

## La commission Lagarrigue ... un bilan

*La Commission d'étude pour l'enseignement de la physique, de la chimie et de la technologie fut créée en novembre 1970 par M. Guichard, Ministre de l'Éducation Nationale, qui en confia la présidence au professeur André Lagarrigue. Elle devait commencer ses travaux en mai 1971. Deux événements devaient profondément affecter l'orientation de la Commission : la mort de son président en janvier 1975 et les incidences du projet de réforme du système éducatif français présenté au printemps de cette même année par M. Haby, successeur de MM. Guichard et Fontanet. En juillet 1975, la Commission était renouvelée par M. Haby, avec de nouvelles tâches, et sa présidence revenait au professeur Omnès. C'est alors qu'elle prit officiellement le nom de Commission Lagarrigue, en hommage à son premier président.*

*Son activité devait prendre fin en septembre 1976. M. Haby jugeant alors qu'elle avait accompli les tâches qu'il lui avait confiées.*

Le présent document, conçu et réalisé par la Commission, est destiné à présenter un premier bilan de ses travaux. Il sera suivi par la publication des principaux textes qu'elle a élaborés.

Il convient de souligner dès l'abord cette existence de deux Commissions successives qui comprenaient essentiellement les mêmes membres mais qui se voyaient confier des tâches distinctes dans un contexte différent. On ne saurait juger équitablement leur activité sans tenir compte de ce hiatus.

### 1. Brève histoire de la Commission Lagarrigue

Les missions initiales de la Commission consistaient à proposer des améliorations sur trois points : l'enseignement de la technologie dans le premier cycle (classes de quatrième et de troisième), les contenus et les méthodes de ceux de physique et de chimie dans le second cycle, la formation des maîtres.

Les missions de la seconde Commission consistaient à proposer les objectifs et les programmes d'un enseignement des sciences physiques allant cette fois de la sixième à la terminale. Cela exigeait un **profond remaniement** : la technologie était **disjointe des sciences physiques**, les cadres de **l'enseignement** (horaires et constitution **des classes**) étaient différents et il fallait **concevoir de** manière entièrement nouvelle un enseignement pour les collèges.

Pendant sa première phase et après avoir élaboré quelques grandes lignes directrices sur lesquelles nous reviendrons plus loin, la Commission décidait d'orienter ses travaux d'une manière très pragmatique. Il ne **suffit pas de concevoir un programme esthétique et logiquement cohérent sur le papier pour en apprécier la valeur pédagogique**. Il convient de le soumettre à l'expérience pour ensuite l'évaluer et le corriger. **Tenant compte des problèmes très distincts qui se posaient dans le premier et le second cycle, on décida de procéder différemment dans chacun de ces cas.**

Dans le second cycle, on procéda à l'élaboration de nouveaux programmes suivie de **leur expérimentation dans des établissements de plus en plus nombreux, de manière à dégager l'intérêt et les difficultés d'un enseignement qui peut ressentir profondément les conditions assez variables des classes**. En pratique, après avoir proposé des programmes pour la classe de seconde, on élaborait ceux des classes suivantes en effectuant en parallèle l'expérimentation des programmes déjà conçus, un va-et-vient se faisant entre la conception et l'expérimentation. De telles révisions étaient d'ailleurs d'autant plus nécessaires que l'on **pouvait parfois** compter, en 1973-1974, **plusieurs nouvelles propositions d'horaires par quinzaine de la part du Ministère**. Au total, l'expérimentation a porté en quatre

ans sur plusieurs centaines de classes, littéraires ou scientifiques, de la seconde à la terminale.

Dans le premier cycle où l'enseignement des sciences physiques et son harmonisation avec la technologie posaient des questions souvent nouvelles, la Commission décida de reprendre davantage le problème à la base. Pour cela, elle créa un laboratoire de pédagogie des sciences physiques, baptisé groupe permanent de la Commission. Ce groupe procéda, en contact étroit avec la Commission, à un travail de conception et d'expérimentation qui sera décrit plus loin et qui finit par atteindre trente à quarante mille élèves.

Dans son constant souci de faire face aux questions concrètes, la Commission présenta, en janvier 1973, un rapport à M. Fontanet, alors Ministre. Ce rapport précisait les idées de la Commission quant à l'orientation de la réforme et recensait les moyens nécessaires à sa mise en place : formation complémentaire des professeurs tenant compte en particulier des décharges de service nécessaires, coût du matériel ; mise en place de centres académiques de recherche et de documentation. Aucune réaction officielle concernant ce rapport ne fut donnée à la Commission et l'on peut croire que l'intérêt que l'on portait en haut lieu à ses travaux fut ébranlé par cette évaluation réaliste.

Lors de sa deuxième phase, et dans le temps dont elle disposait, la Commission n'a pu que proposer de nouveaux programmes dans les cadres d'horaires et d'organisation de la réforme envisagée par M. Haby.

Dans le second cycle, il n'a pas été facile d'adapter aux nouvelles structures les propositions déjà faites et déjà expérimentées : des sacrifices ont dû être faits dont le plus notable fut de renoncer aux programmes destinés aux classes littéraires, malgré le succès incontestable qu'ils avaient rencontré.

Dans le premier cycle, la tâche était encore plus délicate pour bien des raisons ; mise en place imminente de la réforme, manque de professeurs préparés à cet enseignement,

insuffisance des moyens matériels et des locaux, conception d'un nouvel enseignement allant cette fois de la sixième à la troisième, disjonction de la technologie.

La Commission bénéficia d'un apport nouveau en s'adjoignant une équipe de recherches, celle de l'enseignement scientifique expérimental (E.S.E.) issue de l'Académie de Grenoble. Au cours de l'année 1975-1976, l'expérimentation dans ces classes a été menée de pair par l'E.S.E. et le groupe permanent.

