

Les nouveaux programmes de chimie au lycée

Dominique Davous, Manuel Dumont, Marie-Claude Féore, Laure Fort, Robert Gleize, Marie-Blanche Mauhourat, Thérèse Zobiri, Ludovic Jullien

Summary

New programs of chemistry for High schools in France

In this article, the chemistry syllabus for High schools in France as elaborated in the 1999-2001 reform is set forth. The institutional background as well as the requirements to be met when working out a syllabus are clearly defined. An historical survey throws a light on the teaching of sciences in the 19th century together with the main trends of the 1978 and 1992 reforms. A reflection is carried out on the place of chemistry within the experimental sciences as well as on the links with physics, biology and geology. A quick inventory of the teaching of sciences in France from primary school onwards is drawn up. The main aims (teaching in context, place and role of experimental facts, procedures of learning, contribution of didactic, etc.) and the contents of subjects are elaborated upon. The emphasis is particularly placed on the importance of supporting programs with documents and on the continuous training of the teachers.

Mots-clés

Réforme des programmes au lycée, enseignement de la chimie au lycée.

Key-words

Recent reform of programs in France, chemistry in High schools in France.

Dans un contexte international de désaffection des jeunes pour les études scientifiques et dans une période de profonds changements dans l'enseignement des sciences en France, l'objectif général de cet article est de présenter la dernière réforme des programmes au lycée d'enseignement général (1999-2001) en spécifiant le contexte institutionnel dans lequel s'élabore aujourd'hui une réforme, en la plaçant dans une perspective historique, et en développant les grandes orientations de l'enseignement de la chimie de la seconde à la terminale scientifique du lycée d'enseignement général. La définition des contenus d'un programme scolaire prend un relief tout particulier dans le contexte français, pays de tradition centralisatrice et rationnelle, où les programmes nationaux doivent assurer la cohérence à la fois horizontale (entre disciplines) et verticale (pour une discipline donnée) des enseignements dispensés au cours de la scolarité.

La réforme des programmes du lycée d'enseignement général 1999-2001 : contexte et contraintes

Comment s'élaborent les programmes scolaires ?¹

La définition de ce qu'on doit apprendre à l'école revient à tous, c'est-à-dire à chacun d'entre nous ; elle ne devient *in fine* affaire de spécialistes que lors des étapes « techniques ». C'est le ministre de l'Éducation nationale qui décide de modifier un programme scolaire, qui en dessine le cadre général et en assume les contenus. L'élaboration, la rédaction, la mise en place et l'évaluation d'un programme scolaire impliquent de nombreux acteurs institutionnels : le Conseil national des programmes (CNP), les Groupes d'experts (GEPS), la Direction de l'enseignement scolaire (DESCO), les Corps d'inspection... ; les phases d'élaboration

et de rédaction impliquent essentiellement les deux premiers acteurs.

Il s'écoule environ deux ans entre la commande d'un nouveau programme par le ministre de l'Éducation nationale, et sa mise en place dans les établissements scolaires. Dans un premier temps, le ministre commande une lettre de cadrage auprès du CNP. Cette instance consultative est composée d'une vingtaine de représentants liés au monde éducatif : enseignants des écoles, de collège, de lycée, d'université, inspecteurs généraux... issus des différents champs disciplinaires. Lors de séances plénières, elle mène une réflexion sur des questions tout à la fois d'ordre politique (que faut-il apprendre à l'école ?²), d'ordre pédagogique (à quel stade peut-on ou faut-il introduire un champ nouveau de connaissances ? et avec quel niveau d'exigence ?) et d'ordre disciplinaire (au sein d'un curriculum, quel est le discours spécifique de la chimie et quels en sont les messages communs avec d'autres disciplines ?).

Les lettres de cadrages rédigées de manière collégiale par les membres du CNP (quelques feuillets) sont envoyées aux présidents des GEPS, chargés de la rédaction des programmes scolaires. Ces groupes, constitués de professeurs de lycées, d'inspecteurs et d'universitaires disposent d'environ un an, pour chaque niveau de classe, pour penser et rédiger les programmes ainsi que des documents d'accompagnement et pour animer des journées nationales de formation des formateurs. Il s'agit là d'un travail conséquent (voir dans la bibliographie la rubrique Programmes, documents d'accompagnement, articles et sites) ; lors de la dernière réforme des programmes de chimie du lycée d'enseignement général, le groupe d'experts se sera réuni à raison d'une journée par semaine durant plus de trois ans afin d'évaluer ses productions individuelles ou de sous-groupes. Seize mois avant la mise en place des programmes scolaires, les présidents des GEPS remettent

leurs programmes au CNP qui émet un avis consultatif, transmis au ministre. Le programme peut alors être soumis au vote du Conseil supérieur des lycées (CSL) et du Conseil supérieur de l'éducation (CSE). Le ministre appose finalement sa signature sur le texte des programmes quatorze mois avant leur mise en place. Ils sont alors publiés au *Bulletin Officiel*. Ce délai légal est rendu nécessaire afin de permettre la rédaction de nouveaux manuels scolaires.

CNP et GEPS évoluent dans un monde contraint lorsqu'il s'agit de réformer des programmes scolaires ; ce que nous allons développer en présentant le contexte dans lequel s'élabore une réforme.

Contexte général de la réforme des programmes de physique et chimie

En France, au lycée d'enseignement général, l'enseignement de la chimie est couplé à celui de la physique. Cette tradition culturelle, spécifiquement française³, détermine en partie l'éclairage disciplinaire à la fois du fait de la formation des enseignants, et de celui des exigences de cohérence des discours. Plus de 60 % des enseignants sont plutôt de sensibilité « physique »⁴. Par ailleurs, il s'agit qu'un même médiateur (le professeur de physique-chimie) délivre à la fois des messages à caractère réductionniste (en physique, par exemple par la recherche d'une loi générale d'évolution), et des messages fortement teintés d'empirisme (en chimie, en raison de la diversité des assemblages et des évolutions des systèmes chimiques). Mentionnons enfin dans notre pays l'empreinte du rationalisme qui privilégie la hiérarchisation des connaissances (il existe un ordre d'apprentissage) au détriment d'approches à caractère plus « culturel » telles qu'on peut en rencontrer dans d'autres pays européens.

La définition du cadrage horaire et des modalités d'évaluation terminale (baccalauréat) ne dépend ni du CNP, ni des GEPS ; ces facteurs déterminent cependant considérablement contenus et activités tout comme le contexte matériel (locaux, sécurité, équipements, assistance technique, budget, etc.).

Il faut finalement souligner que les élèves forment un public hétérogène du point de vue de la réceptivité, du niveau et des motivations, en particulier en classe de seconde, et qu'il existe de grandes disparités entre établissements. Cette situation détermine des évolutions méthodologiques qui, au-delà de leur intérêt intrinsèque, sont destinées à impliquer directement les élèves dans leur propre formation (la pratique du questionnement par exemple qui place l'élève en situation d'acteur de son apprentissage).

Contexte spécifique de la réforme 1999-2001

La commande du ministre Claude Allègre insistait sur deux points :

- l'école s'adresse à la majorité des élèves ; l'école n'est pas seulement destinée à assurer la réussite des « meilleurs ».
- Les polémiques autour de programmes « light » qu'ont soulevées ces déclarations sont encore présentes à bien des esprits ;
- les programmes de la classe de seconde indifférenciée, forment l'identité commune des lycéens. Il s'agissait en conséquence de donner une image d'ensemble des disciplines à ce niveau.

La consultation nationale réalisée auprès des élèves et ayant abouti au rapport établi par Philippe Meirieu (1998), faisait par ailleurs apparaître une quête de sens quant à la nature de l'enseignement dispensé au lycée dans sa globalité, réclamant en particulier une meilleure définition des objectifs, ainsi qu'une plus grande articulation des discours disciplinaires entre eux.

Dans le cas des sciences expérimentales, un séminaire tenu à la fondation des Treilles les 6 et 7 février 1999 et impliquant des représentants des différentes disciplines concernées (membres de l'Académie des sciences, du CNP, des GEPS, des sociétés savantes, etc.) a débouché sur de fortes recommandations précisément destinées à donner un sens global à l'enseignement dispensé au lycée. Une attention toute particulière devait être apportée à la cohérence des enseignements, aux messages transdisciplinaires, à la définition de lignes de force facilitant la lecture des programmes à un niveau donné (exemple : l'énergie en première S, l'évolution temporelle en terminale S). Dans ce contexte, en particulier du fait de l'introduction des travaux personnels encadrés (TPE) qui impliquent des enseignants de plusieurs disciplines, il est apparu nécessaire que la compréhension des programmes ne se réduise pas aux seuls spécialistes, mais devienne accessible aux enseignants des disciplines connexes. Enfin, il était demandé de préserver une plage horaire au-delà du symbolique dont l'emploi serait laissé à l'initiative des enseignants.

Un regard historique sur les réformes⁵

Aperçu sur l'enseignement scientifique au XIX^e siècle

L'enseignement secondaire, constitué au début du XIX^e siècle, est dominé par les humanités classiques et marqué, en sciences, par la suprématie des mathématiques. En 1852, la réforme Fortoul établit une bifurcation distinguant dans les lycées classiques deux sections (lettres et sciences) équivalentes par la durée et la sanction des études. Le baccalauréat ès-sciences devient indépendant du baccalauréat ès-lettres. Cette réforme marque une avancée pour l'enseignement des sciences, qui a toutefois une orientation utilitaire. Victor Duruy supprime ce système de la bifurcation en 1864 et crée en 1865, parallèlement à l'enseignement secondaire classique, l'enseignement secondaire spécial. A la fin du XIX^e siècle, l'enseignement secondaire est donc constitué de deux entités.

