

## L'enseignement de la cinétique chimique \*

### Travaux dirigés de cinétique

par Jean-Claude Dechaux

(Maître-assistant à l'Université des Sciences et Techniques de Lille.)

Les éléments présentés ont deux sources principales : d'une part, les réponses à l'enquête effectuée (25 environ) et, par ailleurs, nos réflexions personnelles, le tout axé aussi bien sur le fond que sur la forme.

#### Méthodes de travail

Les diverses méthodes utilisées par nos collègues peuvent, en gros, être classées en 4 catégories :

- forme classique, celle en service dans la majorité des cas, et fonctionnant bien entendu en parallèle avec les cours,
- existence de « cours-TD »,
- expérience de création du problème par les étudiants eux-mêmes,
- utilisation de moyens informatiques.

#### Forme classique

Elle consiste, comme chacun sait, à soumettre un problème à l'étudiant qui en cherche la solution avec l'aide de l'enseignant.

Plusieurs structures sont possibles : un travail individuel de l'étudiant ou une répartition en groupes ; la nécessité d'un dialogue rendant la séance vivante est mise en avant. Nos collègues attirent l'attention sur certaines réticences des étudiants, qui semblent bien avoir les mêmes réactions quelle que soit leur implantation géographique : il s'agit, en particulier, d'une répugnance à effectuer des calculs numériques et des tracés de courbes.

L'enseignant dispose de sources diverses : ses études personnelles, les textes des concours nationaux, les problèmes rédigés par l'enseignant lui-même à partir de la littérature générale ou spécialisée (ex. : *J. Chem. Educ.*). Ce dernier cas impose un travail important, mais il existe des livres de problèmes résolus qui peuvent nous faciliter la tâche. Parmi les ouvrages généraux de chimie physique, nos collègues utilisent le plus fréquemment les suivants :

- Recueil de problèmes de chimie physique, par J. Barès, C. Cerny, V. Fried et J. Pick (1966) comprenant 21 exercices.
- Cours de chimie, tome 2, par M. Garric (1971), contenant quelques problèmes de cinétique homogène.
- Advanced physical chemistry calculations, par H. E. Avery et D. J. Shaw (1971), 14 problèmes.
- Problèmes de chimie physique, par A. W. Adamson (1970), 28 problèmes concernant surtout les réactions complexes.

Dans les ouvrages spécialisés en cinétique, deux livres déjà anciens font cependant encore autorité dans le domaine précis du calcul des réacteurs :

- Chemical reaction engineering, par O. Levenspiel (1967).
- Chemical engineering, par J. M. Smith (1970).

Tous les livres que nous venons de citer ont plus de 10 ans d'âge. L'élargissement considérable des domaines de recherche et le progrès énorme des techniques expérimentales témoignent de leur insuffisance actuelle. Cette lacune vient d'être comblée par la sortie de deux ouvrages :

- An examples course in reaction kinetics par I. M. Campbell

\* 1<sup>re</sup> partie : numéro d'avril 1982, p. 35.

(1980). Ce livre propose 43 problèmes, tirés uniquement de la littérature anglo-saxonne, et recouvre pratiquement toute la cinétique actuelle, sans aborder cependant le calcul des réacteurs.

● Problèmes de cinétique chimique par J. C. Dechaux, L. Delfosse, A. Perche et J. P. Sawerysyn (1980); 48 problèmes d'origine variée sont exposés. Un chapitre d'initiation au calcul des réacteurs existe. Le niveau des problèmes est dans l'ensemble un peu supérieur à celui de l'ouvrage de Campbell.

#### Existence de « Cours-TD »

C'est un procédé assez peu répandu (Toulouse, Poitiers, Nancy) en raison sans doute d'une tradition de répartition hiérarchique des enseignements.

#### Expérience de création du problème par les étudiants eux-mêmes

Expérience originale à l'Institut du Génie Chimique de Toulouse : création du problème par les étudiants eux-mêmes. Il s'agit d'un travail fortement apprécié des étudiants, qui dure une quinzaine d'heures, et qui est structuré ainsi : par groupe de deux, les étudiants recherchent dans la littérature un ou plusieurs articles traitant d'une cinétique de réaction, les « décortiquent » et en tirent un problème avec énoncé, solution et commentaire. Le procédé paraît très séduisant. Il a malheureusement l'inconvénient de nécessiter beaucoup de temps, car 15 h représentent parfois la durée totale annuelle des TD (responsables MM. Gillot et Guiraud).

#### Utilisation de moyens informatiques

● A Montpellier (M. Bonnet), un travail en cours de réalisation, effectué par groupes, fait appel à l'utilisation d'un ordinateur, le point particulier étant que certains étudiants motivés élaborent eux-mêmes les programmes.

