

# Le projet de réforme de l'enseignement de la chimie dans les universités allemandes

Jacques Streith\* professeur

**Summary :** *A project for reforming the teaching of chemistry in the German universities*

*During the last decades, the German chemical industry went worldwide on a large scale, both in terms of production plants and of R & D facilities. As a consequence, of the many PhD students who have been trained in German universities and in the Technische Hochschulen, only a small percentage is hired by the chemical companies which are located in Germany proper. Since every German chemistry student is supposed to obtain a PhD - the only qualifying professional diploma so far - something had to be undertaken in order to adapt the German academic chemistry curriculum to the globalisation of the economy and to the chemistry curricula which are in use in the English speaking world. A committee of several experts from industry and from academia came up with a novel and more diversified chemical education scheme. Instead of the only PhD-curriculum, they proposed that two additional professional curricula be taught, both of the MSc type. One of these MSc's would comprise some speciality courses which are not connected to the physical sciences, each university offering a small number of these courses. Furthermore the notation should be of the Eurocats type.*

**Mots clés :** *Mondialisation de l'industrie chimique, universités allemandes, réforme de l'enseignement de la chimie, introduction des MSc anglo-saxons, notation Eurocats.*

**Key-words :** *Globalisation of the chemical industry, German universities, reorganisation of the chemistry curricula, introduction of MSc type curricula, Eurocats notation.*

## Un constat sévère

La mondialisation de l'économie et, en particulier, les changements structurels auxquels on assiste au sein de l'industrie chimique allemande depuis dix ans, ont conduit des représentants qualifiés des sociétés chimiques et des organismes professionnels de l'industrie chimique allemande à proposer des modifications des cursus universitaires dans les facultés de chimie. Ces responsables constatent en effet que les cursus actuels ne sont pas suffisamment en phase avec les exigences qui se sont fait jour dans le sillage de la mondialisation de l'économie de marché, d'une part, et ne correspondent pas aux cursus - BSc et MSc - en usage dans les pays anglo-saxons, d'autre part. Ils constatent par ailleurs, et ce depuis le

début des années 90, une importante diminution du nombre des étudiants en chimie dans toutes les universités allemandes. Ils constatent enfin une diminution notable, depuis 1975, du nombre des étudiants étrangers inscrits dans les universités allemandes, en particulier des Japonais et des Chinois qui s'orientent à présent en grand nombre vers les universités anglo-saxonnes. Cette dernière observation revient à dire que les universités allemandes ont perdu leur légendaire pouvoir d'attraction qu'elles avaient exercé pendant plus d'un siècle sur les étudiants du monde entier, plus particulièrement dans le domaine des sciences chimiques.

La formation d'un chimiste dans les universités allemandes comporte - jusqu'à ce jour de façon quasi obligatoire - la préparation d'une thèse de doctorat (Dr. rer. nat.) qui atteste de sa capacité à conduire une recherche scientifique indépendante dès qu'il sera en poste dans l'industrie chimique ou dans le cadre d'une carrière universitaire. Au sein du

système universitaire allemand, la thèse de doctorat, du moins dans les sciences chimiques, constitue le seul diplôme professionnel qui soit reconnu en tant que tel. Les grades de docteur sont octroyés par les « Universitäten », les « Technische Hochschulen » (TH), et les « Technische Universitäten » (TU), mais pas par les « Fachhochschulen » (FH) qui ne sont pas habilitées à les délivrer. Depuis le début des années 90, le nombre de doctorats en chimie délivrés par les universités a augmenté et oscille entre 2 000 et 2 500. Par voie de conséquence, les titulaires d'une thèse de doctorat embauchés dans la recherche industrielle ne constituent plus qu'une petite minorité, la majorité d'entre eux ne réussissant plus à trouver un emploi en adéquation avec leur niveau de formation.

## Les nouveaux cursus proposés

Et pourtant la chimie est une discipline transversale, c'est-à-dire une discipline incontournable dans quasiment

\* Université de Haute-Alsace, ENSCMu, 3, rue Alfred Werner, 68093 Mulhouse Cedex.  
Tél. : 03.89.33.68.71.  
Fax : 03.89.33.68.75.  
E-mail : J.Streith@univ-mulhouse.fr

tous les domaines de la vie économique moderne. D'où l'impérieuse nécessité de former un nombre suffisant de chimistes, mais pas nécessairement jusqu'au grade de docteur. Une réforme des études supérieures de chimie semblait dès lors indispensable aux yeux d'observateurs avertis. Un projet de réforme fut initié en 1995 par un groupe de représentants des universités et de l'industrie, à l'initiative du professeur G. Märkl [1]. Les réflexions de ce groupe ont été consignées dans un mémorandum intitulé « *Würzburger Modell* » [2], élaboré en 1996 à l'université de Wurtzbourg. Le mémorandum a depuis lors été soumis à réflexion et approfondi par une commission *ad hoc* instituée par la « *Gesellschaft Deutscher Chemiker* » (GDCh), puis soumis à discussion à des représentants de toutes les parties prenantes, y compris à un panel de jeunes chimistes [3]. Reprenant les propositions de la commission, la GDCh a publié en 1998 un ensemble de recommandations relatives à un enseignement plus modulaire de la chimie et qui se scinderait en deux périodes [4] :

