

la possibilité de tester la solidité des acquis auprès du contingent de nombreux bacheliers 1981.

(1) Sciences physiques, Classes des Lycées d'enseignement général et technique, horaires, objectifs, programmes, instruction; Ministère de l'Éducation.

(2) H. Bernard, A. Saison, G. Avond, H. Le Bail, Chimie, Terminales C, D, E; Éd. Nathan.

C. Moreau, B. et L. Praud, Initiation à la chimie moderne, Terminales C, D et E; Éd. Belin.

F. Blain, J. Y. Magna, F. Martin, Chimie, Terminales C, D, E; Éd. Hachette.

A. Cunnington, P. Lebrun, C. Mesnil, R. Vogel, Chimie, Terminales C, D, E; Éd. Hatier.

R. Didier, R. Vento, Chimie, Terminales C, D, E; Éd. Armand Colin.

Résultats de l'enquête sur l'enseignement de la cinétique chimique

par Michel Lucquin

(Professeur à l'Université des Sciences et Techniques de Lille.)

Un questionnaire a été diffusé dans les Universités et la plupart des Écoles. Les réponses à ce questionnaire sont suffisamment nombreuses pour que l'ensemble des résultats que nous présentons soit significatif. Malheureusement, nous avons observé une très grande hétérogénéité dans ces réponses, notamment en ce qui concerne les programmes. Ceci nous limite évidemment dans nos interprétations. Nous allons présenter les résultats surtout sous forme de tableaux, comme cela a été fait au Colloque, et nous ajouterons quelques commentaires.

Les enseignements concernés sont : la Licence et la Maîtrise de chimie, la Licence et la Maîtrise de chimie physique, l'enseignement de la cinétique dans les Écoles de chimie.

Liste des établissements ayant répondu au questionnaire :

- Universités : Bordeaux, Brest, Bruxelles, Clermont-Ferrand, Dijon, Lille, Louvain-la-Neuve, Marseille, Montpellier, Nancy, Nice, Orléans, Orsay, Paris VI, Paris VII, Poitiers, Strasbourg, Toulouse.
- Écoles : Bordeaux, Lille, Lyon, Montpellier, Nancy, Paris E.N.S.C.P., Strasbourg.

1. Durée du cours

Tableau 1. Durée du cours en heures annuelles.

Licence de chimie.....	0	1/3	1/2		<u>1</u>		
Maîtrise de chimie.....					<u>1</u>	1 1/2	2
Licence de chimie physique.....				3/4	<u>1</u>	1 1/2	
Maîtrise de chimie physique.....			1/2	3/4			2
Écoles de chimie.....			1/2	3/4	<u>1</u>	1 1/2	2

Chaque colonne correspond à une possibilité de durée que nous avons relevée un certain nombre de fois. La durée la plus fréquente est une heure annuelle (soulignée dans le tableau). Les deux heures d'une École de chimie sont réparties sur deux années : première année cinétique fondamentale, deuxième année cinétique appliquée. Cette manière de faire semble particulièrement intéressante. Notons que l'enseignement dans les maîtrises est, soit un enseignement de base (rien en Licence), soit un enseignement complémentaire.

2. Importance des travaux dirigés par rapport au cours

Tableau 2. Rapport durée du cours/durée des TD.

Licence de chimie.....	4	2	<u>1</u>			1/3 (12 et 36)
Maîtrise de chimie.....		2	<u>1</u>			
Maîtrise de chimie physique.....		2	<u>1</u>	2/3		
Écoles.....		2	<u>1</u>			

Chaque colonne correspond à un des rapports durée du cours/durée des TD. Le rapport le plus fréquent est égal à un (souligné dans le tableau). Ce rapport paraît raisonnable. En Licence de chimie on observe deux rapports limite 4 et 1/3. Dans un cas il y a très peu de TD et dans l'autre il y en a une très grande quantité par rapport au cours.

3. Importance des travaux pratiques

Tableau 3. Heures totales.