La réforme, opérée en 1902, unifie l'enseignement secondaire en créant une pluralité de filières, reconnaît aux sciences, et en particulier aux sciences expérimentales, un rôle éducatif et introduit une innovation en instituant des manipulations pour les élèves, ce que Dumas demandait déjà en 1847.

Tout ceci concerne l'enseignement masculin ; l'enseignement secondaire féminin, créé par la loi Sée de 1880, diffère de son homologue masculin jusqu'à l'assimilation initiée par la réforme Bérard en 1924.

La chimie, à l'université, est liée à la physique expérimentale (la physique mathématique relevant des sciences mathématiques). Le projet d'unir mathématiques et physique au sein de l'agrégation des lycées, conformément aux vues de Poisson (1830) qui s'opposait au chimiste Thenard, va avorter ; ainsi physique et chimie vont rester liées dans l'enseignement secondaire.

L'enseignement scientifique au XX^e siècle : les réformes de 1978 et 1992⁶

Au XX^e siècle, en dépit d'oscillations dans les plans d'études secondaires, l'enseignement des sciences physiques ne subit pas de modifications profondes avant le dernier quart du siècle.

La réforme de 1978 : faire passer dans l'enseignement les grandes structures conceptuelles et méthodologiques qui charpentent la physique et la chimie

Dans les années 1970, la commission Lagarrigue⁷ « tente de faire passer dans l'enseignement les grandes structures conceptuelles et méthodologiques qui charpentent les sciences physiques », (Hulin M., 1972). Dès le rapport d'orientation, en 1971, Michel Hulin évoque une collaboration pluridisciplinaire, impliquant historiens et philosophes et pouvant s'avérer « particulièrement fructueuse dans les sections littéraires », (Hulin N., 1996, 1998)⁸. Des programmes allant de la sixième à la terminale sont produits de 1977 à 1979⁹.

Cette réforme est à situer dans le contexte international où, dans les années 1960-70, différents projets sont élaborés : le Harvard Physics Project (HPP), aux États-Unis, avec l'intégration au contenu du cours de physique d'éléments d'histoire et de philosophie des sciences ; le projet lancé au MIT par le Physical Science Study Committee (PSSC) et adapté dans un certain nombre de pays ; le projet de la Fondation Nuffield au Royaume-Uni.

C'est à cette période que des physiciens et des chimistes français¹⁰ « participent à l'effort général de création de la didactique malgré les restrictions qu'impose, dans notre pays, la rigidité des structures scolaires et mêmes universitaires », (Hulin M., 1992).

La réforme de 1992 : formation du citoyen, apprentissage de la sécurité, sauvegarde de la santé et de l'environnement à travers un enseignement thématique¹¹

Certaines des orientations de la réforme de 1978 se retrouvent dans les programmes de 1992, telle celle de *développer chez l'élève les éléments d'une culture scientifique*. Toutefois un glissement apparaît dans les objectifs poursuivis avec, en 1992, celui de préparer les élèves à participer aux « choix politiques, économiques, sociaux, voire éthiques » en leur donnant « un mode d'emploi des sciences et des techniques », c'est-à-dire, comme le suggérait Michel Hulin, leur donner la « capacité à gérer le savoir scientifique ».

Jean-Michel Lefour, président du Groupe technique disciplinaire (GTD)¹² chimie, lors de la réforme de 1992 écrit (Lefour, Meheut, 1994) : « *L'enseignement de la chimie, au collège comme au lycée, doit se donner comme priorité la formation du futur citoyen avant celle du futur chimiste. En effet, la très grande majorité des élèves scolarisés ne deviendront pas des professeurs de la discipline. Il s'agit d'aider le futur citoyen responsable à comprendre le monde chimique dans lequel il vit et de le former au bon usage des produits chimiques qu'il est amené à utiliser dans sa vie quotidienne. Il s'agit aussi de le faire participer aux choix de société dans lesquels la connaissance et l'activité chimiques se trouvent impliquées. Cette éducation civique débouche naturellement sur l'apprentissage de la sécurité, sur la sauvegarde de la santé et sur le respect de l'environnement* ».

L'enseignement thématique constitue une originalité dans les programmes de 1992 : « *Nous avons acquis la conviction*

qu'on ne pouvait se contenter d'enseigner les concepts et les notions fondamentales de la chimie pour eux-mêmes, mais qu'on se devait de les présenter dans leurs contextes historique, économique et culturel en liaison avec leurs applications pratiques et industrielles. Le choix a donc été fait d'articuler chaque programme autour d'un thème », (Lefour, Meheut, 1994). Pour répondre aux objectifs de cette réforme, concernant l'enseignement thématique tout particulièrement, les activités scientifiques de documentation sont introduites dans les programmes et malgré quelques travaux d'initiés (Goffard 1994, 1998), ils pénètrent difficilement dans l'enseignement ; ces activités permettent de traiter des documents dans la perspective de la construction de notions ou de méthodes scientifiques ; ces activités « globalisantes » entraînent l'élève à l'apprentissage de l'autonomie et de la citoyenneté dans une approche qui gagne à être interdisciplinaire.

L'enseignement expérimental

Dès 1847, Dumas demande l'établissement de *manipulations pour les élèves*. Une avancée apparaît en chimie dans l'enseignement spécial de Duruy. Celui-ci explique : « *Dans plusieurs lycées, on a établi [...] des manipulations de chimie en faveur des élèves qui se destinent au commerce, à l'industrie ou à l'agriculture, de manière à réunir pour eux l'apprentissage des applications à l'étude de la théorie [...] Mais je dois appeler votre attention sur ces exercices nouveaux qui mettent aux mains de jeunes élèves les forces parfois redoutables de la nature [...].* »



Laboratoire de chimie de l'Institution Saint-Joseph à Caen dans le Calvados, aux environs de 1920 (d'après une carte postale) (©Musée national de l'Éducation – INRP – Rouen).

La réforme de 1902 introduit de manière systématique ces exercices pratiques à la fois en physique, en chimie et en sciences naturelles. Dans la première moitié du XX^e siècle, on discute du mode de déroulement des séances et on tente d'en fixer les règles. Avec la mise en place en 1978 de la réforme préparée par la Commission Lagarrigue, les travaux pratiques sont profondément rénovés. Et au début des années 1980, à l'épreuve du baccalauréat, structurée en cinq questions, certaines concernent des situations expérimentales analogues à celles rencontrées au lycée. Le rapport de mars 1989 établi par Pierre Bourdieu et François Gros souligne l'intérêt « des épreuves pratiques qui permettent d'évaluer l'inventivité, le sens critique et le « sens pratique »¹³.

L'importance donnée à l'enseignement expérimental¹⁴ au lycée est manifeste depuis les années 1970 où des tentatives

sont faites pour introduire les TP-cours. En 1981, la mise en place des effectifs allégés (TP en demi-classe, une quinzaine d'élèves), souhaitée et réclamée de longue date, devient effective ; l'équipement des laboratoires dans les lycées devient une priorité. La réforme de 1992 privilégie l'entrée expérimentale en vue de l'élaboration des concepts : « *Nous souhaitons privilégier l'enseignement expérimental : ainsi chaque fois que cela a été possible, nous avons choisi de présenter les expériences avant l'introduction des modèles et des concepts* », (Lefour, Meheut, 1994). Par ailleurs, les TP sont développés sur des sujets en lien avec des questions de la vie quotidienne ; cette réforme est très inspirée de l'esprit des Olympiades nationales de la chimie¹⁵, créées en 1986, sous l'impulsion de l'Union des Industries Chimiques. Les Olympiades nationales de la chimie et les programmes de 1992 ont tous deux contribué à une image positive de la chimie auprès des élèves.

Une évaluation des capacités expérimentales en terminale scientifique a été expérimentée, à partir de 1995, dans plusieurs académies à partir d'une banque nationale de sujets. Elle est généralisée à toutes les académies à la rentrée 2000 (voir *annexe B.1*).

Éléments de cadrage des programmes de chimie de la filière scientifique de l'enseignement général lors de la réforme 1999-2001

La chimie des classes scientifiques du lycée

Les contenus traditionnels du programme de chimie au lycée en France peuvent être identifiés à l'aide des mot-clefs suivants : atomes, ions, molécules, état solide, stabilité des édifices, propriétés physiques (solubilité par exemple), réactions d'oxydoréduction, piles et électrolyses, dosages, réactions acido-basiques, cinétique chimique, équilibres chimiques, chimie organique. Dans la pratique, cet enseignement intègre tout autant les activités (les opérations du chimiste), les objets (molécules, ions, etc.) que les concepts de la discipline. Il faut souligner le volume important des travaux pratiques dans l'enseignement de la chimie au lycée en France ; ils sont destinés tout autant à l'apprentissage des gestes de la chimie, qu'à l'introduction expérimentale des contenus étudiés en cours. Cette interprétation du champ est essentiellement commune à l'ensemble des programmes de chimie des pays de la communauté européenne (rapport Mathey, 1989 ; Marêché, 1998). Compte tenu du contexte spécifique à cette réforme, il est apparu néanmoins souhaitable de réexaminer quelques spécificités de la chimie au sein des sciences expérimentales afin d'en apprécier mieux encore convergences et divergences avec les disciplines connexes.

