

La physique-chimie dans la filière MP des classes préparatoires

par Jean-Pierre SARMANT et Alain MARUANI¹

INTRODUCTION : EN MP, RIEN DE NOUVEAU ?

Une réforme des Classes Préparatoires aux Grandes Écoles (CPGE) est entrée en application en septembre 1995. Sa principale idée directrice est la diversification des profils de formation et de recrutement des étudiants, concrétisée par la création de filières différenciées. Celles-ci se distinguent aussi bien par leurs programmes que par la mise en œuvre de modes d'approche et de méthodes pédagogiques adaptés aux objectifs de chacune.

Notre regard de spécialistes se porte bien entendu tout d'abord vers les deux filières dont les sigles comportent en premier les lettres P ou C, à savoir Physique et Chimie (PC) et Physique et Sciences de l'Ingénieur (PSI). La première année qui alimente naturellement ces deux filières (amont unique de la filière PC et amont très majoritaire de la filière PSI) est constituée par les classes supérieures Physique, Chimie et Sciences de l'Ingénieur (PCSI) qui, dès après le baccalauréat, offrent un cadre adapté aux étudiants particulièrement motivés par la physique-chimie.

Les classes PC, PSI et PCSI ne sont pas seulement caractérisées par un esprit nouveau mais aussi par des éléments structurels originaux (horaires des travaux pratiques, enseignement de la chimie de première année par des spécialistes). L'introduction de ces classes est, à l'évidence, porteuse de très grands espoirs. Il est donc normal pour toutes ces raisons que l'introduction de ces classes ait fait l'objet d'un grand effort, tant de formation que d'information.

Faut-il en conclure que les autres filières, dont on a beaucoup moins parlé, sont à considérer comme de simples héritières des filières

1. Alain MARUANI et Jean-Pierre SARMANT ont été respectivement président et rapporteur du groupe de travail qui a été chargé de la rédaction des programmes de la filière MP.

précédentes ? En particulier, doit-on conclure que l'enseignement de physique-chimie des classes de Mathématiques et Physique (MP) reconduirait celui des mathématiques spéciales MM' et que celui des classes Mathématiques, Physique et Sciences de l'Ingénieur (MPSI) serait simplement le continuateur de l'ancienne classe de mathématiques supérieures ?

Le but de cet article est d'apporter, en l'argumentant, une réponse très ferme à ces questions : même si la rupture de continuité y est moins sensible que pour les filières PC et PSI, **l'enseignement de la physique-chimie de la filière MP est bel et bien renouvelé, aussi bien dans son contenu que dans son esprit**. Ce renouvellement, rendu nécessaire tant par l'évolution de l'enseignement secondaire que par celui de la science elle-même, a été voulu par la commission. Il est inscrit dans la présentation des programmes, dans leur rédaction et dans leur commentaire. Il risque néanmoins d'échapper à qui se contenterait d'une lecture superficielle.

C'est en particulier dans les parties du programme dont des rubriques conservent un titre non modifié qu'une lecture trop rapide peut conduire à la conclusion erronée qu'il n'y a pas de changements. Il est important de bien noter qu'il y en a bel et bien, qu'ils soient relatifs aux contenus ou à l'esprit du programme. Le texte ci-dessous a pour but d'aider les professeurs à identifier ces changements.

Sans paraphraser les programmes et leurs commentaires qui, seuls, sont réglementaires, nous allons passer en revue les principales rubriques dans lesquelles la commission MP a souhaité introduire des modifications de contenu ou insuffler un esprit nouveau².

PHYSIQUE, SUPÉRIEURE MPSI

Mécanique

– Tout en étant strictement limité à la mécanique newtonienne, le programme engage à mentionner succinctement les *renouveaux conceptuels du XX^e siècle*. Il s'agit d'une invitation d'une part à situer la

-
2. Nous invitons également à lire attentivement la rubrique «objectifs de formation» qui précède les programmes, dans laquelle on trouve notamment des indications relatives à l'emploi de l'ordinateur, ainsi que les préambules des rubriques «travaux pratiques».

théorie qui sera utilisée dans son *contexte historique et culturel*, d'autre part à être au courant de l'existence de critères *d'ordre de grandeur* qui légitiment son utilisation.

– Conformément à l'évolution historique de la mécanique, il est demandé de bien dégager le rôle des grandeurs fondamentales (*quantité de mouvement, moment cinétique, énergie*) en montrant que celles-ci, obéissant à *des lois de conservation universelles*, ont un intérêt qui va bien au-delà de la seule mécanique newtonienne dont elles sont issues.

– L'étude d'un *système de deux particules* n'est pas restreinte au cas du système isolé. Elle doit être l'occasion d'apprendre à *dégager sur un cas simple des idées fortes* (ici, le rôle des forces intérieures, différent en dynamique et en énergétique) dont la validité générale apparaîtra en seconde année.