Des programmes pour le premier cycle ont

été proposés, s'inspirant des expériences réalisées.

Les programmes qui seront adoptés finalement par les Conseils compétents seront, selon la volonté du Ministre, rédigés et présentés par l'Inspection Générale. Il ne fait pas de doute qu'ils s'inspireront fortement des projets de la Commission mais on ne saurait les identifier, au moins avant qu'ils ne soient arrêtés.

Avant de clore ce bref rappel du déroulement des faits, il convient de préciser la composition de la Commission. Elle compre-

nait des membres de l'enseignement secondaire de toutes les catégories, des membres de l'enseignement supérieur, de l'Inspection Générale et des conseillers aux compétences variées (représentants des disciplines voisines et du monde extérieur à l'enseignement). Elle a été un creuset fécond où les points de vue ont pu se confronter et se rapprocher. D'un avis unanime, ce rapprochement s'est fait dans l'harmonie et la coopération et l'on ne peut que regretter de voir disparaître avec la Commission un lieu de rencontre irremplaçable.

## 2. Quelques idées essentielles

Il ressort des réflexions de la Commission un certain nombre d'idées essentielles que nous voudrions à présent dégager.

En ce qui concerne le premier cycle, on peut les résumer en quelques points :

a. L'enseignement du premier cycle doit viser avant tout au développement personnel de l'enfant et tenir le plus grand compte de sa condition et de ses besoins. Il faut s'appuyer sur les apports positifs récents de la psychologie et la psychopédagogie, quitte à dûment les contrôler et les évaluer. En particulier, il convient de laisser à l'enfant une marge d'initiative importante et de prendre en compte ses questions.

C'est en fonction de cet objectif essentiel qu'il convient d'enseigner très tôt les sciences physiques car on sait maintenant qu'elles aident puissamment l'enfant dans son processus de maturation et la compréhension du monde où il vit. Cela suppose que la discipline « sciences physiques » ne soit pas envisagée pour elle-même ou pour son rôle futur dans les classes supérieures mais qu'elle soit un moyen pour comprendre et se développer.

Ceci étant admis, il convient de considérer les sciences physiques, non pas en elles-mêmes, mais dans ce qu'elles apportent. C'est l'objet des points suivants :

b. En premier lieu, elles sont une occasion de manipuler, de lier le travail sur les objets et la réflexion. Elles apprennent à observer pour poser une question et à y répondre par l'expérience.

On sait à présent que ce mode de pensée, complémentaire du mode purement verbal, est essentiel à la structuration mentale complète de l'enfant. On cherchera donc dans l'environnement naturel et technique des situations expérimentales concrètes sur

lesquelles seront centrées les études des élèves.

c. En effet, les sciences physiques ont un lien privilégié avec les objets techniques du monde moderne. Il faudra donc le plus souvent partir de ces objets pour aller à une question de nature scientifique, et revenir à eux afin d'expliquer leur fonctionnement et d'acquérir un savoir-faire de base dans leur maniement. (L'exemple-type est celui de l'électricité domestique.) Cet enseignement est inséparable de la fabrication et de la description et il doit donc être en contact étroit avec celui des activités manuelles et techniques.

d. Les sciences physiques sont aussi, comme on l'a trop souvent oublié, une science de la nature (qu'il nous suffise de citer, parmi des exemples sans nombre, la lumière et les astres). Il conviendra d'équilibrer les aspects techniques par un recours aux observations faites dans la nature et, lorsque cela est possible, d'en donner des explications.

e. De ce qui précède résulte une attitude scientifique vis-à-vis de l'environnement naturel et technique. Celle-ci doit déboucher vers un niveau d'explication plus élaboré, plus synthétique qui est le propre de la science.

L'acquisition conceptuelle devra être progressive. En classes de sixième et cinquième, on partira des données des sens et d'observations immédiates, le niveau d'abstraction restant très élémentaire. En quatrième et en troisième apparaîtront des modèles explicatifs non mathématiques (modèle de l'atome) et des concepts plus généraux (énergie).

f. Les programmes ne devront pas être fixés seulement en termes de connaissances à

acquérir, mais ils devront aussi préciser les objectifs et le savoir-faire recherchés. Des propositions d'unités d'enseignement centrées sur une situation expérimentale concrète, seront faites aux enseignants.

Dans le second cycle, les propositions faites vont dans le même sens, ce qui nous permettra d'être plus brefs.

a. L'enseignement du second cycle doit constituer un ensemble cohérent à son niveau et ne pas être orienté vers les seuls besoins de futurs physiciens ou chimistes.

b. Le rôle et le choix des expériences seront essentiels. En continuité avec le premier cycle, l'explication des objets techniques et de l'environnement naturel continuera d'être donnée. Cependant, la formulation mathématique des lois physiques jouera dans ce cycle un rôle important mais non excessif. En effet, il conviendra d'équilibrer le raisonnement mathématique par une analyse attentive des situations réelles.

c. Le contrôle des connaissances, en particulier les examens, devra permettre de vérifier la compréhension physique des phénomènes. Il ne devra en aucun cas se réduire à des exercices de mathématiques.

d. Il ne faudra pas craindre de laisser une part raisonnable à la vulgarisation de certains sujets importants dont l'étude rigoureuse est inaccessible à ce niveau.

Ces idées simples, jointes à d'autres moins essentielles que nous ne pouvons détailler ici, ont guidé la rédaction des projets de programmes proposés au Ministère. Cependant, la nécessité de les insérer dans des cadres établis quoique changeants a parfois conduit à des solutions inévitables de compromis.

## 3. Bilan de l'activité de la Commission Lagarrigue pendant 5 ans

Il s'impose ici de distinguer le travail relatif au premier cycle et celui correspondant au second cycle qui se sont organisés suivant des modalités très sensiblement différentes.