- un tronc commun, appelé « **Basisstudium Chemie** » durant les **6 premiers semestres** d'études ;

- une seconde période d'études d'une durée de **4 semestres selon trois orientations bien distinctes**, dont deux n'aboutiraient plus à l'obtention obligatoire d'un doctorat.

Remarquons toutefois que si le fascicule de la GDCh propose de façon très détaillée le cursus du tronc commun « *Basisstudium* », il ne donne pas d'indications sur le contenu des trois orientations de la seconde période d'études (semestres 7 à 10) [4]. La commission, qui opère en amont par rapport à la GDCh, va néanmoins plus loin dans ses recommandations. Parallèlement aux études de chimie longues qui, dans l'état actuel des choses, voient plus de 90 % des étudiants allemands obtenir une thèse de doctorat (voir plus haut), la commission donne quelques précisions sur le contenu des cursus des deux orientations non doctorantes qui doivent conduire à l'obtention de diplômes du type anglo-saxon MSc (master of sciences) [2]. Par ailleurs, elle estime que la durée d'une thèse de doctorat ne doit pas excéder 6 semestres.

On aboutit de la sorte au schéma 3 +

2 pour l'obtention d'un des deux MSc et au schéma 3 + 2 + 3 pour l'obtention du doctorat, les deux MSc proposés devant être reconnus comme des diplômes professionnels. Ce dernier aspect de la réforme constituerait assurément une nouveauté dans le paysage universitaire allemand. Par contre, la commission ne recommande pas que le BSc soit reconnu en tant que diplôme professionnel. Elle préconise par ailleurs le maintien du « *Vordiplom* » (qu'on peut assimiler à l'examen de fin de premier cycle d'une propédeutique française de type Deug) au terme des quatre premiers semestres d'études, cet examen intermédiaire ayant valeur de sélection et surtout d'orientation vers une des trois options citées plus haut.

### Le « *Basisstudium Chemie* »

Sachant que le semestre d'hiver comporte 12 à 13 semaines et le semestre d'été 14 à 15 semaines d'études, l'emploi du temps préconisé par la GDCh est de l'ordre de 30 heures par semaine. Comparé à l'actuel emploi du temps en usage dans les universités allemandes, une semaine de 30 heures peut paraître chargée. La répartition entre heures de cours, de travaux dirigés, de séminaires et de travaux pratiques varie suivant les disciplines ; c'est ainsi que les travaux pratiques auront plus d'importance en chimie organique qu'en chimie théorique.

Selon les indications de la GDCh, l'évaluation des performances des étudiants devrait se faire à l'avenir suivant le système des « *credit-points* » qui correspondent aux normes européennes « *Eurocats* » (**European Credit Accumulation and Transfer System**) [4]. L'introduction du système de notation Eurocats permettrait aux étudiants de faire leurs études dans plusieurs universités européennes en sus de l'université d'origine et sans perte de temps. L'accumulation de « *credit-points* » conduirait à l'obtention du « *Vordiplom* » ou du « *BSc* » et, par conséquent, à l'admission en deuxième cycle en vue de la préparation d'un diplôme de chimiste ou d'un MSc. En première approximation, les *credit-points* seraient proportionnels au nombre d'heures d'enseignement des diverses disciplines. Nous indiquons ci-après les *credit-points* tels

qu'ils sont proposés à titre indicatif par la GDCh pour les diverses disciplines, la somme étant de l'ordre de 180 :

Chimie analytique	15
Chimie inorganique	40
Biochimie	12
Chimie macromoléculaire	12
Chimie organique	40
Chimie physique	40
Génie chimique	13
Chimie théorique	10

La chimie analytique, la chimie organique, la chimie inorganique et la chimie physique constitueraient des disciplines obligatoires, des choix limités étant possibles au sein des disciplines suivantes : biochimie, chimie macromoléculaire, chimie théorique et génie chimique. A noter toutefois que le génie chimique est une matière obligatoire dans les TH et les TU.

### La filière « *Promotionsstudiengang* » en vue d'acquérir le grade de docteur en chimie (Dr. rer. nat., Dipl. Chem. Univ.)