La chimie au sein des sciences expérimentales : quelques pistes de réflexion

Du discours de la chimie

D'un point de vue historique, la chimie s'est définie tout autant par ses activités (gestes, techniques, synthèses, etc.), par ses objets, ses concepts et par ses règles empiriques ; elle aura vu en moins de deux cents ans le passage d'un monde magique à un monde complexe, puis l'entrée dans un monde intelligible. Au cours de son histoire, la chimie s'est constamment distinguée des autres sciences expérimentales par l'importance de son impact économique ; les

relations entre mondes académique et industriel sont constitutives en chimie.

Vis-à-vis de la physique, la chimie se singularise par une unité liée au cadre unique de description de la matière, envisagée comme résultant de l'assemblage de noyaux et d'électrons, et de ses transformations : premier et second principe de la thermodynamique à l'échelle macroscopique : le manifeste ; lois de la mécanique classique ou quantique à l'échelle microscopique : le caché. Quoique ni évidemment perceptible au premier abord, ni immédiatement mobilisable dans la pratique, tant sont innombrables les possibilités d'assemblage et de réarrangement des atomes, cette unité constitue l'un des messages essentiels de la chimie. Il y a là des convergences profondes avec la biologie qui affirme elle-aussi dans ses programmes scolaires tout autant l'unité des constituants et de leurs règles d'assemblage (l'ADN, la cellule, le métabolisme énergétique, etc.), que la diversité de leur expression (le monde vivant).

Au sein des sciences de la matière, il faut enfin souligner l'intérêt de la chimie à dégager des relations structure-propriétés tout autant du point de vue des propriétés physiques, que de celui de la réactivité chimique.

Des passerelles vers les autres sciences au niveau du lycée

En principe, l'enseignement conjoint physique-chimie devrait permettre d'explicitier les convergences entre ces deux disciplines. Dans les faits, il s'agit là d'un objectif qui demeure ambitieux au niveau du lycée. Dans le cadre de cette réforme, les passerelles identifiées ont été : la cohésion de la matière, la mesure, et l'évolution temporelle des systèmes. Le dialogue autour de l'énergie est difficile, la physique privilégiant l'étude des systèmes mécaniques quand la relaxation vers l'état d'équilibre constitue la règle en chimie.

Les relations synergiques entre biologie et chimie sont traditionnellement réduites au niveau du lycée¹⁶. Elles pourraient s'établir autour des molécules du vivant et des aspects connexes, par exemple les interactions non covalentes entre molécules intervenant lors des reconnaissances moléculaires, ou de la catalyse enzymatique. S'il est apparu effectivement souhaitable que les lycéens soient confrontés au plus tôt à des molécules de grande dimension dans le cours de chimie, une telle passerelle a cependant semblé difficile à établir dans le cadre du lycée. Il en a été essentiellement de même en ce qui concerne les réactions de la chimie et celles des métabolismes de la biologie ; le choix des groupes caractéristiques étudiés en chimie organique a cependant partiellement reposé sur de telles considérations. La dernière passerelle envisagée portait sur le discours de l'énergie dont les biologistes tout autant que les chimistes s'accordent à dire qu'il est essentiel mais délicat au lycée. Ce thème a donné lieu à de très nombreuses rencontres et discussions impliquant biologistes, chimistes et physiciens. Quoique cela s'effectue parfois dès la classe de seconde dans d'autres pays européens, l'introduction explicite du second principe de la thermodynamique et de l'énergie libre n'a pas été retenue. Il a en revanche semblé possible de dispenser les messages correspondants à l'aide d'entrées reposant sur la cinétique ; le programme de chimie de terminale S ouvre de nouvelles perspectives dans ce domaine.

On peut enfin mentionner que le développement de l'enseignement des mathématiques discrètes (probabilités, statistique) au lycée d'enseignement général permet d'enrichir les représentations des élèves quant à la description de la réactivité chimique aux échelles macro- et microscopique : les

lois déterministes d'évolution (décroissance radioactive, cinétique chimique) sont parfaitement compatibles avec le caractère aléatoire de la réaction chimique (loi de probabilité qu'un choc entre molécules de réactifs soit efficace).

États des lieux de l'enseignement des sciences en 2002

Les sciences à l'école primaire

L'opération « La main à la pâte »¹⁷, impulsée en 1996 par George Charpak, prix Nobel de physique, Pierre Léna et Yves Quéré, de l'Académie des sciences participe à la rénovation des sciences à l'école primaire ; on peut également noter l'apport des acteurs de l'animation scientifique, qui interviennent dans le cadre scolaire¹⁸.

Le Plan de rénovation des sciences et techniques à l'école primaire (PRESTE) vient d'être élaboré ; de nouveaux programmes sont publiés¹⁹ et tous les élèves de l'enseignement primaire devraient recevoir un enseignement de sciences dans le cadre de grands domaines d'activités et ce, dans chacun des deux cycles : celui des apprentissages fondamentaux (grande section, CP et CE1) dans un enseignement intitulé « Découvrir le monde » et celui des approfondissements (CE2, CM1, CM2) dans l'enseignement intitulé « Sciences expérimentales et technologie ». La notion de champ disciplinaire n'intervient pas à ce niveau.

Une place importante est accordée à la maîtrise des langages ; en effet cet enseignement doit contribuer « au parler, au lire et à l'écrire ». Au niveau scientifique, il vise à une première construction rationnelle de la matière et du vivant par l'observation et l'analyse raisonnée des phénomènes. Il doit donc être centré sur une approche expérimentale, les connaissances étant d'autant mieux assimilées qu'elles sont nées de questions qui se sont posées au cours d'expériences, d'observations et de mesures. Cette démarche d'investigation doit déboucher sur la construction de savoir-faire (« être capable de »), de connaissances (« avoir compris et retenu ») prévus dans les programmes sur les thèmes suivants : la matière, l'énergie, le ciel et la Terre, le monde construit par l'homme.

Les sciences physiques au collège

C'est au collège, en classe de 5^e, que la physique-chimie apparaît en tant que discipline et qu'elle a pour objectif de donner aux élèves quelques éléments de culture scientifique et technique indispensables à la compréhension du monde qui les entoure. Elle contribue à l'enseignement du français par le biais d'analyses documentaires et la rédaction de compte-rendus utilisant un vocabulaire spécifique ; elle met en place, chaque fois que cela est possible, une démarche expérimentale, faisant appréhender ainsi que la science ne se fonde pas uniquement sur les simples observations mais, aussi et surtout, sur l'expérimentation pour chercher à construire des représentations scientifiques. Au collège, cette démarche peut se résumer aux étapes suivantes : observer, se poser des questions, émettre des hypothèses, prévoir et pratiquer des expériences pour les tester, savoir tirer les conclusions de cette procédure.

C'est au collège que l'élève va être initié aux premiers modèles scientifiques sur la constitution de la matière (molécules, atomes, ions, électrons) qui permettent de rendre compte des phénomènes observés. C'est au collège qu'il exprimera quelques lois des sciences expérimentales à l'aide de formules mathématiques reliant des grandeurs physiques.

Les programmes actuellement en vigueur au collège ont été élaborés dans le cadre du « Nouveau contrat pour l'école » (loi de programmation du 13 juillet 1995) instaurant trois cycles : cycle d'adaptation en classe de 6^e, cycle central en classes de 5^e et 4^e, cycle d'orientation en classe de 3^e²⁰ ; ces programmes datent de 1995 et ont été progressivement mis en application entre 1996 et 1999²¹ ; compte tenu des réformes à l'école primaire et au lycée, une commission vient d'être mise en place pour mettre en adéquation les programmes du collège avec l'amont et l'aval.

La volonté de proposer des approches pluridisciplinaires se manifeste par la création des *parcours diversifiés*²² en classe de 5^e, à compter de 1995 et des *travaux croisés* en classe de 4^e. En 2001, ils se transforment et donnent place, dans le cycle central, aux *itinéraires de découverte*²³.

Pour plus de détails, voir en *annexe A.1* les références des programmes officiels, les horaires et un aperçu des contenus des programmes de physique et chimie du collège ; également l'ouvrage rédigé par le CNP : « *Qu'apprend-on au collège ?* »².

La chimie au lycée

Les principaux objectifs

• Un enseignement expérimental

La construction des concepts et des modèles continue de prendre appui sur *l'enseignement expérimental* : « *Ce programme privilégie l'entrée par l'expérience avec une finalité de découverte en vue de la construction d'un concept, soulignant ainsi l'importance de l'activité intellectuelle face à l'expérience* » (BO, 2000, classe de première scientifique, p. 183).



Laboratoire de chimie du lycée Eugène Delacroix, Maisons-Alfort, Val-de-Marne, 2003.

Concernant les programmes de 1999-2001, nous rejoignons l'analyse que Monique Goffard (1994) faisait à propos des programmes de la réforme de 1992 : « *Il est important de distinguer avec les élèves, entre description phénoménologique et description modélisante* ». Dans une première phase, l'élève manipule et l'enseignant suscite un certain nombre de questions ; il s'ensuit une phase de structuration des connaissances qui prend appui sur un ensemble de faits d'expériences ; c'est alors qu'un modèle est introduit ; le modèle étant exposé, il peut être utilisé dans une phase de réinvestissement.