### A. Premier cycle

A l'époque où la Commission a été créée, les problèmes posés par l'enseignement de la technologie (mis sur pied en 1969 pour les classes de 4<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup>) avaient incité le Ministère à charger la Commission d'une mission bien précise dans ce domaine : transformer l'enseignement existant de technologie en une initiation aux sciences et techniques. Toutefois, aucune contrainte de calendrier n'était fixée. D'autre part, et

malgré les vœux maintes fois renouvelés de la Commission qui aurait préféré une réflexion sur l'ensemble du premier cycle, les directives ministérielles excluaient, en 1972, l'extension à échéance prévisible de l'enseignement des sciences physiques au niveau des classes de 6<sup>e</sup> et 5<sup>e</sup>.

Ainsi s'explique l'orientation adoptée par le groupe de travail permanent premier cycle, constitué en même temps que la Commission.

#### a. Le groupe de travail permanent

Il comprenait au départ 6 enseignants venant des universités et des lycées. Il est devenu depuis sa création un laboratoire de recherche sur l'enseignement des sciences physiques, commun à plusieurs universités,

associé au C.N.R.S. et soutenu par la D.G.R.S.T. Vingt personnes environ y travaillent depuis 1973. Ce groupe comprend un nombre paritaire de chercheurs de l'enseignement supérieur et de l'enseignement secondaire. A des physiciens venant de l'enseignement supérieur et du C.N.R.S., des lycées, C.E.S. et Centre de Formation de professeurs de C.E.G. ou C.E.T., se sont joints des universitaires spécialistes de psychologie. Le groupe était totalement dépendant, pour son infrastructure en personnel technique, du financement contractuel du Ministère de l'Éducation. L'attribution de décharges de service pour les professeurs du secondaire dépendait aussi de ce Ministère.

Le groupe s'est vu attribuer en 1972, par la Commission, deux missions bien précises :

- la première concernant l'information sur tous les problèmes touchant à l'enseignement des sciences physiques ou techniques tant en France qu'à l'étranger,
- la seconde concernant la conception puis l'expérimentation de thèmes d'initiation scientifique dans les classes de 4<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup>.

Cette expérimentation s'est faite sous forme de modules. Chaque module correspond approximativement à un enseignement de 30 heures; il propose une liste d'objectifs éducatifs, du matériel approprié (sélectionné ou conçu par le groupe), un ou plusieurs exemples de progression pédagogique et des modes de contrôles et d'observation des élèves (l'ensemble est regroupé dans des documents dont certains sont utilisés par les maîtres, d'autres par les élèves). Chaque module s'articule autour d'un thème central essayant de respecter un équilibre entre aspects techniques et scientifiques.

8 modules ont été expérimentés en 4<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> (astronomie, électronique, initiation à la chimie, automatismes, polymères et plastiques, photographie, techniques de fabrication, énergie) pendant au moins 4 ans avec, en phase finale, une trentaine de professeurs et 1 000 à 1 500 élèves par an dans 15 villes de France (sans compter des expérimentations à l'étranger). Cette expérimentation a été organisée en liaison avec les universités locales, les C.R.D.P. et les autorités administratives et pédagogiques. Le groupe et ses associés ont été appelés à faire de très nombreuses présentations de ces modules à tous publics (enseignants, chercheurs scientifiques, parents d'élèves, etc...) tant en France qu'à l'étranger.

Une amélioration progressive de l'ensemble du module a été rendue possible par des stages de professeurs expérimentateurs, des compte rendus de déroulement, des observations directes, ce qui a souvent conduit à une refonte complète des documents.

Les animateurs du groupe ont pu constater que 4 ou 5 ans sont indispensables pour la définition des objectifs, la préparation du matériel et des documents nécessaires aux maîtres et aux élèves et pour le contrôle de l'expérimentation et son évolution. Ce rythme de travail est cohérent avec celui qu'on a pu observer lors d'expériences analogues à l'étranger.

Or, ce n'est qu'en fin d'année 1975 que le groupe a été officiellement chargé de s'intéresser aux niveaux de 6<sup>e</sup> et 5<sup>e</sup>. Il a conçu 9 « unités » s'articulant, comme les modules, autour d'un thème central, mais correspondant seulement à une dizaine d'heures d'enseignement, unités expérimentées à petite échelle : circuits électriques, unités de chimie, matériaux et forces, météorologie, astronomie, technologie de l'habitat, lumière, moteurs électriques.

Il restait encore, pour le groupe, un travail considérable à effectuer dans le cadre de la Commission pour le niveau 6<sup>e</sup>-5<sup>e</sup>. On ne saurait toutefois lui faire porter la responsabilité de ce retard.

L'expérience de l'E.S.E. de Grenoble apporte dans ce domaine des renseignements précieux.

### b. L'expérience de Grenoble : l'enseignement scientifique expérimental (E.S.E.)

Les enseignants de l'Académie de Grenoble ont pris conscience dès 1970 du besoin d'introduire un enseignement de sciences physiques en 6<sup>e</sup> et aussi de la nécessité de coordonner étroitement cet enseignement avec celui des mathématiques, de la biologie et des travaux manuels éducatifs.

Utilisant cette motivation des enseignants, l'Université de Grenoble a lancé, en 1973, avec les moyens financiers de son I.R.E.M. et l'accord de son recteur, une expérimentation dans une dizaine d'établissements, expérimentation qui s'est peu à peu élargie à d'autres villes ou centres (Rennes, Ay, Ferney-Voltaire, C.E.S. expérimentaux). La Commission Lagarrigue a reconnu et soutenu cette expérimentation pour ce qui est des sciences physiques; par ailleurs, elle a laissé l'initiative aux enseignants dans les thèmes à expérimenter. Il en résulte une grande diversité de thèmes dont on peut prendre connaissance dans un ouvrage publié récemment. Selon les animateurs de l'expérience E.S.E., il s'agit plus d'une innovation pédagogique que d'une expérimentation. L'expérience E.S.E. s'arrêtera du fait de la disparition du soutien de la Commission.