Licence de chimie.....	10 à 25
Maîtrise de chimie.....	15 à 34
Licence de chimie physique.....	8 à 32
Maîtrise de chimie physique.....	12 à 40
Écoles.....	10 à 20 et 66

En indiquant le nombre total d'heures, nous pouvons ainsi ne pas tenir compte du nombre de séances et de la durée de ces séances. On observe, là aussi, une grande variété de réponses. Le nombre 34 pour la Maîtrise de chimie comprend 18 h passées dans un laboratoire de recherche. Les 66 heures dans une École sont réparties sur les trois années et quelques séances sont « intégrées dans la chimie préparative ».

4. Programmes des cours

Tableau 4. % d'existence des chapitres

Mesure des vitesses ..	75 %	Réactions hétérogènes	50 %
Cinétique formelle ...	75 %	Catalyse hétérogène ..	100 %
Réactions élémentaires	100 %	Catalyse homogène ..	75 %
Réactions complexes .	100 %	Photochimie.....	50 %
Réactions en solution	50 %	Chimie appliquée et calcul des réacteurs ..	20 %

L'importance des différents chapitres est très variable d'un cours à un autre et il nous est difficile d'en juger. Notons un chapitre extrêmement « élastique » : celui des réactions complexes qui concerne l'essentiel des relations entre la cinétique et les mécanismes. Les cours approfondis reprennent certains chapitres des cours de base en les développant. Exemple : les réactions élémentaires.

Sur le tableau 4, nous avons représenté le pourcentage d'existence des chapitres dans les programmes qui nous ont été envoyés. La photochimie, les réactions en solution et les réactions hétérogènes sont souvent passées sous silence, probablement faute de temps. Certains enseignants préfèrent s'en tenir à la cinétique homogène, quitte à s'occuper de la cinétique hétérogène dans un enseignement complémentaire. Les réactions en chaînes font partie du chapitre des réactions complexes.

Les livres

Observer pour éduquer

par Jean-Marie de Ketele

Peter Lang éd., collection « Exploration Recherches en sciences de l'éducation », Berne, 1980. 214 pages.

Les étudiants perçoivent les enseignants comme des évaluateurs au moins autant que comme des formateurs, et leur travail est essentiellement ordonné à l'examen, selon l'idée qu'ils ont pu s'en faire, notamment auprès de leurs prédécesseurs. L'évaluation est un acte d'enseignement, à partir duquel devrait s'opérer la régulation de l'action pédagogique, et dont l'exécution consciente et réfléchie suppose une véritable compétence. Le livre de J.-M. de Ketele, écrit par un spécialiste pour les enseignants, pose bien l'ensemble des problèmes soulevés par sa mise en œuvre.

L'idée forte de J.-M. de Ketele est que l'on évalue pour prendre des décisions et, après avoir cadré dans un premier chapitre la problématique générale dans laquelle s'établissent les rapports entre éduquer, évaluer et observer, il analyse de façon précise, dans le second chapitre les fonctions de l'évaluation (évaluer pour quoi? quoi? par qui? comment?). Dépassant les typologies habituelles (Bloom, De Landsheere, Cardinet), il envisage notamment toutes les formes et les situations possibles d'évaluation, au service de diverses stratégies.

Une évaluation ne pouvant s'effectuer qu'en référence à des objectifs clairement définis à l'avance, la qualité de cette définition conditionne celle de l'évaluation. Le chapitre 3 est consacré en partie à ce sujet et, bien qu'il ne remplace pas la lecture des « classiques » en ce domaine (Bloom, de Landsheere, Hameline...), ce chapitre pose bien les questions essentielles et souligne notamment la distinction entre objectifs terminaux globaux et objectifs intermédiaires, pour insister sur le fait que les premiers ne sont pas la somme d'un certain nombre des seconds, alors que la construction des sujets d'examen s'attache en général plus à couvrir tout le champ des objectifs intermédiaires (souvent restés implicites, d'ailleurs), sans évaluer leur intégration effective dans un objectif global.

Les objectifs étant supposés clairement définis, la construction et la formulation des questions d'évaluation posent un second problème. Dans la suite du chapitre 3, J.-M. de Ketele s'attache à analyser les caractéristiques propres des items de sélection (choisir une réponse parmi plusieurs possibles) et de production (trouver en soi la bonne réponse), qui mettent en jeu des processus mentaux différents.