Compte tenu de la part importante accordée à l'enseignement expérimental dans l'enseignement de la

physique et de la chimie en France, il est important d'évaluer les compétences acquises au cours des manipulations. L'évaluation des capacités expérimentales est désormais intégrée à l'épreuve de physique-chimie du baccalauréat scientifique ; les modalités sont spécifiés en *annexe B.1.*

• **Un enseignement contextualisé**

- Favoriser une attitude responsable allant dans le sens d'une réflexion éthique et citoyenne, faire l'apprentissage de la sécurité, de la sauvegarde de la santé et de l'environnement restent des préoccupations fortes dans ces programmes, dès la classe de 2^{nde} : « offrir à chacun, futur scientifique ou pas, une culture de base dans un domaine de la connaissance indispensable à la compréhension du monde qui nous entoure, et ceci à une époque où nous sommes confrontés à des choix de société, notamment en matière d'environnement » (BO, 1999, classe de 2^{nde}, p. 7) ; « le programme se propose de poursuivre l'éducation de l'élève à la sécurité, à l'évaluation des risques, à la sauvegarde de la santé, à la surveillance et à la protection de l'environnement, et donc de contribuer à l'acquisition de comportements responsables » (BO, 2000, classe de 1^{ère} scientifique, p. 184).

- L'entrée par l'histoire des sciences est vivement préconisée dans les programmes de la classe de 2^{nde} : « Définir la culture scientifique uniquement en termes de contenus, quels qu'ils soient, serait évidemment réducteur : l'enseignement scientifique doit montrer comment ces contenus se sont élaborés, quels sont les protocoles expérimentaux et théoriques mis en place par la science au cours de son développement historique pour construire des représentations du monde qui permettent de transformer notre propre environnement avec l'efficacité parfois redoutable que l'on connaît, et en quoi ces protocoles sont spécifiques à la science. Restituer la dimension historique du développement des sciences peut jouer ici un rôle spécifique essentiel », (BO, 1999, classe de 2^{nde}, p. 7) ; en classes de 1^{ère} et terminale les enseignants sont incités à rester attentifs à la dimension historique.

- Mettre l'élève en relation avec le monde qui l'entoure ; une manière de le faire dans ces programmes est de proposer pour support des travaux pratiques ou des activités documentaires un « produit » ou une situation de la vie courante (par exemple, titrage de l'eau de Javel ou « comment déterminer la teneur en hydrogénocarbonate d'une eau de boisson ? ») ; une autre manière consiste à proposer des thèmes, ce qui permet de tenir compte de l'hétérogénéité de la classe, des contextes locaux (proximité d'une usine susceptible d'être visitée ; présence d'une exploitation agricole, etc.) et de décliner, au travers du thème, les différents items du programme (le thème des sucres présenté dans le document d'accompagnement de la classe de 2^{nde} par exemple) : « un enseignement fondamental, représentant environ 80 % du temps consacré aux cours et travaux pratiques et un enseignement thématique (environ 6 semaines d'enseignement) permettant à l'enseignant d'approfondir telle ou telle partie de l'enseignement fondamental en fonction de ses goûts et de la nature de sa classe, sans toutefois introduire de nouvelles compétences exigibles », (BO, 1999, classe de 2^{nde}, p. 8). L'enseignement thématique est également préconisé en classe terminale scientifique, dans l'enseignement de spécialité : « L'enseignant est incité à regrouper ces techniques autour de thèmes directeurs et les élèves qui, au début de leurs études de lycée, ont été confrontés à la question du chimique et du naturel peuvent à travers l'étude

de thèmes tels que l'alimentation, les colorants, l'élaboration d'un polymère, recevoir un nouvel éclairage sur cette question », (BO, 2001, classe terminale scientifique, enseignement de spécialité, p. 8).

• **Un enseignement cohérent qui dessine la discipline**

Ces programmes proposent une approche unifiante de la discipline (déjà présentée précédemment dans « Du discours de la chimie » et développée ci-après dans les contenus disciplinaires), selon des concepts organisateurs (structure et évolution des systèmes chimiques) ainsi qu'une ouverture sur l'interdisciplinarité avec, en particulier la mise en place des travaux personnels encadrés (TPE). Par ailleurs, s'est tenu, en avril 2001 aux Treilles, un séminaire de réflexion interdisciplinaire impliquant des représentants des groupes d'experts de mathématiques, physique, chimie, sciences de la vie et de la Terre, ainsi que plusieurs membres du CNP, en vue d'élaborer des documents dont l'objectif est de favoriser le dialogue entre enseignants de diverses disciplines concernées au lycée. Les groupes d'experts de physique et de mathématiques ont ainsi élaboré un document sur la radioactivité²⁴ ; un document développant les messages de la transformation chimique tant du point de vue de la chimie que de celui des sciences de la vie est en cours de rédaction.

• **Une démarche méthodologique**

- L'apport de la didactique des sciences et des techniques Les programmes de 1999 ont été élaborés sur la base d'une analyse des difficultés des élèves et des obstacles qu'ils rencontrent (GEPS/CNP, BUP, 1999 et 2000 ; Aster, 1994). La prise en compte des représentations des élèves constitue l'un des apports majeurs de la recherche en didactique (Josua, Dupin, 1993 ; Astolfi et al., 1997 ; Giordan, 1998a). La réflexion des didacticiens sur l'éducation scientifique et technologique signale « qu'il s'agit d'un enjeu majeur de la citoyenneté en ce qu'elle interroge le rapport aux savoirs, le partage des connaissances et l'accès de tous à une culture générale de notre temps » (Martinand, 2000).

Le rapport expérimental aux phénomènes pour la structuration des connaissances et l'acquisition de méthodes, plusieurs fois souligné dans cet article, s'inscrit également dans les acquis de la recherche en didactique (Giordan, 1998b). « Les modèles construits par les chimistes ont, pour le moins, des visées explicatives et prédictives des phénomènes [...] ; ils ne peuvent, en situation d'enseignement, être introduits qu'après que des expériences aient suscité des questions de la part des élèves », (Goffard, 1994, p. 132). Toutefois, il importe de rester vigilants face à un risque de dérive dans l'utilisation de ces modèles : « Commencer par des faits expérimentaux avant d'introduire les éléments de structuration, peut aboutir à faire dériver les modèles construits des expériences [...], alors que l'enseignant ne peut interpréter l'expérience que parce qu'il possède déjà le modèle », (id. p. 136).

Les programmes recommandent de solliciter l'activité de l'élève par la pratique du questionnement et la mise en place de situations-problèmes (Fabre, 1999).

L'importance accordée à la notion de modèle, en particulier par le double regard macroscopique-microscopique, entre dans les préoccupations didactiques, sans que soient pour autant dans les programmes de 1999-2001, développées les activités de modélisation en elles-mêmes telles que Jean-Louis Martinand les préconise (2002).

Ces différents aspects interrogent le rôle épistémologique des enseignants dans leur pratique professionnelle. Les acquis des sciences cognitives et, là encore, de la didactique

permettent d'affirmer que le rôle et les fonctions des enseignants dans la construction du savoir par les élèves n'est plus de transmettre les connaissances sous une forme expositive mais d'aider les élèves à en construire à l'occasion des interactions didactiques (Weil-Barais, Dumas-Carré, 1998).

- *Diversifier les approches pour diversifier les compétences à acquérir*

Après avoir réfléchi aux modalités et élaboré des sujets pour l'évaluation des capacités expérimentales, un groupe de travail, constitué de professeurs de lycées, d'inspecteurs généraux et régionaux et d'enseignants-chercheurs à l'INRP, a amorcé une réflexion plus approfondie sur les activités expérimentales en classe²⁵. Un Plan national de formation (PNF) a été organisé sur ce thème et a conduit à la rédaction d'actes ; plusieurs recommandations ont été faites, notamment sur les enjeux de formation lorsque l'on met en place une séance de travaux pratiques : les contenus et les objectifs doivent être clairement définis ; les objectifs et les compétences mises en jeu doivent rester en nombre limité. Pour aider l'enseignant à construire les séances, une grille de suivi des compétences mises en jeu lors des travaux pratiques a été publiée dans les programmes depuis la classe de 2^{nde} (reproduite en *annexe B.2*) ; son utilisation est recommandée pour gérer le suivi des compétences à acquérir par les élèves au cours de l'année en les hiérarchisant et les diversifiant.

A titre d'illustration, il est proposé deux manières d'aborder une séance de travaux pratiques, en l'occurrence, la transformation correspondant à la décomposition thermique de l'hydrogénocarbonate de sodium (en classe de 1^{ère}, série scientifique).

Dans une première approche, il est proposé à l'élève une seule équation pour modéliser la transformation²⁶. L'élève est guidé par un protocole détaillé tant au niveau pratique que dans l'analyse des résultats expérimentaux. L'élève est mis en situation de vérifier une hypothèse annoncée. L'autre approche est une situation-problème expérimentale dans laquelle il est proposé à l'élève trois équations susceptibles de modéliser la même transformation²⁷. L'élève doit déterminer l'équation qui convient ; pour cela, il fait une hypothèse et propose un protocole (en spécifiant le matériel et les produits nécessaires pour le mettre en œuvre) susceptible de valider ou d'infirmer son hypothèse.