### c. Le groupe chargé de l'élaboration des programmes

Mis en place en décembre 1975, après que furent définies les nouvelles missions de la Commission, ce groupe était constitué de divers membres représentatifs de la Commission, de professeurs expérimentateurs et de collègues de disciplines voisines (biologie, activités manuelles et techniques, mathématiques, activités d'éveil...). Il a fondé ses propositions de finalités et d'objectifs sur les résultats des diverses expériences qui s'étaient déroulées en France et parfois à l'étranger. Il a remis, en avril 1976, au Ministère, conformément au calendrier imposé, un document d'orientation pour des programmes de sciences physiques dans le premier cycle.

### B. Second cycle

Au sein de la Commission se sont créés, dès la rentrée 1971, deux groupes de travail, l'un pour la physique, l'autre pour la chimie. Ces groupes ont élaboré des avant-projets de programmes pour les trois classes du second cycle : ceux de Seconde étaient prêts pour la rentrée 1972, ceux de Terminale pour la rentrée 1974, accompagnés, dans tous les cas, des commentaires nécessaires, ceci dans le cadre des grilles horaires de la réforme Fontanet.

*Innovation essentielle* : ces avant-projets ont fait l'objet d'une expérimentation en deux phases, d'abord dans une demi-douzaine d'établissements de Paris et du Nord (démarrage en seconde en 1972-1973), puis dans 14 établissements de l'Académie de Grenoble (depuis 1973-1974). Au total, environ 100 professeurs et 2 500 élèves ont été associés à cette opération. Des épreuves spéciales du baccalauréat ont, naturellement, été organisées l'an dernier et le seront de nouveau cette année. Cette expérimentation a apporté des informations extrêmement utiles. Mais elle n'a, toutefois, pas fait l'objet d'une évaluation systématique, et la diffusion des observations effectuées n'a guère débordé

le cadre des groupes de Physique et Chimie, en tout cas, celui de la Commission,

Depuis le début de 1976, les deux groupes ont dû reprendre les avant-projets pour que, après redécoupage, ils puissent cadrer avec les contraintes nouvelles imposées par la présente réforme (existence de tronc commun, d'options, nouveaux horaires). Après approbation par la Commission, les projets de programme de seconde ont pu être transmis aux autorités compétentes en mai 1976. Des avant-projets de programmes de 1<sup>re</sup> et l'ébauche des programmes de terminale ont été adoptés par la Commission et transmis à la Direction des Lycées.

La lenteur relative de cette progression s'explique par les conditions à la fois astreignantes et fluctuantes qui ont été imposées à notre travail. Durant une certaine période, devant des changements très fréquents de grille horaire, nous avons dû sans cesse procéder à de nouveaux découpages des programmes, ne trouvant pas le temps d'une réflexion préalable d'ensemble sur les contenus, les méthodes et les objectifs de notre enseignement à ce niveau.

Pour le second cycle en effet, par opposition au premier cycle, des contraintes impératives de calendrier ont été données dès les débuts de la Commission : des propositions de programme pour la Seconde devaient être fournies dès Pâques 1972. Ainsi, le travail de rénovation de l'Enseignement des Sciences Physiques, qui aurait dû porter avant tout sur la rénovation pédagogique, la didactique, la docimologie, est devenu une véritable « course aux programmes ».

L'exemple des programmes des classes littéraires illustre bien les contraintes que nous ont imposé les projets de réforme successifs. Dès 1972, conformément aux directives du Ministre, une réflexion sérieuse s'était amorcée au sein de la Commission pour élaborer un programme scientifique pour les classes littéraires au niveau de 1<sup>re</sup> et Terminale. Le programme, loin d'être (comme il l'est actuellement) un découpage arbitraire de celui des classes scientifiques, avait son originalité propre et l'ambition d'amener les élèves à s'intéresser à leur environnement naturel et technique en le démystifiant. Il présentait, à côté d'un programme léger de connaissances fondamentales, une série de thèmes d'étude laissant une grande liberté pédagogique aux professeurs et une certaine liberté de choix aux élèves. Or, la nouvelle structure de la classe de Terminale aura pour conséquence un arrêt de l'enseignement des sciences physiques en fin de 1<sup>re</sup> pour la grande majorité des élèves à vocation littéraire. Les projets élaborés alors, et qui avaient rencontré une grande audience, n'ont donc plus d'objet.

Il est évident que le projet de réforme du système éducatif a profondément remis en cause une grande partie du travail de la Commission et que la structure des programmes élaborés depuis 1972 a dû subir de profonds changements. Néanmoins, et malgré toutes les contraintes de calendrier, une réflexion approfondie a pu être menée sur les méthodes d'enseignement de la chimie, de la mécanique, des phénomènes énergétiques, de l'électromagnétisme et de la physique atomique, réflexion qui ne manquera pas d'améliorer la qualité de l'enseignement dispensé dans le second cycle, quels que soient les programmes imposés par le Ministère.

#### 4. Ce qu'il restait à faire

Nous voudrions maintenant présenter un certain nombre de questions ou de tâches restant à faire qui sont apparues grâce aux réflexions de la Commission et qui n'ont pu être résolues ou menées à bien.