● A Strasbourg (M. Jost), les problèmes de cinétique sont traités à l'aide des moyens d'analyse numériques actuels. En relation avec l'enseignement d'informatique, certains problèmes sont résolus à l'aide d'un ordinateur (surface d'énergie potentielle, chemin réactionnel, cinétique différentielle, simulation). Des travaux analogues de simulation sont effectués à Brest (MM. Le Saint, Le Gall, Laurausan).

● Nice est le pôle où cette intervention de l'informatique est pour l'instant la plus forte (MM. Cachet et Cabrol) sous la forme de libre service en autoformation, et de mise à disposition dans une « salle de ressources ». Il s'agit des programmes PGSCC et ESSOR. Le premier sert à introduire la cinétique chimique en évitant les habituelles difficultés d'ordre mathématique, permet d'illustrer les principaux mécanismes cinétiques et de simuler l'évolution de systèmes obéissant aux principaux modèles cinétiques classiques. Il est adapté pour traiter tout système dont les lois de vitesse et la stoechiométrie sont connues. Le programme ESSOR est une expérimentation fictive et comprend plusieurs programmes destinés à favoriser la formation à la méthode expérimentale ; à la suite de tâtonnements l'étudiant choisi lui-même les conditions « expérimentales » les plus adéquates, calcule les paramètres cinétiques et cherche un mécanisme compatible avec les résultats.

● A Lille (MM. Perche et Carlier), deux expériences d'utilisation de micro-ordinateurs sont faites. D'une part, on fait découvrir aux étudiants la méthode d'intégration numérique d'Euler, qu'on applique à des réactions simples ou complexes, de thermicité variable. D'autre part, il y a exploitation d'un programme permettant le traitement d'un schéma à 10 équations, l'accent étant mis sur la compréhension de la méthode statistique utilisée (méthode de Monte-Carlo) et sur l'approche de problèmes généraux tels que le principe de l'étape la plus lente, l'approximation de l'état stationnaire, etc.

#### Conclusion

L'existence de travaux dirigés paraît maintenant une nécessité, bien qu'en quelques endroits rarissimes existe seul un cours magistral. Ceci semble impliquer que les étudiants se « débrouillent » eux-mêmes. S'il s'agit-là, en principe, d'un procédé autoformateur et sélectif, cela entraîne *ipso facto* l'inutilité d'un enseignement. Il ne subsiste plus alors qu'un enseignement magistral et chacun sait que dans ce cas le dialogue, s'il existe, est assez difficile. L'évolution indéniable à laquelle nous assistons est la conséquence du développement croissant de l'informatique. Il paraît souhaitable de réserver une certaine part de l'enseignement à l'emploi de ces nouveaux outils. Sans aller, bien sûr, jusqu'à vouloir tout traiter de cette façon, une certaine pondération entre les méthodes « classique » et « moderne » semble judicieuse.

## L'enseignement de la cinétique dans les classes terminales C, D et E

par Alain Perche

(Maître-assistant à l'Université des Sciences et Techniques de Lille.)

Depuis la rentrée scolaire 1980, la cinétique chimique est enseignée dans les classes terminales C et figure au programme du baccalauréat. Il semble important que tout enseignant au niveau supérieur soit informé, non seulement du programme, mais du contenu réel et de l'esprit de cet enseignement.

#### Le programme

Celui qui figure dans tous les manuels est assez peu explicite ; tout au plus précise-t-on les titres de chapitres et de quelques paragraphes :

- vitesse de formation d'un corps,
- facteurs cinétiques : influence des molarités, influence de la température, catalyseurs : exemples et définitions de la catalyse, catalyse homogène et hétérogène,
- mécanisme : complexité des mécanismes réactionnels.

#### Les commentaires officiels

C'est dans les commentaires officiels(1) que sont fournis les instructions détaillées et les exemples qui vont permettre à l'enseignant d'aborder ce programme. C'est également là que sont fixées les limites des connaissances à transmettre. Bref, c'est à travers les

commentaires officiels que transparait l'esprit d'un « bon » enseignement.

Examinons à présent les diverses approches de cet enseignement à travers les livres de chimie de terminale C.

#### La cinétique dans les livres

La liste des ouvrages analysés figure à la fin de cet article (2). Abordons les principaux chapitres du programme :

#### Vitesse de formation d'un corps

Contrairement à la façon dont le problème est souvent traité dans l'enseignement supérieur, l'approche expérimentale précède la définition. Dans l'ensemble, très satisfaisante, la description du protocole expérimental est pourtant parfois incomplète (par exemple on oublie de préciser que l'on « trempe » la réaction pour permettre un dosage calorimétrique) ou au contraire semblent largement dépasser les bornes du programme (2 pages de lecture consacrées aux méthodes d'étude des réactions très rapides apparaîtraient sans doute fort instructives à de nombreux collègues même cinétiens...).

Si la définition de la vitesse de réaction est beaucoup moins élaborée que celle proposée à cette même réunion (communication