Conduisant au même but et amenant l'élève à réaliser les mêmes tâches expérimentales, ces deux approches différentes d'un travail expérimental développent des compétences différentes liées aux manipulations car, la part d'autonomie laissée à l'élève le place différemment vis-à-vis de son apprentissage.

Les contenus disciplinaires

• Les grandes orientations des contenus disciplinaires au lycée

- En classe de 2^{nde}, il s'agit de présenter la matière et ses transformations au niveau macroscopique avec la notion d'espèce chimique caractérisée par ses propriétés physiques et au niveau microscopique, en introduisant la notion d'entité (atome, ion molécule) avec des modèles qui rendent compte de leur structure. Le programme commence par une introduction à la diversité des espèces chimiques et des synthèses : la chimie du monde, le monde de la chimie, au travers de la question : « Chimique ou naturel ? ». C'est en 2^{nde} aussi que sont effectués les premiers bilans de matière en introduisant la mole et l'outil avancement.

- En classe de 1^{ère} scientifique sont présentées les activités du chimiste : analyse et synthèse. Les mesures des quantités de matière et des concentrations sont faites à l'aide de méthodes physiques (dosages par étalonnage) et de méthodes chimiques (titrages). Le suivi de ces dosages utilise la colorimétrie et la conductimétrie ; la conductance est choisie comme grandeur physique en raison de sa proportionnalité avec la concentration (dans un certain domaine de concentrations). Le pH, parce que c'est une grandeur qui ne varie pas linéairement avec la concentration, est introduit ultérieurement en classe terminale.

La chimie créatrice²⁸ prend ses exemples dans le domaine de la chimie organique ; cette partie introduit à la diversité (existence de très nombreuses molécules et création d'autres dans leur contexte économique et industriel). L'objectif est d'apprendre à lire et écrire des formules chimiques, de montrer l'importance du squelette carboné et d'introduire à l'étude de la réactivité, celle des alcools en particulier (la stéréochimie ne fait plus partie de ce programme). Cette partie permet de mettre en place les premières relations structure-propriétés.

Une approche énergétique succincte, en lien avec la physique, a pour objectif de comparer les ordres de grandeurs des interactions dans les édifices chimiques.

- La classe terminale scientifique se centre, pour l'enseignement obligatoire, sur l'étude de l'évolution des systèmes chimiques : évolution temporelle, relaxation vers l'équilibre, prévision du sens d'évolution (quotient de réaction) et contrôle possible de l'évolution ; de nombreux exemples sont pris en chimie organique, dans les grandes synthèses industrielles et dans le monde du vivant. Le fil directeur de ce programme sur l'évolution des systèmes chimiques, se décline autour de quatre questions :

- A – La transformation d'un système chimique est-elle toujours rapide ?
- B – La transformation d'un système chimique est-elle toujours totale ?
- C – Le sens spontané d'évolution d'un système chimique est-il prévisible ? Ce sens peut-il être inversé ?
- D – Comment peut-on contrôler les transformations de la matière ?

L'enseignement de spécialité, essentiellement expérimental, reprend l'ensemble des activités du chimiste déjà rencontrées depuis la 2^{nde} et met en relief les techniques ou procédés utilisés au laboratoire ou dans l'industrie : extraire, identifier, créer et reproduire des espèces chimiques, effectuer des contrôles de qualités, élaborer un « produit » de consommation de la matière première à la formulation. Il donne l'occasion d'approfondir les notions présentées dans l'enseignement obligatoire.

(Voir en annexes : A.2, les horaires ; A.3, les contenus des enseignements de physique et de chimie au lycée ; A.4, le tableau synoptique : la chimie de la 2^{nde} à la terminale ; et dans la bibliographie les références des programmes officiels dans la rubrique : A propos de la réforme 1999-2001.

• Les points marquants du programme

On peut considérer quatre points principaux :

- la mise en place d'un outil d'analyse quantitative et d'une démarche pédagogique pour établir des bilans de matière : l'avancement et le tableau descriptif de l'évolution des systèmes ;
- une approche de l'évolution des systèmes chimiques vers l'équilibre (quotient de réaction), qui ne donne pas des idées fausses et qui n'hypothèque pas l'avenir (GEPS/CNP, BUP, 2002) ;

- une entrée sur la chimie organique (la chimie créatrice), qui ne soit pas basée sur les monographies ;
- des activités qui développent chez les élèves un double regard macroscopique et microscopique.

L'accompagnement des programmes

Pour la réforme de 1999-2001, en physique et en chimie des documents d'accompagnement ont été publiés par le CNDP (production imprimée et production numérique), et ont été distribués à tous les enseignants de lycée ; ils comportent des exemples de progressions, des activités, expérimentales, de documentation ou d'évaluation et des compléments scientifiques pour l'enseignant. Ils ont pour objectif, plus encore que les commentaires qui accompagnent les programmes, d'en expliciter les intentions. Ces documents ont été (ou vont être) mis en ligne sur le serveur Eduscol, site pédagogique du ministère de l'Éducation nationale.

L'information des enseignants s'est faite par la tenue de journées nationales animées par les membres du GEPS à destination des inspecteurs et des formateurs académiques qui, eux-mêmes, ont relayé ces journées au niveau de leur académie.

Par ailleurs, actuellement la DESCO est soucieuse d'établir une liaison enseignement secondaire/enseignement supérieur au travers d'une possibilité de formation permanente actualisée au niveau universitaire grâce à des sites mis en place en partenariat avec les écoles normales supérieures. (Voir dans la bibliographie, la rubrique : A propos de la réforme 1999-2001).

La formation des enseignants se poursuit par leur participation volontaire à des stages de formation continuée proposés dans le cadre des plans académiques de formation ; une lettre de cadrage indique les axes prioritaires dont les nouveaux programmes font partie et des appels d'offres sont lancés dans les établissements d'enseignement supérieur et auprès des formateurs.

Pour finir, soulignons que les innovations introduites dans les programmes et les réformes sont souvent destinées à ne pas être prises en charge par les enseignants... si elles ne sont pas accompagnées d'une formation continuée solide.

Notes et références

¹ *Le Monde de l'éducation*, La réforme qui fait peur, numéro spécial, avril 2000, p. 21-43.

² *Qu'apprend-on au collège ? Cahier d'exigences pour les collégiens*, CNDP et XO éditions, 2002.

³ Lorsqu'il n'est pas assuré par un enseignant spécifique, l'enseignement de la chimie est le plus souvent couplé à celui de biologie dans les lycées de nombreux pays européens (Maréché, 1998).

⁴ Cette sensibilité est directement liée à la formation initiale ; la formation continue des enseignants n'y remédie pas nécessairement.

⁵ La rédaction de cette partie a été faite en étroite collaboration avec Nicole Hulin du Centre Alexandre Koyré que nous remercions vivement. La documentation permettant d'approfondir ces informations est donnée dans la bibliographie, sous la rubrique *Aperçu historique sur deux siècles d'enseignement scientifique*.

⁶ Concernant les contenus de ces programmes, voir les principaux textes des *Bulletins Officiels* en bibliographie, dans la rubrique *A propos des réformes de 1978 et 1992*.

⁷ A la rentrée 1972 commence une phase d'expérimentation avec les programmes de 2^{nde} : un baccalauréat expérimental est organisé en 1975 et la généralisation intervient en 1981.

⁸ En fait de la suggestion initiale, fort générale, d'inclure la dimension historique on est passé très rapidement à son introduction dans les seules classes littéraires où le programme est conçu, avant tout, pour « donner une culture générale, développer la curiosité scientifique des élèves et mettre en relief les méthodes propres aux sciences physiques ». Quant à la nécessité du décloisonnement des disciplines par la constitution d'enseignements interdisciplinaires relevant de l'initiative des enseignants, elle figure dans le cinquième principe du rapport établi par Pierre Bourdieu et François Gros en mars 1989.

⁹ Ces programmes donnent lieu à des aménagements en 1981 puis en 1986 sans qu'il y ait de changements notables dans les contenus.

¹⁰ Le groupe de travail constitué autour de Géory Delacote a une audience internationale ; le réseau ReCoDiC (Recherches Coopératives en Didactique de la Chimie), créée en 1978 par le professeur Gomel de l'université de Poitiers réunit plus de 400 chimistes universitaires. Dans cette mouvance, plusieurs équipes de recherche universitaires sont créées, qui travaillent en collaboration plus ou moins étroite avec des spécialistes des sciences humaines et des sciences de l'éducation. Depuis la création de ces laboratoires, il est fait appel à des chercheurs en didactique des sciences dans la composition des groupes de réforme des programmes (GTD puis GEPS).

¹¹ Ce programme a donné lieu à des allègements, en 1998 pour les classes de 2^{nde}, 1^{ère} et terminale scientifique et à de nouveaux allègements en terminale S en 2001.

¹² En mars 2000, suite à la démission de Claude Allègre, Jack Lang devient ministre de l'Éducation nationale et les GTD changent d'appellation et deviennent GEPS.

¹³ Premier principe du rapport établi par Pierre Bourdieu et François Gros : *Principes pour une réflexion sur les contenus de l'enseignement*.