##### 1. La rédaction de programmes et de commentaires ne suffit pas

L'évolution très rapide des sciences physiques se traduit non seulement par un renouvellement des connaissances (en particulier de celles qui ont trait à leur champ sans cesse croissant d'applications), mais aussi par une évolution profonde des modes de pensée et des méthodes d'investigation qu'elles emploient. Elle impose une transformation de leur enseignement.

*Pour incomplète et imparfaite qu'elle ait été, l'expérimentation a été l'occasion de mettre à l'épreuve un certain nombre de méthodes nouvelles d'enseignement, en même temps que les programmes eux-mêmes. Toutefois, bien qu'elle ait rédigé ses propositions de programmes de manière à ce qu'on puisse s'appuyer sur l'expérimentation, la Commission a eu le souci constant de permettre une mise en application prudente de la réforme, de laisser une certaine liberté pédagogique aux professeurs et, enfin, de permettre une recherche et une évolution permanentes. Cette non-directivité était nécessaire, et elle a été voulue. Il en résulte, en contrepartie, que les programmes (et même les commentaires) ne traduisent que de manière très imparfaite les intentions de la Commission.*

S'ils ne disposent que des programmes et commentaires, les professeurs et les auteurs de manuels risquent de n'y voir, par comparaison avec les programmes actuels, qu'un ordre arbitrairement bouleversé et quelques retraités et ajouts qu'ils jugeront également arbitraires. Ils percevront mal les raisons de ces modifications, ne concevront pas les intentions qui les sous-tendent et risqueront fort de retomber dans la routine initiale.

##### 2. La rédaction d'un livre du maître était indispensable

Parfaitement conscients de ces problèmes, les membres de la Commission avaient formé le projet d'un recueil de documents exposant les travaux de la Commission, la raison d'être de ses orientations pédagogiques et les diverses démarches qui, en respectant celles-ci, permettent l'introduction des notions fondamentales; pour certains points particulièrement délicats, des exposés très détaillés auraient été nécessaires.

Des expériences de cours et de travaux pratiques, des matériels didactiques et audiovisuels auraient été décrits, une bibliographie établie.

La dissolution de la Commission a mis fin à ce projet, et l'on peut craindre de voir se perdre ainsi les résultats les plus importants d'un long travail.

##### 3. Un effort d'information des professeurs était absolument indispensable

La Commission a demandé que les professeurs de physique dans leur ensemble, soient associés au travail de la Commission. Malheureusement, faute de moyens adé-

quats, en réalité la majorité d'entre eux a été, le plus souvent laissée en dehors.

Sans les bulletins de leurs associations : l'Union des Physiciens et l'Association des Professeurs d'Initiation à la Technologie, et les informations données par l'Inspection Générale, ils ignoreraient quasiment tout des travaux accomplis, même les avant-projets de programmes.

##### 4. Il aurait fallu tirer de l'expérimentation un surcroît d'informations

Pour les mêmes raisons, l'expérimentation n'a pas été exploitée à fond. La Commission a souvent dû se contenter d'en extraire, en vue du réajustement de dernière heure de ses projets de programmes, ce qui « passait » bien ou mal aux élèves. Elle s'en est également servi pour mieux évaluer les horaires nécessaires à l'enseignement des différents chapitres. *C'est un résultat non négligeable. Mais il ne semble pas qu'il épuise l'information qu'on peut tirer de cette tentative originale. L'effort qui a été consenti à cette occasion méritait qu'on en tirât bien davantage.*

##### 5. Les liaisons avec les autres disciplines devaient être approfondies

Le problème général des relations interdisciplinaires n'a pu être qu'effleuré. Il conviendrait qu'il soit réexaminé de manière approfondie. La Commission était, dans ce domaine, un agent potentiel privilégié, ne serait-ce que parce qu'y siégeaient depuis ses débuts, des représentants des autres disciplines scientifiques.

##### 6. Les aspects docimologiques

Ils se posent avec une acuité toute particulière à une science expérimentale : il eût été nécessaire de leur consacrer une étude spéciale.

Par un légitime souci de l'intérêt immédiat de leurs élèves, les professeurs consacrent une part considérable de leur enseignement à les entraîner à résoudre les problèmes de baccalauréat. La résolution de ces problèmes traditionnels, trop souvent réduits à un exercice d'application des formules du cours et à une petite manipulation mathématique, est fréquemment bien éloignée d'une mise en œuvre effective des attitudes de pensée du physicien. *Il en résultera une inefficacité et une distorsion de la réforme si l'on ne met pas au point des méthodes de contrôle originales, et vraiment adoptées aux objectifs que s'assignera l'enseignement.*

##### 7. La mise en place de la réforme

Elle nécessitera une phase transitoire de quatre ans, pendant laquelle les nouveaux programmes et les nouvelles structures s'installeront, année par année, et en parallèle, dans le premier et dans le second cycles. Cette phase transitoire devrait être mise à profit pour suivre les progrès de la rénovation de l'enseignement de nos disciplines et prolonger, sur l'ensemble des points évoqués plus haut, l'effort entrepris, en l'infléchissant au besoin au vu de l'expérience acquise. Durant cette période, qui serait celle d'une édification en « vraie grandeur » et en « temps réel » d'un nouveau système édu-

catif, l'Inspection Générale (qui d'ailleurs a été intimement associée, dès le début, au travail de la Commission), conservera les prérogatives correspondant à son autorité statutaire. Mais la Commission semblait naturellement désignée pour poursuivre un travail de réflexion et apporter son aide à une mise en place toujours difficile.

Il serait éminemment souhaitable que ce travail essentiel soit entrepris par une assemblée réunissant toutes les compétences qu'on avait pu réunir dans la Commission.