– Le concept unificateur de *potentiel efficace* est mis en valeur. Il permet la transposition des images mentales acquises dans un cas où l'intuition «parle» (puits de potentiel).

– L'étude des *oscillateurs non-linéaires* qui est proposée est une extension de la partie correspondante du nouveau programme de terminale scientifique. Elle doit rester *purement descriptive* mais il convient d'en montrer l'importance.

Électrocinétique

– Divers composants de *l'électronique* peuvent être utilisés en *travaux pratiques*, mais aucune connaissance à leur sujet n'est exigée. Un cours spécifique sur ceux-ci n'est donc pas conforme aux instructions.

– La *technicité du calcul*, notamment celui de fonctions de transfert *n'est pas l'objectif* de cette partie du programme. En particulier, on invite à déterminer les asymptotes des diagrammes de Bode à partir d'arguments physiques et non par un développement limité succédant à un calcul complet.

Électromagnétisme

– L'étude de *l'électrostatique et de la magnétostatique* n'est plus centrée sur le calcul explicite des champs mais sur l'examen des propriétés globales et locales traduites par leur *topographie*.

– En ce qui concerne en particulier les *symétries*, l'étude dès la première année de la magnétostatique permet de présenter des comportements variés ; elle sollicite, par ailleurs, plus que l'électrostatique, la *perception tridimensionnelle de l'espace*.

Optique

- L'introduction de l'*optique géométrique* est essentiellement *expérimentale*.
- Une rupture avec la tradition mérite d'être tout particulièrement notée : les propriétés des *lentilles minces* n'ont plus à être déduites de l'étude du *dioptre sphérique*, *strictement hors-programme*.

Thermodynamique

- Cette partie du programme a fait l'objet des allègements les plus significatifs. Elle est désormais centrée sur l'*analyse physique* conduisant à des *bilans* d'énergie et d'entropie.
- Les exposés traditionnels fondés sur des comparaisons de dérivées partielles (coefficients calorimétriques...) sont désormais exclus.
- De même, l'*étude des potentiels thermodynamiques* disparaît du programme.

CHIMIE, SUPÉRIEURE MPSI

L'architecture de la matière

- La présentation du *modèle de Bohr*, brève et sans aucune exigence de mémorisation, a un but *culturel* et *historique*.
- Elle débouche sur la nécessité d'un nouveau modèle ; seule est à connaître l'*existence* d'une nouvelle théorie dont on décrit quelques résultats, *il est hors de question d'enseigner des éléments de mécanique quantique*.
- L'utilisation du modèle *VSEPR* est une extension du programme de terminale S.
- Les quelques éléments de *cristallographie* proposés par le programme ne doivent pas dériver vers une étude purement géométrique détachée des réalités expérimentales. Il est souhaitable d'aider la visualisation tridimensionnelle en s'aidant de modèles matérialisés et de logiciels.

Thermodynamique et cinétique des systèmes chimiques

- L'importance de la *chimie des solutions* dans les programmes a été délibérément très réduite.

- L'esprit dans lequel ce sujet est présenté a aussi été profondément renouvelé : l'accent est mis sur les *réactions prépondérantes* dans le cadre d'une *présentation unifiée des échanges de particules*.
- Les *abus formels* auxquels ce sujet a pu donner lieu dans le cadre des anciens programmes sont *exclus* dans la mesure où il est nettement spécifié que *tout calcul de pH en tant que tel est exclu* ; ici comme ailleurs, le programme privilégie résolument la *compréhension et l'analyse des phénomènes* plutôt que les calculs explicites.
- De manière analogue, l'étude de la cinétique ne doit en aucun cas être réduite à la résolution d'équations différentielles. Les difficultés éventuelles des étudiants dans ce domaine peuvent être utilement contournées par l'utilisation, associée à l'expérience, de logiciels de simulation.

PHYSIQUE, SPÉCIALE MP

Mécanique

- La *mécanique du solide* ne fait plus l'objet d'un enseignement autonome : le programme se borne à recenser en les délimitant très précisément les éléments de cette discipline qui peuvent intervenir dans des exercices ou, en tant que partie non prépondérante, dans des problèmes.
- Il ne peut plus être demandé de *calculs de moments d'inertie*.

Électrocinétique

- Les éléments d'électronique théorique des précédents programmes, notamment les études consacrées aux opérateurs et à la rétroaction, disparaissent des programmes.

Électromagnétisme

- L'étude de l'*électrostatique* présente un premier exemple de formulation locale de lois physiques. Comme le confirme une perspective historique, le programme invite en outre à considérer cette discipline comme une *source de modèles mathématiques* transposables à de nombreuses autres situations physiques.
- L'étude des *conducteurs en équilibre* est considérablement réduite ; de nombreux sujets qu'il était classique de traiter dans cette rubrique (théorème de superposition, etc.) sont maintenant exclus du programme.