¹⁴ La France est de tous les pays européens celui qui donne le plus de place à l'enseignement expérimental.

¹⁵ Site des Olympiades nationales de la chimie : <http://www.olympiades-de-chimie.org/>

¹⁶ L'enseignement de sciences de la Terre a subi d'importantes modifications lors de cette réforme. Compte tenu de l'ampleur de la tâche, l'interface chimie-sciences de la Terre est demeurée peu explorée ; elle pourrait cependant constituer un lieu de rencontre particulièrement fécond dans l'avenir.

¹⁷ Adresse du site « La Main à la pâte » : <http://www.inrp.fr/lamp/>

¹⁸ Trois associations d'animation scientifique sont particulièrement présentes dans le cadre scolaire : l'*Association Nationale Sciences et Techniques Jeunesse* (ANSTJ, fondée en 1962), *Graine de Chimiste*, association créée en 1990 par des universitaires à partir d'une expérience muséologique, seule association d'animation scientifique spécialisée en chimie et, à un moindre degré dans le cadre scolaire, *Les petits débrouillards* ; la première antenne française de cette association originaire du Québec a été créée en 1986.

¹⁹ BO HS n° 1 du 14 février 2002.

²⁰ GEPS/CNP, 2000, Actualité Chimique, p. 27.

²¹ Voir les références BO et documents d'accompagnement en annexe A.1.

²² En particulier BO n° 20 du 16 mai 1996.

²³ <http://www.eduscol.education.fr/D0072/> ; également *Les itinéraires de découverte*, 2002, Scérén-CRDP Académie de Versailles (<http://www.ac-versailles.fr>).

²⁴ Disponible sur le site du groupe d'experts.

²⁵ Activités expérimentales des élèves en physique-chimie : *Quels enjeux d'apprentissage ?* CRDP de Basse Normandie, 1999.

²⁶ $2 \text{NaHCO}_3(\text{s}) \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$

²⁷ $\text{NaHCO}_3(\text{s}) \rightarrow \text{NaOH}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g})$ (1)

$2 \text{NaHCO}_3(\text{s}) \rightarrow \text{Na}_2\text{O}(\text{s}) + 2 \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ (2)

$2 \text{NaHCO}_3(\text{s}) \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ (3)

²⁸ Le texte de Jean-Marie Lehn : *Alchimères*, document d'accompagnement de 1^{ère} S (p.49-51) introduit à la diversité.

Bibliographie

Cette bibliographie, en plus de remplir les fonctions habituelles d'une bibliographie, propose au lecteur, sous forme d'une présentation par rubriques, de lui donner accès à des références plus larges que celles strictement citées au fil du texte, en particulier concernant l'aperçu historique sur l'enseignement scientifique.

Aperçu historique sur deux siècles d'enseignement scientifique

Hulin N., Compétence scientifique ou capacité à gérer le savoir scientifique, *Clés à Venir*, 1997, 15, p. 5.

Hulin N., La chimie au sein des disciplines scientifiques. Perspective historique, Actes de la Journée disciplinaire sur l'enseignement de la chimie (Bordeaux, 1^{er} avril 1998) : *Quels savoirs enseigner dans les lycées*, université Paris-Sud ; republié dans le *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 1999, 815, p. 1007.

Hulin N., Enseignement des sciences, *Dictionnaire d'histoire et philosophie des sciences* (Lecourt D. dir.), PUF, 1999, p. 347.

Hulin N., Frontières disciplinaires et organisation des cursus au XIX^e siècle, Études sur l'histoire de l'enseignement des sciences physiques et naturelles (Hulin N. éd.), *Cahiers d'histoire et philosophie des sciences*, ENS Éditions, Lyon, 2001, 49, p. 49.

Hulin N., *Physique et humanités scientifiques – Autour de la réforme de l'enseignement de 1902. Études et documents* (Hulin N. dir.), Presses universitaires du Septentrion, Villeneuve d'Ascq, 2000.

- Hulin N., *Les Femmes et l'enseignement scientifique*, PUF, 2002.
- Hulin N., Décalages entre science enseignée et science savante : la physique en France, *L'histoire des sciences et des techniques* (Rosmorduc J. dir.), CRDP, Rennes, 1997, p. 39.
- Hulin N., Histoire des sciences et enseignement scientifique. Quels rapports ? Un bilan XIX^e et XX^e siècles. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 1996, 768, p. 1201.
- Hulin N., L'enseignement de la physique d'un siècle à l'autre : évolution, permanence et décalages, *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 1998, 808, p. 1597.
- Hulin M., *Le mirage et la nécessité. Pour une redéfinition de la formation scientifique de base*, Presses de l'ENS et Palais de la Découverte, Paris, 1992.

Rapports

- Pierre Bourdieu et François Gros, *Principes pour une réflexion sur les contenus d'enseignement*, 1989 (<http://www.sauv.net/bourdgrs.htm>).
- François Mathey, *Les problèmes de l'enseignement de la chimie dans le secondaire : quelques résultats d'une enquête réalisée en 1989 à la demande de Monsieur Lionel Jospin, ministre de l'Éducation nationale*. Texte dactylographié, 1989.
- Philippe Meirieu, *Quels savoirs enseigner dans les lycées : rapport final du Comité d'organisation*, 1998 (<http://www.ladocumentationfrançaise.fr/brp/notices/984001017.shtml>).

A propos des réformes

• de 1978 :

- 2^{nde} : BO n° 16 du 20 avril 1978.
- 1^{ère} et terminale : BO n° 8 du 22 février 1979.

• de 1992 :

- 2^{nde} et 1^{ère} S : BO HS du 24 septembre 1992.
- Terminale S : BO HS n° 3 du 16 février 1995.

Lefour J.-M., Meheut M., Les nouveaux programmes de chimie du secondaire, *L'Actualité Chimique*, juillet-août 1994, p. 5.

A propos de l'enseignement des sciences à l'étranger

Maréché J., Les épreuves de physique et de chimie, *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 1998, 803, p. 743.

A propos de la didactique des sciences

- Astolfi J.-P., Darot E., Ginsburger-Vogel Y., Toussaint J., *Mots-clés de la didactique des sciences*, De Boeck Université, 1997.
- Fabre M., *Situations-problèmes et savoir scolaire*, PUF, 1999.
- Fensham P.J., De nouveaux guides pour l'alphabétisation scientifique, *La Revue canadienne de l'enseignement des sciences, des mathématiques et des technologies*, avril 2002, p. 137.
- Giordan A., *Apprendre*, Belin, 1998, a.
- Giordan A., *Une didactique des sciences expérimentales*, Belin, 1998, b.
- Goffard M., Des programmes de chimie à leur mise en œuvre, *Didaskalia*, 1994, 3, p. 129.
- Goffard M., *Les activités de documentation en physique et chimie*, Armand Colin, 1998.
- Joshua S., Dupin J.-J., *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*, PUF, 1993.
- Martinand J.-L., Missions de l'éducation scientifique et technique, *Revue internationale d'éducation*, Sèvres, 2000, 25, p. 9.
- Martinand J.-L., Apprendre à modéliser, *Changement conceptuel et apprentissage des sciences – recherches et pratiques* (Toussaint R. dir.), Les éditions logiques, Québec, 2002, p. 47.
- Weil-Barais A., Dumas-Carre A., *Tutelle et médiation dans l'éducation scientifique*, Lang, Bern, Berlin, Frankfurt/M, New-York, Paris, 1998.
- La réaction chimique, *Aster*, 1994, 18.

A propos de la réforme 1999-2001

• Programmes publiés au Bulletin Officiel

- 2^{nde} : BO HS n° 6 du 12 août 1999.
- 1^{ère} S et 1^{ère} L : BO HS n° 7 du 31 août 2000, vol. 5.
- Terminale S : BO HS n° 4 du 30 août 2001 (PC ; Maths) et n° 5 (SVT).

• Documents d'accompagnement physique-chimie

- 2^{nde}, physique, 2000, CNDP 755A0036.
- 2^{nde}, chimie, 2000, CNDP 755A0037.
- 1^{ère} S, physique, 2002, CNDP 755A0133.
- 1^{ère} S, chimie, 2002, CNDP 755A0129.
- Terminale S, enseignement obligatoire et spécialité : à paraître mais disponibles sur le site du groupe d'experts.

• Articles GEPS/CNP chimie

- Davous D., Feore M.-C., Fort L., Leveque T., Mauhourat M.-B., Perchard J.-P., Jullien L., Le nouveau programme de chimie de la classe de seconde : transformation chimique d'un système, le modèle de la réaction chimique, *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 1999, 93, p. 3.
- Davous D., Feore M.-C., Fort L., Gleize R., Leveque T., Mauhourat M.-B., Zobiri T., Jullien L., Le nouveau programme de chimie de la classe de

première scientifique – La mesure en chimie. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 2000, 94, p. 1.

- Davous D., Feore M.-C., Fort L., Gleize R., Leveque T., Mauhourat M.-B., Zobiri T., Jullien L., La chimie au lycée, le nouveau programme de la classe de première scientifique, *L'Actualité Chimique*, 2000, 10, p. 23.
- Davous D., Dumont M., Feore M.-C., Fort L., Gleize R., Mauhourat M.-B., Zobiri T., A propos des nouveaux programmes de chimie en terminale S, *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 2002, 96, p. 21.
- Davous D., Dumont M., Feore M.-C., Fort L., Gleize R., Mauhourat M.-B., Zobiri T., Jullien L., Autour des notions d'évolution et d'équilibre : une analogie hydraulique, *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 2003, 97, p. 1.