##### 8. Maintien des recherches pédagogiques

Les recherches pédagogiques effectuées, en particulier dans le premier cycle, ont montré qu'il s'agissait là d'un domaine extrêmement riche et difficile. Il est absolument impératif, aux yeux de la Commission, que la structure de recherche qu'elle a mise en place se maintienne après elle. Il faut que le groupe permanent puisse poursuivre ses travaux de recherche, totalement en liaison étroite avec l'enseignement secondaire et qu'il puisse continuer à opérer dans certaines classes. La transformation en cours de l'enseignement et son évaluation ne rendent que plus important ce genre de recherche.

##### 9. Enfin, il faut voir plus loin encore

Une tâche immense se pose à la pédagogie : communiquer à l'ensemble des hommes, d'une manière simple, compréhensible et correcte, les progrès essentiels de la science. Notre vision de l'univers et de ses lois a été bouleversée, au cours de ce siècle, par des découvertes majeures qui ont de profonds retentissements philosophiques et humains. Il faut que les hommes sachent ce que sait l'humanité, et non qu'ils s'en remettent totalement à une classe de spécialistes de plus en plus fermée sur elle-même.

Faire connaître (en se restreignant ici au seul domaine des sciences physiques), ce qu'est le monde au niveau de l'atome et de l'univers, la nature surprenante et profonde de ses lois, est le défi le plus actuel que la pédagogie doit relever. C'est en fait un problème majeur pour l'humanité tout entière.

Sa résolution ne peut être l'affaire d'une réforme faite par de simples programmes. Elle doit faire l'objet de réflexions très sérieuses venant de plusieurs horizons, d'une expérimentation inévitablement longue et, surtout, d'une prise de conscience de la société et du corps enseignant qui doit passer par une très large information.

La Commission était consciente de ces problèmes à long terme. Elle n'a pu les aborder réellement au cours de sa vie heurtée. Soucieuse, comme elle l'était, de faire des propositions concrètes, elle a couru au plus pressé, au plus immédiatement important. Il est cependant essentiel que, dès maintenant, un nouveau groupe d'hommes, fonctionnant sur les mêmes principes, puisse saisir, dans toute sa hauteur, le vrai problème de la pédagogie.

Pour conclure, nous ne saurions mieux faire que de citer un extrait d'un rapport présenté

par l'Union des Physiciens :  
 « (dans la Commission) les participants d'origine différente ont appris à se connaître et ont pris conscience des problèmes concrets de l'enseignement du second degré. Sur ce plan de la compréhension mutuelle et de

l'ouverture d'un véritable dialogue entre les divers ordres d'enseignement, le bilan de la Commission est très largement positif, et tout devra être mis en œuvre pour que le climat ainsi créé ne soit pas détruit...  
 ... Si les espoirs qui sont nés des travaux de

la Commission devaient demain être réduits à néant, les conséquences du découragement qui en résulterait seraient immenses : il ne faudrait plus, de longtemps, parler de rénovation de l'enseignement des sciences physiques ».

## Une expérience de chimie pour étudiants de premier cycle : la semi-hydrogénation catalytique du butynediol-1,4

par Pierre Lriverend

(Département de chimie de l'Université de Caen, 14032 Caen Cedex)

L'hydrogénation catalytique des alcynes et des alcènes est connue de tous les étudiants qui terminent leur Premier cycle d'études de sciences physiques à l'Université ; mais très rares semble-t-il (1) sont ceux qui ont effectivement réalisé l'expérience pendant les séances de travaux pratiques. Afin de combler cette lacune on décrit ci-après la semi-hydrogénation catalytique du butynediol-1,4 réellement mise en œuvre depuis 1976 à l'Université de Caen dans les travaux pratiques de chimie de première année du D.E.U.G. « Sciences des structures et de la matière » ; l'exploitation de l'expérience y est orientée surtout vers la cinétique conformément au programme de l'enseignement théorique.

Le butynediol-1,4 est un produit commercial soluble dans l'eau et l'éthanol dont les hydrogénations partielle et totale ont été longuement étudiées aux environs des années 1950 (2 à 6). Le catalyseur le plus souvent employé pour effectuer la semi-hydrogénation a été le nickel de Raney (2 à 5) mais de type pas nettement défini et parfois les résultats divergent : ainsi l'un des auteurs (4) affirme avoir obtenu 20 % de butène-2 diol-1,4 *trans* à côté de l'isomère *cis* alors que les autres s'accordent à dire que le produit unique de la réaction est le seul isomère *cis*. D'autre part il semble inévitable d'empêcher la formation concomitante de butanediol-1,4 (4, 5) à moins de changer la nature du catalyseur (6). Après de nombreux essais nous avons constaté qu'à partir du butynediol pur (Aldrich F : 52-54 °C) d'un nickel de Raney  $W_2$  pyrophorique, il était nécessaire d'ajouter de la quinoléine pour diminuer l'activité du catalyseur vis-à-vis du composé éthylénique intermédiaire.

Enfin il faut signaler que c'est à la fois le coût peu élevé de tous ces réactifs et la facilité d'identification des produits qui nous ont conduits à retenir cet exemple pour illustrer différentes connaissances acquises dès la première année : la notion d'étape limitante et les propriétés catalytiques des métaux en cinétique chimique, l'isomérisation *cis* et *trans* reliées à l'hybridation  $sp^2$  de l'atome de carbone dans l'étude des structures de la matière.

