



Restructurer l'enseignement de la physique, de la chimie et des mathématiques dans la série S (seconde, première et terminale)

Les réformes successives du lycée (2000 et 2010 en seconde) ont considérablement modifié l'enseignement des mathématiques, de la physique et de la chimie dans la filière S du lycée (seconde indifférenciée, première et terminale). Leurs conséquences négatives sont largement reconnues, tant par les sociétés savantes (Société Française de Physique, Société Chimique de France, Société de Mathématiques de France) que par les associations des professeurs enseignant en secondaire et en classes préparatoires (Union des Professeurs de Physique et de Chimie, Union des Professeurs de classes préparatoires scientifiques). Ces conséquences sont confirmées par des enquêtes menées sur le terrain et plus largement par l'effondrement de la France lors de la dernière évaluation internationale des aptitudes en sciences en fin de Terminale^{1,2}. Une récente résolution du Parlement s'en préoccupe ('Sur les sciences et le progrès dans la République' 21/02/2017). Elle rappelle que la science est un vecteur essentiel de l'innovation, dimension centrale de la santé de l'économie et de l'emploi dans les sociétés développées contemporaines.

Les enseignements de la physique et des mathématiques ont été profondément dénaturés, transformant peu à peu la série S en une filière généraliste dotée d'une légère coloration scientifique. Encore que la chimie ait été globalement moins touchée, ce changement se manifeste à plusieurs niveaux : horaires alloués aux disciplines, contenus des programmes, pratiques d'enseignement préconisées. Cette évolution reconnaît sans doute la valeur formatrice de la science en vue de carrières très diverses, mais elle est devenue néfaste pour les métiers de la science et de la technologie.

Les nouveaux bacheliers S arrivent désormais dans l'enseignement supérieur scientifique sans y avoir été véritablement préparés³, alors même que les besoins du pays en scientifiques et ingénieurs ne cessent de croître. Corriger cette situation est à la fois indispensable et urgent. Cela nécessite de repenser la série S et les pratiques d'enseignement de manière à satisfaire les besoins des métiers de la science. Cette réflexion, qui ne pourra économiser une analyse précise de la place de l'informatique, devrait reposer sur une concertation préalable entre les différentes disciplines et, au sein d'une même discipline, entre l'ensemble des acteurs : enseignants exerçant dans le secondaire, en CPGE, dans les différentes filières universitaires mais également formateurs, scientifiques, chercheurs en didactiques et cadres de l'éducation nationale. Cela nécessite également de revoir en profondeur la formation et le développement professionnel des enseignants tout au long de leur carrière.

Constats

- La réforme a induit une augmentation des inégalités

La mise en place de nouvelles pratiques et préconisations (contextualisation, évaluation par compétences, classes inversées, etc.) a comme conséquence l'accroissement des inégalités face au savoir et à l'accessibilité aux études : de nombreux travaux^{4,5} montrent par exemple que la contextualisation et la juxtaposition d'activités peuvent renforcer les malentendus scolaires et rendre peu visibles les savoirs en jeu, s'il s'agit d'élèves qui n'ont pas intégré les codes implicites de l'institution scolaire.

- Les élèves sont leurrés sur ce qu'est l'activité scientifique

Avoir une mauvaise image de la pratique de la science — et cela va bien au-delà des mathématiques, de la physique



et de la chimie — a de grandes répercussions sur les poursuites d'études après le baccalauréat: des désistements massifs et de nombreuses réorientations.

- Une réduction importante des horaires

Le volume horaire global hebdomadaire dévolu à la physique, à la chimie et aux mathématiques a fortement baissé. On peut ainsi observer, en classe de première, en physique et chimie, un passage de 4 h 30 hebdomadaires (2001) à 3 h (2011), laissant seulement 1 h 30 de cours ; en mathématiques, un passage de 5 h hebdomadaires (2001) à 4 h (2011).

- Des programmes manquant d'axes directeurs et trop émiettés

Les programmes manquent de vision d'ensemble et de cohérence. En physique et chimie, l'enseignement est dispersé dans un grand nombre de chapitres abordés de manière superficielle à un rythme frénétique. La cadence imposant un chapitre traité par semaine en première et quasiment autant en terminale, il n'y a plus de temps donné aux élèves pour s'approprier de nouvelles connaissances et méthodes. Ainsi, la mécanique, rapidement abordée en seconde et délaissée en première, est traitée en trois semaines en terminale, sans disposer le plus souvent des concepts mathématiques nécessaires. En chimie, la modélisation de la transformation chimique est moins travaillée. En mathématiques, l'indigence de certains chapitres en limite fortement l'intérêt. Cette absence de perspectives et d'ampleur est sans doute une des raisons de l'ennui⁶ croissant des élèves dans les cours de sciences, pointé par plusieurs études.