Quelques sites pour en savoir plus

- Bulletin officiel : <http://www.education.gouv.fr/bo/>
- Eduscol : <http://www.eduscol.education.fr/>
- (2^{nde}, 1^{ère} S et L, option MPI, terminale S - sauf chimie, voir site groupe d'experts).
- Groupe d'experts (terminale S) : <http://membres.lycos.fr/groupeexperts> ou <http://groupeexperts.dyndns.org>
- CNDP : http://www.cndp.fr/textes_officiels/lycee/phychim/accueil.htm
- ENS-Lyon (1^{ère} L SVT) : <http://www.ens-lyon.fr/Planet-Terre>
- Ressources nationales de chimie, Educnet : <http://www.educnet.education.fr/rnchimie/>
- Association de professeurs :
 - . de physique-chimie de l'enseignement secondaire : Union des physiciens (UDP) : <http://www.cnam.fr/hebergement/udp>
 - . de classes préparatoires aux Grandes écoles : Union des professeurs de spéciales (UPS) : <http://www.prepas.org/accueil.htm>
 - . de sciences et techniques industrielles : Union des professeurs de sciences et techniques industrielles (UPSTI) : <http://www.prepas.org/accueil.htm>
- Sociétés savantes :
 - . SFC (Société Française de Chimie) : <http://www.sfc.fr>
 - . SFP (Société Française de Physique) : <http://www.sfp.in2p3.fr/SFP>



De gauche à droite : Ludovic Jullien est membre du Conseil national des programmes (CNP). Thérèse Zobiri, Manuel Dumont, Dominique Davous*, Laure Fort, Marie-Claude Féore, Robert Gleize et Marie-Blanche Mauhourat sont membres du Groupe d'experts pour les programmes scolaires (GEPS), groupe physique-chimie.

* UPMC-GREDIC, case 67, 4 place Jussieu, 75252 Paris Cedex. Tél. : 01 44 27 30 17. Fax : 01 44 27 25 02. E-mails : ludovic.jullien@ens.fr, therese.zobiri@wanadoo.fr, manuel.dumont@ac-versailles.fr, davous@ccr.jussieu.fr, laure.fort@wanadoo.fr, feore@wanadoo.fr, robert.gleize@wanadoo.fr, mb.mauhourat@ac-versailles.fr

Annexe A.1 - Second degré : premier cycle, le collège.**Bulletins Officiels**6^e : BO n° 48 du 28 décembre 1995.5^e et 4^e : BO n° 5 du 30 janvier 1997.3^e : BO n° 10 HS du 15 octobre 1998.**Documents d'accompagnement des programmes**5^e et 4^e, 1997, CNDP 755 02062.3^e, 1999, CNDP 755 03171.

Physique-Chimie : horaires en physique-chimie et contenus en chimie			
Niveau	Horaire par semaine	Horaire cumulé sur l'année scolaire (environ 36 semaines)	Contenus en chimie
6 ^e : 815 000 élèves*	/	/	/
5 ^e : 780 000 élèves	1,5 h	54 h	L'eau et les solutions : notion de corps pur et de mélange ; modèle particulaire.
4 ^e : 777 000 élèves	1,5 h	54 h	L'air et les combustions ; première approche de la réaction chimique
3 ^e : 705 000 élèves	2 h	72 h	Les matériaux : leurs réactions avec l'air et les solutions acides ; les solutions ioniques
Soit un total de 180 heures d'enseignement de physique-chimie (partagées, en principe, par moitié).			
*Chiffres de l'année 2001-2002.			

Annexe A.2 - Second degré : 2^e cycle, le lycée général et technologique.

Chimie : horaires			
Niveau	Horaire en classe entière par semaine	Horaire de TP par quinzaine	Horaire cumulé sur l'année scolaire (environ 30 semaines)
2^{nde} de détermination 505 000 élèves*	1 h	1,5 h	54 h dont 24 h de TP
1^{ère} scientifique 152 000 élèves	1 h	2 h	60 h dont 30 h de TP
Terminale scientifique <i>Enseignement obligatoire</i> 152 000 élèves	1,25 h	2 h	67 h dont 30 h de TP
Terminale scientifique <i>Enseignement de spécialité</i> 46 000 élèves	/	2 h	30 h de TP
Soit un total de 211 heures d'enseignement de chimie en comptant l'enseignement de spécialité et de 181 heures sans la spécialité ; 54 % du temps est consacré aux TP, avec la spécialité et 47 %, sans la spécialité.			
*Chiffres de l'année 2001-2002.			

Physique : horaires			
Niveau	Horaire en classe entière par semaine	Horaire de TP par quinzaine	Horaire cumulé sur l'année scolaire (environ 30 semaines)
2^{nde} de détermination 505 000 élèves*	1 h	1,5 h	54 h dont 24 h de TP
1^{ère} scientifique 152 000 élèves	1,5 h	2 h	75 h dont 30 h de TP
Terminale scientifique <i>Enseignement obligatoire</i> 152 000 élèves	1,75 h	2 h	82 h dont 30 h de TP
Terminale scientifique <i>Enseignement de spécialité</i> 46 000 élèves	/	2 h	30 h de TP
Soit un total de 241 heures d'enseignement de physique en comptant l'enseignement de spécialité et de 211 heures sans la spécialité ; 47 % du temps est consacré aux TP, avec la spécialité et 40 %, sans la spécialité.			
*Chiffres de l'année 2001-2002.			

Annexe A.3 - Contenus des programmes de physique-chimie au lycée.

2^{nde} : un enseignement fondamental (80 %) et un enseignement thématique	
Chimie	Physique
I. « Chimique ou naturel ? » (4 TP, 8 HCE*)	I. Exploration de l'espace (5 TP, 10 HCE)
1. La chimie du monde : mise en évidence de l'ubiquité des espèces chimiques 2. Le monde de la chimie : approche expérimentale et historique de l'extraction, de la séparation et de l'identification d'espèces chimiques 3. Le monde de la chimie : la synthèse des espèces chimiques au laboratoire et dans l'industrie	1. De l'atome aux galaxies . Présentation de l'univers . Échelle des longueurs . L'année lumière 2. Messages de la lumière : propagation, réfraction, dispersion, spectres
II. Constitution de la matière (4 TP, 8 HCE)	II. L'univers en mouvement et le temps (4 TP, 8 HCE)
1. Des modèles simples de description de l'atome 2. De l'atome aux édifices chimiques 3. La classification périodique des éléments	1. Mouvements et forces dans l'univers 2. Le temps : mesure de durées
III. Transformations de la matière (4 TP, 8 HCE)	III. L'air qui nous entoure (3 TP, 6 HCE)
1. Outils de description d'un système : . De l'échelle microscopique à l'échelle macroscopique : la mole . Concentration molaire des espèces moléculaires en solution 2. Transformation chimique d'un système . Modélisation de la transformation : réaction chimique . Bilan de matière	1. Du macroscopique au microscopique 2. Lien entre agitation thermique et température : équation d'état des gaz parfaits
*HCE : heures classe entière.	

1^{ère} S	
Chimie	Physique
I. La mesure en chimie (8 ou 9 TP, 16 HCE)	I. Les interactions fondamentales (1 TP, 3 HCE)
A. Pourquoi mesurer des quantités de matière ? B. Grandeurs physiques liées aux quantités de matière : masse, volume, pression, concentration C. Comment déterminer des quantités de matière en solution à l'aide d'une mesure physique ? L'exemple de la conductimétrie D. Comment déterminer des quantités de matière en solution à l'aide de la réaction chimique (les titrages) ?	1. Particules élémentaires 2. Interactions fondamentales 3. Interactions et cohésion de la matière à diverses échelles
II. La chimie créatrice (4 ou 5 TP, 11 HCE)	II. Forces, travail et énergie (6 TP, 18 HCE)
A. La chimie organique : de sa naissance à son omniprésence dans le quotidien B. Apprendre à lire une formule chimique : squelettes carbonés et groupes caractéristiques	A. Forces et mouvements B. Travail mécanique et énergie
III. L'énergie au quotidien : la cohésion de la matière et les aspects énergétiques de ses transformations (0,5 TP, 4 HCE)	III. Electrodynamique (5 TP, 15 HCE)
1. La cohésion de la matière 2. Les transformations de la matière : aspects énergétiques et effets thermiques associés 3. Quelques applications au quotidien des effets thermiques	A. Circuit électrique en courant continu B. Magnétisme. Forces électromagnétiques
	IV. Optique (3 TP, 9 HCE)
	1. Conditions de visibilité d'un objet 2. Images formées par les systèmes optiques 3. Un exemple d'appareil optique