### Appareillage et mise en œuvre de la réaction

A partir d'un tube d'hydrogène comprimé, une conduite en chlorure de polyvinyle « cristal » armé de polyamide apporte le gaz sous une pression de 0,1 bar aux différents postes de manipulation ; chaque sortie est équipée d'un mini-raccord rapide « Staubli » avec obturateur. L'appareil d'hydrogénation

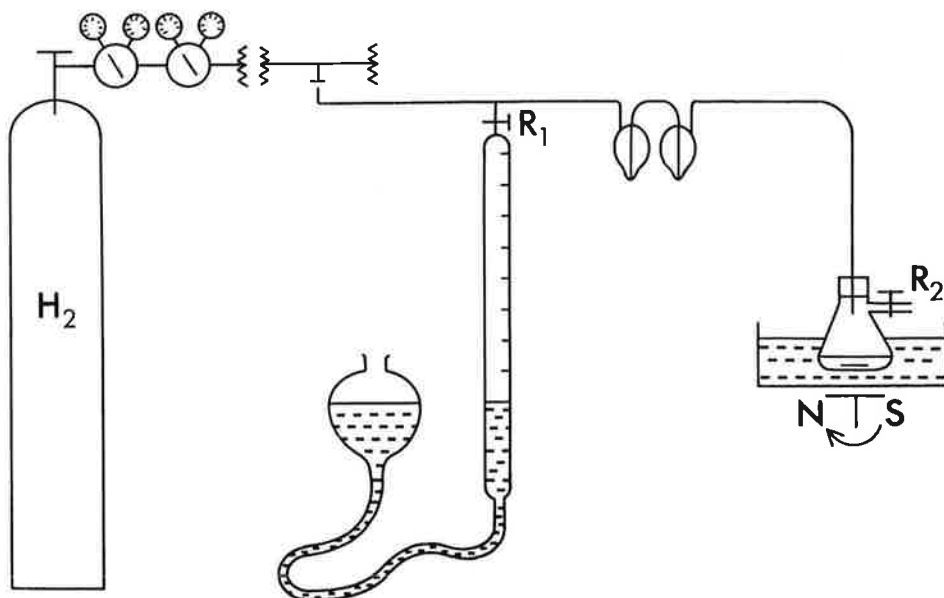


Figure 1.

est constitué de la façon suivante (figure 1) : une burette à gaz de 1 000  $cm^3$  graduée par fraction de 5  $cm^3$ , l'eau servant de liquide manométrique, est reliée par l'intermédiaire d'un robinet  $R_1$  et d'un tube en T, d'une part à une prise d'hydrogène constituée par un about de raccordement « Staubli » avec obturateur, d'autre part à une fiole de vide de 250  $cm^3$ . Cette fiole qui sert de réacteur est munie sur sa sortie latérale d'un robinet qui sert à purger l'appareil (une pince à vis montée sur un tuyau de caoutchouc fait l'affaire). Un cristalliseur rempli d'eau fait office de thermostat et le tout est placé sur un agitateur magnétique. Enfin le débit d'hydrogène est matérialisé par un barboteur contenant un peu d'huile de silicone. L'équipement de chaque poste revient à environ 750 F auquel s'ajoute 1 000 F pour le tube d'hydrogène (1  $m^3$ ) muni de deux manodétendeurs (un étage haute-moyenne pression suivi d'un étage moyenne-basse pression).

Dans la fiole on met successivement 1 g environ de nickel de Raney (Fluka), 1 g de quinoléine, 25  $cm^3$  d'une solution molaire de butynediol-1,4 dans l'éthanol (0,025 mole) et 75  $cm^3$  d'éthanol. Après avoir purgé l'appareil, on met l'agitateur en marche au moment où l'on déclenche le chronomètre. On note ensuite régulièrement le volume d'hydrogène absorbé (mesuré sous la pression atmosphérique) en fonction du temps. L'expérience est arrêtée quand le volume consommé atteint 620  $cm^3$  (dans

les conditions normales). Le mélange est alors filtré (7), la solution évaporée et, sur 0,5 g du résidu, on fait réagir le chlorure de benzoyle selon (8) ; le solide obtenu, recristallisé deux fois dans 5  $cm^3$  de méthanol fond entre 68 et 69 °C correspondant au dibenzoate du butenediol-1,4 *cis* alors que celui de l'isomère *trans* fond à 101 °C (3). On peut aussi faire une analyse par R.M.N. du produit obtenu : pour cela le résidu d'hydrogénation est repris par 3  $cm^3$  d'eau et 10  $cm^3$  d'éther, le mélange est décanté, la phase aqueuse est lavée à l'éther pour éliminer la quinoléine, puis mélangée à 50  $cm^3$  d'alcool absolu. On distille l'alcool qui entraîne l'eau et après avoir soumis le résidu à un bon vide, on en fait une solution dans l'eau lourde dont on dresse le spectre à 60 MHz (T.M.S. en référence externe) ; on peut ainsi remarquer que ce résidu se compose essentiellement de deux produits : le plus important (entre 80 et 85 %) avec un doublet à 134 MHz ( $J = 6$  Hz) de 4 protons en  $\alpha$  d'un oxygène et avec un multiplet centré à 327 Hz de 2 protons vinyliques, correspond au butène-2 diol-1,4 *cis* ; l'autre produit minoritaire (15 à 20 %) avec deux multiplets centrés à 79 et 201 Hz est identifié à l'aide d'un échantillon authentique, au butanediol-1,4 terme ultime de l'hydrogénation.

### Analyse des résultats

En premier lieu on fait tracer la courbe du volume d'hydrogène absorbé en fonction

du temps et le résultat obtenu correspond à la figure 2; on y remarque deux droites OA et AB de pentes très différentes (10,8 et 4,5 cm<sup>3</sup>/mn) qui se coupent en A lorsque le système a consommé 590 cm<sup>3</sup> d'hydrogène (TPN). Comme la transformation de 0,025 mole de butynediol-1,4 en butène-diol-1,4 en demande 560 cm<sup>3</sup>, on constate que le point A correspond avec une bonne approximation à la fin de la première étape de la réaction et cela est bien confirmé par les analyses décrites ci-dessus.