- Des contenus préparant peu à l'enseignement supérieur scientifique

Sous couvert de formation du citoyen, certains chapitres restent à un niveau très descriptif et ne contribuent que très peu à la formation scientifique. Ce phénomène se manifeste également à travers la place centrale donnée à la contextualisation, au détriment des concepts et des techniques. En mathématiques, l'enseignement des probabilités et des statistiques se limite ainsi à des exercices artificiels et stéréotypés. En physique et chimie, une contextualisation excessive structure l'ensemble des programmes et son omniprésence jusque dans les sujets de baccalauréat conduit souvent à brouiller les enjeux scientifiques, ou à évaluer des compétences qui n'ont rien de scientifique et qui relèvent davantage de l'étude documentaire.

- Des connaissances insuffisamment structurées et donc éphémères

La lecture des manuels met en évidence une dérive inquiétante. À force de favoriser une approche thématique, certes intéressante mais à mieux doser et ne pas systématiser, on aboutit à des textes dans lequel le déroulement du cours et des concepts qu'il introduit n'est pas clairement identifié, ce qui contribue à une forte volatilité des connaissances. Cette insuffisance de structuration des cours concerne très directement les concepts et la pratique du raisonnement. Tout comme d'autres parties de programme en physique (relativité, mécanique quantique) et en chimie (protection de fonction), le programme de probabilités et de statistiques en mathématiques aboutit à des exercices stéréotypés et de faible intérêt.

- De graves lacunes en matière de calcul

L'utilisation mal gérée des calculettes ou tablettes, menée sans véritable perspective et sans formation, conduit à des lacunes très importantes en calcul aussi bien au niveau des nombres que du calcul algébrique et vectoriel. C'est aussi le cas de la résolution d'équations différentielles, de la maîtrise de la dérivation et de l'intégration ou plus simplement de la manipulation des fonctions logarithme ou exponentielle. Un outil aussi simple que la proportionnalité censé être acquis au collège, et si utile par exemple en chimie, est rarement maîtrisé par les élèves. La forte diminution de la place des nombres complexes dans les programmes de 2010 a été un choix particulièrement malheureux. Les nombres complexes constituent un terrain de rencontre privilégié entre le calcul algébrique, la géométrie et la trigonométrie. En outre, ils trouvent des applications en physique après le



baccalauréat. À l'entrée de l'enseignement supérieur, ces faiblesses se révèlent aussi pénalisantes en physique qu'en chimie et en mathématiques.

- La disparition du lien entre physique, chimie et mathématiques

Le lien très fort entre les mathématiques la physique et la chimie a été quasiment rompu, de manière préjudiciable à chacune des disciplines. Et pourtant, « les mathématiques sont le langage de la physique ». À la grande limitation de l'utilisation des mathématiques dans l'enseignement de la physique répond un affaiblissement très notable de certains chapitres en mathématiques (géométrie et trigonométrie notamment). Les images mentales que tout scientifique élabore et que les mathématiques contribuent à construire jouent un rôle fondamental dans les apprentissages. La quasi-disparition de la géométrie est dommageable, notamment en chimie où, avec l'étude des symétries, elle joue un rôle important dans différentes parties du programme.

- Les failles dans les raisonnements logiques

La précipitation dans laquelle doit être enseigné le programme a aussi pour conséquence la disparition du temps donné pour apprendre à communiquer en utilisant un vocabulaire précis et ciblé, une argumentation structurée, une syntaxe correcte.

Préconisations

- **Il est nécessaire que les programmes identifient clairement un nombre suffisamment limité de thématiques, à traiter avec davantage de profondeur et interagissant entre elles autant que possible⁷.**
- **L'enseignement doit se recentrer sur des objectifs plus spécifiquement scientifiques^{7,8}.**
- **Le rétablissement du lien entre mathématiques, physique et chimie, qui s'éclairent et s'enrichissent mutuellement, devrait être une priorité.**
- **Pour comprendre, apprendre et construire leurs savoirs en articulation avec les activités intellectuelles qu'ils ont menées en classe, les élèves doivent disposer d'un cours identifiant clairement les résultats et les méthodes à connaître et permettant aussi bien des révisions aisées que des mises en perspective.**
- **Il importe de définir des objectifs clairs et raisonnablement ambitieux en matière de techniques de calcul. Le recours à l'exploitation des nouveaux outils numériques, au travail en groupe, tout en permettant les éclairages mutuels entre mathématiques et informatique, aidera à la formation au raisonnement et à l'introduction des notions essentielles de la modélisation.**
- **L'enseignement de la physique, de la chimie, comme celui des mathématiques et de la biologie, voire des sciences de l'ingénieur présente des spécificités dont il faut tenir compte. Ce sont des champs disciplinaires séparés mais présentant des zones de superposition qui doivent être pédagogiquement exploitées.**
- **L'entrée dans une voie scientifique doit se faire sur la base de la maîtrise d'un socle fondamental de connaissances et de compétences spécifiques aux sciences, établi en accord avec les représentants des différentes branches de l'activité scientifique.**