Une partie importante de l'ouvrage présente une typologie très fine des formes de questionnement, et l'auteur donne des indications nombreuses, précises et concrètes sur la façon (d'améliorer la formulation des questions (questions classiques, messages à compléter, textes lacunaires, items vrai-faux, questions à choix multiple, items à appariement).

Les problèmes de correction et de notation sont beaucoup moins développés, et la lecture des quelques pages qui y sont consacrées n'évitera pas d'avoir à se reporter aussi à des ouvrages de docimologie (1). J.-M. de Ketele montre cependant l'intérêt d'une correction se référant à l'atteinte des objectifs, en termes de « oui » ou « non », plutôt qu'à une échelle chiffrée de performances, et de la distinction entre objectifs minimaux et objectifs de perfectionnement.

Un autre sujet également peu développé, répondant il est vrai à une autre préoccupation, est l'utilisation de l'évaluation à l'observation des processus mentaux d'apprentissage, en vue d'une rétroaction sur les procédures mises en œuvre (évaluation formative).

Le chapitre 4 est consacré aux objectifs socio-affectifs de l'apprentissage et souligne l'importance que revêt la façon dont un sujet se perçoit, et perçoit les autres dans une situation particulière. La technique d'observation proposée ne semble toutefois applicable que dans un groupe-classe restreint.

Le livre s'achève par deux chapitres consacrés respectivement au conseil de classe et à la formation des enseignants. Leur transposition à l'enseignement supérieur, et à la pratique quotidienne des enseignants, semble plus difficile.

« Observer pour éduquer » se défend de fournir des règles ou des recettes, et ne vise qu'à formuler des propositions, permettant d'inspirer la pratique et d'aider les enseignants à élargir leur horizon, en prenant toute la mesure des problèmes de toutes sortes que pose la pratique de l'évaluation. Ce livre atteint parfaitement cet objectif et tout enseignant peut y trouver matière à alimenter sa réflexion de manière très profitable, à remettre en cause sa pratique, à réfléchir à ses comportements.

Écrit dans une langue parfaitement accessible au non-spécialiste, nourri d'exemples concrets, ce petit livre (200 pages de petit format, 150 si l'on excepte les deux derniers chapitres moins directement utilisables par les enseignants), est extrêmement riche. Incontestablement, tous les enseignants devraient l'avoir lu.

(1) On peut citer, par exemple

- H. Pieron, « Examens et docimologie », P.U.F., Paris 1963.
- G. de Landsheere, « Évaluation continue et examens ». Précis de docimologie », F. Nathan et Éditions Labor éd., 4^e édition, 1976.
- G. Noizet et J.-P. Caverni, « Psychologie de l'évaluation scolaire », P.U.F., Pédagogie d'aujourd'hui, 1978.

5. Originalité de la présentation et sujets particuliers

Évidemment, beaucoup de cours se ressemblent. Nous avons jugé nécessaire de noter les originalités suivantes.

- Influence du mode d'activation ; catalytique, homogène, thermique, photochimique, radiochimique (Nancy, École).
- Phénomènes de transports : conductivité thermique, diffusion, viscosité, théorie cinétique des gaz (Lyon, École).
- Réactions rapides (Brest ; Strasbourg).
- Séparation phase gazeuse, phases condensées (Louvain-la-Neuve).
- Accent important mis sur l'utilisation de la cinétique pour la détermination des mécanismes en chimie organique (exemple de Toulouse).

6. Nombre d'élèves des cours de cinétique

Tableau 5. En 1980 ou 1981

Licence de chimie	20 à 150 90	(Paris VI) (Toulouse)
Licence de chimie physique	12	(Dijon)
	16	(Nancy)
	35	(Paris VII)
	40	(Orsay)
	60	(Paris VI)
Maîtrise de chimie physique	~ 10	
Écoles	~ 50	

7. Programme des D.E.A. en cinétique

Nous ne mentionnerons pas la durée (donc l'importance) qui est assez variable.

Notre liste n'est pas limitative, mais elle donne une bonne idée de ce qui se fait.