Dans cette filière, l'orientation des étudiants vers la recherche scientifique doit être perceptible dès les 7<sup>e</sup> et 8<sup>e</sup> semestres durant lesquels les enseignements seront dispensés selon un mode approfondi. Ces enseignements devront être en prise directe avec les thèmes de recherche qui seront proposés aux étudiants durant les 9<sup>e</sup> et 10<sup>e</sup> semestres dans le cadre du travail de diplôme et de la thèse de doctorat (en règle générale, le thème de la thèse constitue la continuation du travail de diplôme).

Durant les semestres 7 et 8 - et dans l'hypothèse d'un travail de recherche choisi au sein de la chimie organique -, des cours et des séminaires spécialisés seront dispensés dans les matières suivantes :

- chimie organique ;
- chimie inorganique (*e.g.* en chimie de coordination, en chimie organométallique, en chimie sous hautes pressions, en catalyse au moyen de métaux de transition) ;
- biochimie, biotechnologie ;
- biologie ;
- chimie physique et chimie théorique (*e.g.* en électrochimie, en mécanique quantique, en modélisation moléculaire).

Toujours dans le cadre d'un thème de recherche en chimie organique, des travaux pratiques spécialisés seront proposés aux étudiants dans les domaines suivants :

- synthèses par des méthodes d'activation autres que thermiques (e.g. par photochimie, par électrochimie, par chimie organo-métallique) ;
- méthodes de synthèse organique à petite, voire à très petite échelle ;
- méthodes de séparations (e.g. par CLHP, par CPV, par CCM, par électrophorèse) ;
- aspects expérimentaux et théoriques en spectroscopie et dans le domaine de la simulation de spectres ;
- chimie combinatoire ;
- chimie bio-organique et biotechnologie ;
- biochimie, chimie enzymatique, synthèse organique par catalyse enzymatique ;
- chimie pharmaceutique.

Les enseignements spécialisés cités ci-dessus serviront à bien mettre en évidence les connexions interdisciplinaires qui apparaissent dans le cadre de tout sujet de recherche qui se veut d'actualité. On admettra qu'au terme du 8<sup>e</sup> semestre, les bases pour démarrer un travail de diplôme (et donc de thèse) sont acquises. Le travail de diplôme doit être réalisable en 9 mois durant la cinquième année d'études.

Après le 10<sup>e</sup> et dernier semestre, l'étudiant doit se poser la question quant à son devenir professionnel et, en particulier, s'il possède réellement les talents requis pour entreprendre une thèse de doctorat, c'est-à-dire la compétence d'un bon expérimentateur, la créativité scientifique et l'endurance proverbiale d'un chercheur. Ici, interviennent les conseillers en orientation dont le rôle doit être souligné. La préparation d'une thèse de doctorat est indispensable pour pouvoir entreprendre une carrière comme chercheur dans l'industrie ou dans des organismes de recherche extra-universitaire. Une thèse de doctorat de haut niveau couplée quelques années plus tard à la présentation d'un mémoire d'habilitation de niveau international, constitue la *conditio sine qua non* pour tout candidat à une carrière de professeur d'université.

### La filière professionnalisée « Diplomstudiengang Chemie » en vue de devenir chimiste diplômé (Dipl. Chem. Univ.)

Dans le cadre de cette seconde filière, les quatre semestres qui suivent le « Basisstudium » comportent des enseignements à finalité professionnelle et donc très appliquée ; ils conduisent à la formation d'un « Diplomchemiker ». Les semestres 7 et 8 constituent un élargissement des connaissances chimiques acquises durant le « Basisstudium » au travers d'un enseignement spécialisé dans des domaines relevant de la chimie ou de disciplines proches de la chimie - y compris dans les secteurs R & D - qui n'avaient pas encore été abordés. Les matières enseignées durant les 4 semestres - y compris le travail de diplôme - devront faciliter l'insertion professionnelle du futur « Diplomchemiker » et varieront d'une université à l'autre selon les compétences des enseignants.

Voici quelques exemples de disciplines de spécialisation :

- agrochimie,
- chimie pour la construction,
- informatique chimique/modélisation moléculaire,
- électrochimie,
- traitement des minerais/flottation,
- géochimie,
- métrologie,
- radiochimie,
- spectroscopie/instrumentation analytique,
- toxicologie/écotoxicologie,
- chimie de l'environnement,
- techniques de l'environnement et de l'élimination des déchets,
- technologie du génie chimique,
- chimie de l'eau.

Ces thèmes possèdent un caractère très appliqué et souvent interdisciplinaire. C'est ainsi que la chimie pour la construction nécessite de faire appel à la chimie inorganique et organique, aux sciences des matériaux, à la minéralogie, à la chimie des polymères, à la chimie physique, à l'analyse de traces, aux statistiques, aux mathématiques et à la physique.