Terminale S	
Enseignement obligatoire	
Chimie	Physique
Introduction : les questions qui se posent au chimiste (1 HCE)	Introduction à l'évolution temporelle des systèmes (1 TP)
A. La transformation d'un système chimique est-elle toujours rapide ? (2 TP, 9 HCE) 1. Transformations lentes et rapides 2. Suivi temporel d'une transformation 3. Quelle interprétation donner au niveau microscopique ?	A. Propagation d'une onde ; ondes progressives (2 TP, 9 HCE) 1. Les ondes mécaniques progressives 2. Ondes progressives mécaniques périodiques 3. La lumière, modèle ondulatoire
B. La transformation d'un système chimique est-elle toujours totale ? (4 TP, 9 HCE) 1. Une transformation chimique n'est pas toujours totale et la réaction a lieu dans les deux sens 2. Etat d'équilibre d'un système 3. Transformations associées à des réactions acido-basiques en solution aqueuse	B. Transformations nucléaires (2 TP, 7 HCE) 1. Décroissance radioactive 2. Noyaux, masse, énergie
C. Le sens « spontané » d'évolution d'un système est-il prévisible ? Le sens d'évolution d'un système chimique peut-il être inversé ? (3 TP, 9 HCE) 1. Un système chimique évolue spontanément vers l'état d'équilibre 2. Les piles, dispositifs mettant en jeu des transformations spontanées permettant de récupérer de l'énergie 3. Exemples de transformations forcées	C. Evolution des systèmes électriques (3 TP, 10 HCE) 1. Cas d'un dipôle RC 2. Cas du dipôle RL 3. Oscillations libres dans un circuit RLC série
D. Comment le chimiste contrôle-t-il les transformations de la matière, exemple pris dans les sciences de l'ingénieur et dans les sciences de la vie (4 TP, 7 HCE) 1. Les réactions d'estérification et d'hydrolyse 2. Des exemples de contrôle de l'évolution de système chimiques pris dans l'industrie chimique et dans les sciences de la vie	D. Evolution temporelle des systèmes mécaniques (5 TP, 22 HCE) 1. La mécanique de Newton 2. Etude de cas 3. Systèmes oscillants 4. Aspects énergétiques 5. L'atome et la mécanique de Newton : ouverture au monde quantique
	E. L'évolution temporelle des systèmes et la mesure du temps (2 HCE)

Terminale S	
Enseignement de spécialité	
Chimie	Physique
<i>Le chimiste et le quotidien : mise en relief des activités du chimiste et des techniques ou procédés utilisés au laboratoire ou dans l'industrie.</i>	
A. Extraire ou identifier des espèces chimiques (2 TP)	A. Produire des images, observer (5 TP)
B. Créer et reproduire des espèces chimiques (2 TP)	B. Produire des sons, écouter (5 TP)
C. Effectuer des contrôles de qualité (4 TP)	C. Produire des signaux, communiquer (4 TP)
D. Elaborer un « produit » de consommation : de la matière première à la formulation (3 TP)	

Annexe A.4 - Tableau synoptique : la chimie de la 2^{nde} à la terminale.

	2 ^{nde}	1 ^{ère S}	Terminale S
A propos des transformations			
Espèce chimique	Carte d'identité d'une espèce chimique (formule brute, propriétés physico-chimiques, etc.)		
Acide - base	Acidité et papier pH.	Réactions acido-basiques. Couple acide/base.	Produit ionique de l'eau, constante d'acidité K_A et pK_A . Domaines de prédominance. Indicateur coloré.
Oxydant - réducteur		Réactions d'oxydoréduction. Couple oxydant/réducteur.	Pile : prévision du sens du courant par comparaison de $Q_{r,i}$ et K ou f.é.m. Electrolyse : mise en évidence, sans prévision.
Transformation	État initial, état final. Mise en évidence d'une transformation.	Transformations totales. Suivi d'une transformation à l'aide d'une grandeur physique.	Transformations lentes. Transformations non totales.
Réaction	Processus associé à la transformation. Écriture symbolique : l'équation chimique.	Réactions acido-basiques, d'oxydoréduction, de polymérisation, de substitution, d'élimination, d'addition.	Réactions : estérification, hydrolyse d'un ester, saponification, action d'un anhydride d'acide sur un alcool. Compétition entre réactions au cours d'une transformation.
Avancement x, en mol	Introduction de l'outil avancement, x , dans le tableau d'évolution du système.	Prévision de l'état final à l'aide de l'avancement maximal (disparition du réactif limitant) ; détermination de l'équivalence (disparition des réactifs).	Vitesse volumique de réaction : $v = \frac{1}{V} - \frac{dx}{dt}$ Détermination de $x_{\text{éq}}$ dans l'état d'équilibre à partir de K et des conditions initiales. Taux d'avancement : $\tau = x_{\text{éq}}/x_{\text{max}}$
Évolution des systèmes chimiques	Evolution vers l'état final correspondant à la disparition du réactif limitant.	Titrages. Synthèses organiques.	Vitesse d'évolution. Temps de demi-réaction Évolution vers l'équilibre chimique ; état d'équilibre dynamique ; K ; critère d'évolution ; comparaison de $Q_{r,i}$ et K .
Grandeurs physiques			
Masse, volume, pression, quantité de matière	Solution moléculaire ; solvant ; soluté ; mol ; concentration molaire ; volume molaire.	Solutions ioniques ; concentration molaire apportée en soluté, c ; concentrations molaires effectives des ions dissous.	Concentration molaire des espèces en solution pour un état donné d'un système.
Conductance		Migration des ions. Conductance, G ; conductivité ; conductivité molaire ionique ; relation avec les concentrations molaires effectives des ions. Dosages.	Outil d'accès à la constante d'équilibre (constante d'acidité). Dosages.
Absorbance pH	Papier pH et acidité.		Absorbance, relation de Beer-Lambert. Définition et mesure du pH ; indicateurs colorés.
Au niveau microscopique			
Entité - interactions	Carte d'identité d'un élément chimique. Atomes ; ions monoatomiques ; molécules. Liaison covalente. Géométrie des molécules.	Solides ioniques. Ions solvatés. Courant dans les solutions. Molécules organiques (groupes caractéristiques). Cohésion de la matière : les molécules, assemblages d'atomes et les phases condensées, assemblages de molécules.	Molécules organiques (nouveaux groupes caractéristiques). Cinétique : chocs et chocs efficaces. Etat d'équilibre dynamique d'un système.
Double regard microscopique/macroscopique			
Relation structure-propriétés		Dissolution dans l'eau et solvatation ; mobilité des ions. Relation entre la structure des entités et les propriétés macroscopiques des espèces chimiques (influence de la chaîne carbonée et des groupes caractéristiques).	Propriétés des savons (hydrophile - hydrophobe).

Annexe B.1 - A propos de l'évaluation des capacités expérimentales.

Compte tenu de la part importante accordée à l'enseignement expérimental dans l'enseignement de la physique et de la chimie en France, il est important d'évaluer les compétences acquises au cours des manipulations.

L'évaluation des capacités expérimentales a été généralisée à toutes les académies en 2000-2001¹ : pendant une durée de 45 minutes, l'élève réalisait une manipulation, extraite d'une banque de sujets², sous le contrôle d'un enseignant disposant d'une grille d'observation. La note obtenue (inscrite sur le livret scolaire) portait sur la façon de manipuler, sur les résultats expérimentaux et sur l'exploitation des résultats.

À la session 2003 du baccalauréat, série scientifique, la nouvelle épreuve de physique chimie, notée sur 20, comportera, désormais deux parties : une épreuve pratique d'une durée de 1 heure, notée sur 4 points et une épreuve écrite d'une durée de 3 heures 30, notée sur 16 points³.

Pour l'épreuve écrite, des sujets « zéro » sont publiés sur le site Eduscol. Pour l'épreuve pratique, une liste de compétences à faire acquérir lors des séances expérimentales devrait paraître prochainement ; la banque nationale de sujets, en cours d'élaboration, devrait être mise à disposition des professeurs dans le courant du 2^e trimestre (parmi la centaine de sujets, seule une vingtaine de sujets serviront de support à l'évaluation 2003 ; leur liste devrait être publiée au début du 2^e trimestre).

¹BO n° 13 du 29 mars 2001.

²Pour plus d'informations sur cette évaluation, consulter le site de l'académie de Nancy : www.ac-nancy.metz.fr.

³BO n° 27 du 4 juillet 2002.

Annexe B.2 - Grille de suivi des compétences mises en jeu lors des séances de travaux pratiques.

(BO HS n° 6 du 12 août 1999, p. 9).

Compétences expérimentales	TP 1	TP 2	TP 3	TP 4	TP 5	TP 6	TP 7	TP 8	TP 9
I – COMPÉTENCES LIÉES À L'EXPÉRIMENTATION											
Formuler une hypothèse sur : un événement susceptible de se produire ou de s'être produit, un paramètre pouvant jouer un rôle dans un phénomène. Proposer une expérience : susceptible de valider ou d'infirmer une hypothèse, répondant à un objectif précis. Analyser des résultats expérimentaux, les confronter à des résultats théoriques. Déterminer le domaine de validité d'un modèle.											
II – COMPÉTENCES LIÉES AUX MANIPULATIONS ET AUX MESURES											
Respecter les consignes : protection des personnes et de l'environnement. Agir en suivant un protocole fourni (texte ou schéma). Faire le schéma d'une expérience. Reconnaître, nommer, choisir et utiliser le matériel de laboratoire (verrerie, instruments de mesure, etc.). Exprimer un résultat avec un nombre de chiffres significatifs compatibles avec les conditions de l'expérience. Faire l'étude statistique d'une série de mesures indépendantes en utilisant une calculatrice ou un tableur. Utiliser les technologies de l'information et de la communication.											