D'autre part le fait d'obtenir des droites sur le graphe des volumes d'hydrogène absorbé en fonction du temps indique que

les réactions étudiées sont d'ordre zéro. Il est intéressant de faire découvrir aux étudiants l'origine de ce phénomène : à savoir la saturation du catalyseur par l'espèce réagissante analogue à ce que l'on rencontre dans les réactions enzymatiques. Par conséquent l'étape qui détermine la vitesse est la réaction des molécules adsorbées dont la quantité demeure constante pendant presque toute la réaction. Mais la sélectivité de l'hydrogénation du composé acétylénique par le catalyseur empoisonné est beaucoup plus difficile à expliquer aux étudiants débutants : on peut toutefois leur laisser entendre, sans entrer plus avant dans le détail, qu'il existe (au moins) deux

types de sites sur (et dans?) le catalyseur; un seul serait bloqué par la quinoléine et c'est celui-là qui serait utilisé pour l'hydrogénation du butène-2 diol-1,4. Enfin il faut souligner l'intérêt de la notion de produit cinétique (ici l'isomère *cis*) souvent opposée à celle de produit thermodynamique (le *trans*) et montrer que, pour l'organicien, l'hydrogénation catalytique reste un moyen sûr de préparation des isomères *cis*.

En conclusion, on notera qu'il est possible d'exploiter différemment cette expérience si l'on dispose de plusieurs postes de manipulation : par exemple, pour trois postes et pendant une séance de trois heures on peut confier à un premier élève (ou groupe) l'étude cinétique de la réaction avec le catalyseur empoisonné telle qu'elle est décrite ci-dessus, au deuxième, l'étude cinétique en utilisant cette fois du nickel de Raney actif ce qui conduit en une seule étape apparente au composé saturé (courbe OC de la figure 2) et enfin le troisième étudiant examine la nature des produits obtenus après absorption d'un équivalent d'hydrogène et caractérise ainsi le butène-2 diol-1,4 *cis*. A la fin de la séance, les différents résultats sont collationnés et analysés.

#### Bibliographie et notes

- (1) Depuis 1957, je n'ai trouvé qu'une seule expérience d'hydrogénation catalytique dans *Journal of Chemical Education*, 1962, 39, 209, et encore n'utilisant pas l'hydrogène gazeux (mais un transfert d'hydrogène à partir de la tétraline).
- (2) A. W. Johnson, *J. Chem. Soc.*, 1946, p. 1014.
- (3) N. Lozac'h, *Bull. Soc. Chim.*, 1949, p. 286.
- (4) R. Romanet, *C.R. Acad. Sci. Paris*, 1953, 236, 1044, 1176 et 1677.
- (5) C. S. Marvel et C. H. Young, *J. amer. Chem. Soc.*, 1951, 73, 1066.
- (6) T. Fukuda et T. Kusama, *Bull. Chem. Soc. Japan*, 1958, 31, 339.
- (7) Cette partie de la manipulation ainsi que l'analyse de spectres de R.M.N. est beaucoup plus adaptée aux étudiants de deuxième année qui pratiquent la chimie organique.
- (8) A. I. Vogel, *Practical organic chemistry*, Third edition Longman, London 1956, p. 447.

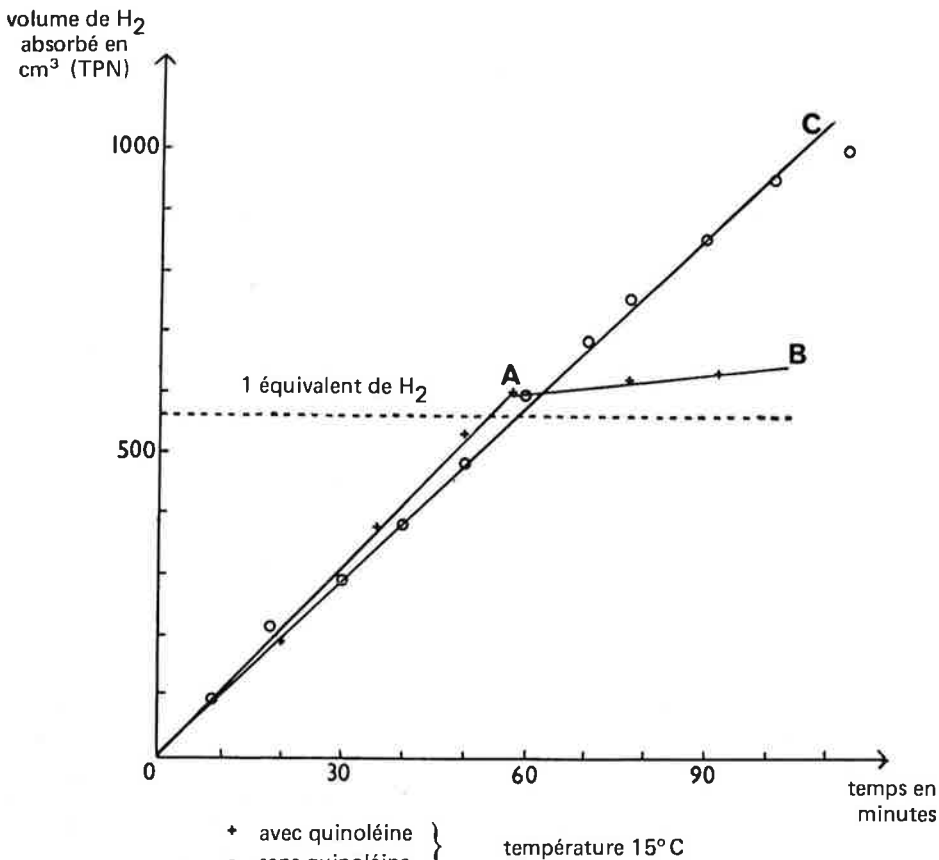


Figure 2.