Les universités n'étant pas en mesure d'offrir une très grande palette d'enseignements spécialisés, la plupart des étudiants - après avoir complété leur « Basisstudium » - se verront dans

l'obligation de changer de ville pour trouver chaussure à leur pied. Ce type d'enseignement favorisera donc une plus grande mobilité des étudiants, ce qui est éminemment souhaitable et constituait d'ailleurs la règle jusqu'avant la Seconde Guerre mondiale. Chaque université aura intérêt à mettre sur pied un ensemble d'enseignements spécialisés qui lui soit propre lui permettant de la sorte de se singulariser et d'affirmer sa spécificité.

Notons que le « Diplomstudiengang Chemie » n'est pas conçu pour devenir une filière à sens unique, des passerelles vers la préparation d'une thèse de doctorat pouvant être aménagées en cas de besoin. Ici, les conseillers d'orientation auront un rôle essentiel à jouer auprès des étudiants. Inversement, les auteurs du projet de réforme estiment que la filière « Promotionsstudiengang » (*vide supra*) doit aussi permettre au titulaire du « Dipl. Chem. » d'entrer directement dans la vie active s'il décide de ne pas poursuivre ses études jusqu'à la thèse de doctorat. Dans l'esprit de la réforme, cette possibilité suppose sans doute quelques enseignements complémentaires et, à nouveau, l'intervention essentielle des conseillers d'orientation.

### La filière professionnalisée combinant « Basisstudium » et une formation additionnelle sans lien avec les sciences chimiques

#### A titre d'exemple : « Diplomwirtschaftschemiker » en vue de devenir chimiste diplômé en sciences économiques

Cette troisième filière d'enseignement, si elle est acceptée, constituera le plus grand chambardement des cursus des facultés de chimie en Allemagne. Les futurs diplômés de cette filière sont appelés à assumer des responsabilités au sein de la société moderne qui pré-supposent de solides connaissances en chimie, en sus de compétences autres que chimiques et qui, jusqu'à présent, ne relevaient pas du cursus classique d'un étudiant de chimie. L'originalité de ce nouveau cursus réside dans l'offre de disciplines qu'il convient d'étudier pendant les quatre semestres qui sui-

vent le « Basisstudium ». Ces disciplines non chimiques devront être définies en détail en collaboration avec les experts du monde économique, des administrations publiques et des autorités politiques.

Les disciplines additionnelles enseignées au cours des semestres 7 à 10 ne relèveraient plus des sciences « dures » et comporteraient les matières suivantes (liste non exhaustive) :

- droit du travail,
- économie d'entreprise,
- marketing,
- « operations research »,
- management de l'environnement,
- conseil aux entreprises,
- droit administratif,
- législation de l'environnement,
- sciences économiques,
- journalisme économique.

### Les perspectives de la réforme

Les premiers projets en vue d'une réforme de l'enseignement de la chimie ont été conçus à partir de 1995-1996, à

une époque où plusieurs milliers de docteurs en chimie éprouvaient de grandes difficultés à trouver un premier emploi en Allemagne. Cette situation prendra fin dans très peu de temps, c'est-à-dire au moment même où la réforme proposée devrait entrer en vigueur. En effet, le nombre d'étudiants en chimie a fortement diminué depuis le début des années 90, si bien que le nombre des titulaires d'un doctorat qui arriveront sur le marché du travail diminuera de moitié dès 2001 [3]. Par voie de conséquence, les laboratoires de recherche universitaires ne seront plus en mesure de satisfaire toutes les offres. Dès lors, les laboratoires de recherche - tant dans les universités que dans les industries chimiques et pharmaceutiques - recruteront un nombre croissant de docteurs en chimie à l'étranger. On assistera donc à une internationalisation de la recherche, à l'image de ce qu'on observe déjà en Suisse et ce depuis fort longtemps. C'est là une incidence un peu inattendue de l'évolution des effectifs estudiantins en Allemagne Fédérale

et de la mondialisation, à la fois de l'économie de marché et du monde universitaire, qu'il convient d'aborder avec élan et optimisme, l'aspect multiculturel étant source de progrès et d'enrichissement réciproque. Les responsables de la réforme (*vide supra*) espèrent que la diminution du nombre de docteurs en chimie - diminution qui est inéluctable - n'affectera pas la réorganisation de l'enseignement de la chimie qu'ils préconisent.

### Références

- [1] *Nach. Chem. Tech. Lab.*, **1995**, *43*, p. 123.
- [2] *Nach. Chem. Tech. Lab.*, **1996**, *44*, p. 859.
- [3] Gesellschaft Deutscher Chemiker, *Quo Vadis Chemie*, Frankfurt am Main, novembre **1998**.
- [4] Gesellschaft Deutscher Chemiker, *Empfehlungen der Studien-reform-kommission zum Basisstudium Chemie*, Frankfurt am Main, mars **1998**.