Notes et références

1. L'étude TIMSS, menée dans divers pays sur des élèves en fin d'enseignement secondaire se destinant à des études scientifiques ou technologiques, a concerné la France en 1995 et en 2015. Le score moyen des Français en mathématiques est passé de 570 à 463, les élèves de spécialité mathématiques obtenant en moyenne 514, ceux se destinant à une CPGE scientifique 533,6. donc nettement moins que la moyenne de l'ensemble 20 ans plus tôt. La France enregistre, de loin, la plus forte baisse sur l'ensemble des pays testés. Pour une analyse plus précise, voir « Les performances des élèves de terminale en mathématiques. Évolution sur vingt ans. », Marion Le Cam et Franck Salles, DEPP, Note d'information numéro 15, novembre 2016.
2. Pour la physique, le score des élèves français est passé sur la même période 1995-2015 de 469 en 1995 à 373 en 2015. Voir <http://www.education.gouv.fr/cid110023/les-performances-des-eleves-de-terminale-s-en-physique-evolution-sur-vingt-ans.html>
3. A propos de la licence, Commission Enseignement de la SMF, Gazette des mathématiciens, 146, octobre 201
4. Bonnéry, S. (dir.) (2015) *Supports pédagogiques et inégalités scolaires*. Paris : La Dispute.
5. Terrail, J.-P. (2016) *Pour une école de l'exigence intellectuelle. Changer de paradigme pédagogique*. Paris : La Dispute.
6. Il y a du reste fort à parier que l'accroissement d'un certain désintérêt que ressentent les élèves à faire des mathématiques (relevé dans *Analyse des réponses aux questionnaires sur la réforme du Lycée*, par la Commission Inter-Irem-Université, sous la direction de Pascale Sénéchaud ; APMEP, novembre 2016, http://www.univ-irem.fr/IMG/pdf/bilan-enquete_reforme_lycee-c2iu-nov_2016.pdf) trouve dans les programmes une de ses raisons essentielles. Concernant la physique, le désintérêt touche surtout les élèves ayant une appétence pour les sciences et globalement bien intégrés scolairement : ils attendent qu'on leur apprenne concepts et méthodes. La contextualisation peut avoir un effet de brouillage sur l'ensemble des élèves quand le contexte masque les véritables enjeux du savoir, (ce que certains sociologues désignent par l'expression *malentendus scolaires*).
7. *Propositions pour le futur programme de mathématiques du lycée*, en ligne sur les sites des sociétés signataires, 21 octobre 2016.
8. *Réforme de l'enseignement de la physique au lycée : repenser les fondements de la formation*, Lettre adressée à Mme Najat Vallaud-Belkacem, Ministre de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, par Sylvie Bonnet, présidente de l'Union des professeurs de classes préparatoires scientifiques (UPS), Michel Spiro, président de la Société française de physique (SFP) et Vincent Parbelle, président de l'UdPPC, parue au bulletin de l'UdPPC, Vol. 110 Juillet/Août/Septembre 2016 (<http://www.refletsdelaphysique.fr/articles/refdp/pdf/2016/04/refdp201651p34.pdf>).



Ce texte a bénéficié des suggestions et recueilli le soutien des membres de l'Académie des sciences ci-dessous :

Jean-François Bach, Secrétaire perpétuel honoraire
René Blanchet
Jean-Michel Bony
Sébastien Candel, Président de l'Académie des sciences
Claude Debru
Christian Dumas
Pierre Encrenaz
Gérard Férey
Denis Gratias
Jean-Pierre Kahane
Pierre Léna
Hervé Le Treut
Jacques Livage
René Moreau,
Daniel Rouan
André Sentenac
Alain-Jacques Valleron
Jacques Villain
Eric Westhof

Membres du groupe inter-association (UdPPC-SFP-UPS) à la source de la rédaction de ce texte:

Rémi Barbet-Massin (Professeur CPGE, Lycée Henri IV, UPS, Commission Enseignement SFP)
Patrick Boissé (Université Pierre et Marie Curie, Commission Enseignement SFP)
Guy Bouyrie (Professeur à Talence, Bureau de l'UdPPC)
Yann Brunel (Professeur CPGE, Lycée Henri IV, Comité de l'UPS)
Nicolas Decamp (Université Paris-Diderot)
Denis Dumora (Université de Bordeaux, commission enseignement SFP)
Denis Gratias (CNRS Emerite, Commission Enseignement SFP)
Bernard Julia (LPT, ENS, Commission Enseignement SFP)
Marie-Thérèse Lehoucq, professeur de physique au lycée V. Duruy, Paris
Stéphane Olivier (Professeur CPGE, Lycée Louis-le-Grand, UPS, Bureau de l'UdPPC)
Jérôme Pacaud (Université de Poitiers, Commission Enseignement SFP)
Jacques Vince (Professeur formateur, ESPÉ de Lyon, Lycée Ampère, Bureau de l'UdPPC).

Représentants des mathématiciens de la SMF :

Aviva Szpirglas, professeur émérite, Université de Poitiers
Nicolas Tosel, professeur de mathématiques en classe préparatoire au lycée Louis le Grand, Paris

Représentants de la division enseignement et formation de la Société Chimique de France

Xavier Bataille, professeur de chimie, ENCPB, Paris.
Julien Lalande, professeur de chimie, lycée Henri IV, Paris.