi d'autres, dont il ne faut pas abuser, et qui doit être prémachée pour que les élèves n'aient pas à faire d'efforts personnels de compréhension. Est-ce utile de dire que cela a de graves conséquences sur la qualité des devoirs, à la maison ou surtout en classe (les premiers ayant tendance à être très restreints en nombre, et souvent ramenés à une collection de petits exercices, plus jamais à un problème entier) ? Le rôle des IUFM, sous leur forme actuelle, n'ira certainement pas, et c'est un euphémisme, dans le sens opposé.

Enfin une grande responsabilité est à porter au débit des fantasmes de notre société. Tant que les mathématiques auront toujours une image négative, par exemple dans les

puissantes fédérations de parents, il sera difficile de remonter le courant. Pourtant, ce critère, aujourd'hui très pessimiste, pourrait se retourner : les faveurs de la foule sont imprédictibles. Si jamais l'on commence à parler d'une baisse trop importante des savoirs en notre domaine, qui risque de disqualifier nos jeunes par rapport à des élèves d'autres nations moins aveugles que la nôtre, un réflexe chauvin pourrait nous permettre d'agir enfin et d'être entendus du ministère comme des enseignants trop frileux.

Quittant des fonctions d'évaluation qui furent assez cruelles quant à certaines illusions perdues, je regrette vivement de laisser le système dans un état plus mauvais que celui que j'avais trouvé il y a dix ans. Même si la haute qualité de nos jeunes chercheurs permet encore de masquer les graves dysfonctionnements de notre enseignement des mathématiques, il convient d'être très vigilants pour essayer de noter quelques éventuels signes de renaissance, aujourd'hui encore absents de l'horizon."