– Comme dans d'autres parties, le programme invite à prendre conscience des limites des modèles utilisés. C'est ainsi que, bien que la relativité soit en dehors du programme, il convient de signaler les contradictions auxquelles peut conduire l'emploi simultané de l'électromagnétisme de Maxwell et de la mécanique de Newton.

– L'introduction dans le programme du *guide d'ondes à section rectangulaire* est destinée à illustrer l'application des équations de Maxwell à un système matériel simple qui peut faire l'objet de travaux pratiques. Elle donne aussi l'occasion de rencontrer une structure de champ électromagnétique différente d'onde plane se propageant dans l'espace vide et d'illustrer le phénomène de dispersion par un exemple concret.

Optique

– L'ambition théorique de cette rubrique reste inchangée.

– En revanche, le programme introduit explicitement l'étude expérimentale de deux systèmes (*l'interféromètre de Michelson* et le *réseau plan*) tout en restreignant soigneusement le niveau de description exigible à leur sujet.

Thermodynamique

– La phénoménologie des modes de transfert thermique d'énergie : conduction, convection et rayonnements se caractérise par des contenus entièrement nouveaux par rapport aux programmes précédents³.

CHIMIE, SPÉCIALE MP

Thermodynamique

– En raison de la réduction de l'ambition des programmes de la partie thermodynamique des programmes de physique de première année MPSI et notamment de la disparition de l'étude des potentiels thermodynamiques, les expressions qui fondent la chimie des équilibres doivent être comprises et manipulées, mais il n'est pas demandé de

3. Un article sur ce sujet, conçu spécialement pour guider les professeurs de la filière MP, a été rédigé par MM. TAINE et PONCIN, membres de la commission des programmes de la filière MP. Intitulé «*Quelques notions sur les transferts thermiques*», il est paru dans le B.U.P n° 781 de février 1996. Cet article est accompagné d'une bibliographie.

savoir les établir : *l'origine et la signification des grandeurs G , μ , et $\Delta_r G$ doivent être connues, ainsi que leurs expressions respectives dans les cas définis par le programme, mais la démonstration de ces expressions n'est pas exigible.*

Matériaux métalliques

– L'objet de cette dernière rubrique du programme de chimie de la filière MP est d'illustrer sur des sujets d'importance industrielle (*métallurgie, corrosion*) l'application des éléments de chimie générale enseignés depuis la première année, notamment en ce qui concerne la chimie des solutions, la thermochimie et l'électrochimie.

CONCLUSION : TRAITS GÉNÉRAUX ET NOUVEAUTÉS EN MP

Avec leurs particularités et leurs éclairages, les programmes de physique et de chimie MP s'insèrent naturellement dans le dispositif général des filières.

Comme il est naturel dans une filière dont l'intitulé commence par la lettre M, ces programmes ont un caractère conceptuel assez nettement marqué. Ce caractère, voire le langage mathématique qu'il sollicite, n'autorise pas plus des débordements de formalisme qu'il n'implique un désintérêt pour les applications. L'exposé inclura avantagement des indications culturelles, en particulier sur les circonstances et les conditions de la production scientifique.

Voici maintenant quelques éléments fédérateurs de ce programme :

Le *parti pris* pédagogique est soutenu par une double tension : d'une part proposer un substrat robuste de connaissances générales (ou élémentaires), d'autre part produire chez l'étudiant cette frustration légère de connaissance qui le préservera du danger qui hante tout enseignement, l'illusion du savoir.

– En physique, le domaine d'étude est celui des modèles macroscopiques, traité dans un cadre galiléen ; l'articulation microscopique-macroscopique est en dehors du programme.

– En chimie, on se borne à affirmer des résultats issus d'une théorie (la mécanique quantique) que l'on n'enseigne pas ; ceci n'empêche pas de mettre ces affirmations au travail en confrontant leurs conséquences avec les faits expérimentaux.

Une autre tension est le fort ancrage phénoménologique des éléments applicatifs de programme d'une part, l'importance accordée au substrat conceptuel d'autre part. La prise de conscience des limites de modèles est alors un point central de l'esprit du programme. C'est elle qui légitime l'utilisation de ces modèles. Réciproquement l'accent est mis sur des résultats globaux relatifs à un système, indépendamment de toute description fine des mécanismes sous-jacents. Dès lors, on ne craindra pas d'affronter l'existence de «trous» dans l'exposé. L'image de la connaissance produite par ce programme n'est pas toujours simplement connexe ; on y cherchera en vain une constitution du savoir par emboîtement successifs ou une reconstruction hypothético-déductive de la Nature. Ce brassage entre méthodes et entre niveaux d'approche, cet *hétérogène* en un mot, reflète la réalité des disciplines concernées et, peut-être, une situation favorisant l'appropriation du savoir.

Finalement, on retrouve, autant dans ce programme que dans tous les autres, la triple question du pédagogue à son élève : Cela vous a-t-il intéressé ? Avez-vous eu l'impression d'avoir appris quelque chose ? Cela vous a-t-il donné envie d'en savoir plus ?