- Catalyse hétérogène (Nancy, Lyon).
- Cinétique hétérogène (Dijon).
- Catalyse homogène (enzymatique-acido-basique) (Paris VI et VII).
- Réactions radicalaires (Nancy).
- Cinétique thermochimique fondamentale et appliquée (Nancy).
- Méthodes d'intégration analogique et numérique (Lille).
- Cinétique rapide et techniques de relaxation (Paris VI, Lille).
- Cinétique appliquée (Bruxelles).
- Photochimie (Bruxelles, Nancy).

8. Conclusion de l'enquête

Cette enquête, bien qu'incomplète, donne une vue assez intéressante sur l'enseignement de la cinétique chimique. De grandes disparités existent mais des valeurs moyennes apparaissent. Son inexistence dans une Université est probablement accidentelle et son développement très important dans une autre provient d'une option qui n'est pas suivie par tous les élèves. Les deux heures de cours n'existent que dans une seule École.

On remarque aussi la manière de réagir des enseignants devant le manque de temps : suppression d'une partie du programme ou étalement sur deux années.

Il nous paraît extrêmement souhaitable que là où l'enseignement est peu développé, il évolue en direction des valeurs moyennes que nous avons mises en évidence.

Conclusion du colloque

De l'avis général, cette réunion sur l'enseignement de la cinétique chimique a été très fructueuse. Elle correspondait, certainement, à un besoin qui n'a pu être que partiellement satisfait en une seule fois. Une nouvelle réunion aura lieu, fin juin 1982, à Paris. Son thème sera « L'enseignement de la cinétique et de la catalyse hétérogènes ». P. Barret de Dijon a été chargé de son organisation.

Les enseignants en cinétique, qu'ils soient cinéticiens de métier ou non, vont ainsi pouvoir garder le contact et continuer le dialogue.

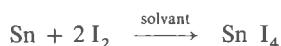
L'ensemble des assistants au colloque a donné un avis extrêmement favorable à la proposition de K. J. Laidler pour la formation d'une Commission de cinétique chimique à l'IUPAC.

Attaque de l'étain par des solutions organiques d'iode

par René Bes et Germain Lacoste

(LA CNRS 192, Institut du Génie Chimique, 31078 Toulouse Cedex)

Nous nous proposons d'étudier la cinétique de formation de l'iodure stannique à partir d'étain et d'iode en solution organique, suivant le schéma réactionnel :



Pour ce type de réaction hétérogène où les processus élémentaires de cinétique physique et de cinétique chimique se trouvent en compétition, la vitesse de consommation v du soluté est généralement (1) de la forme :

$$v = k_{ap} \cdot s \cdot (\text{soluté})^n \quad (\text{I})$$

avec (2) :

$$\frac{1}{k_{ap}} = \frac{1}{k_C} + \frac{1}{k_D} \quad (\text{II})$$

où s est l'aire superficielle du réactant solide, k_C la constante de vitesse de la réaction chimique, k_D la constante de vitesse de transfert de masse par diffusion, et, n l'ordre cinétique de la réaction.

Dans le cas présent, compte tenu que la proportionnalité entre la vitesse et la concentration en iode a déjà été établie (3), nous mettrons plus particulièrement l'accent sur l'influence de la surface de l'échantillon d'étain et de la température et, examinerons rapidement le rôle du solvant.

Protocole expérimental

Afin d'atteindre l'avancement de la réaction au cours du temps, on suit les variations de masse d'un échantillon d'étain plongé dans une solution organique d'iode, maintenue à température constante. Pour ce faire, le morceau d'étain, préalablement nettoyé au papier émeri, est suspendu à l'aide d'un fil de nylon à l'un des bras

du fléau d'une balance à deux plateaux. La longueur du fil est ajustée de telle sorte que le niveau supérieur de l'échantillon soit à 1 cm environ au-dessous du niveau de la solution.

La précision de la balance utilisée est de 10^{-4} g. l'étain employé titre 99,999 9 % : on utilise des échantillons cylindriques de diamètre 0,595 cm et de hauteurs différentes, afin de faire varier commodément l'aire superficielle.

Cette technique expérimentale n'est applicable, en toute rigueur, que si la masse volumique de la solution reste constante dans le temps. Dans le cas contraire, compte tenu de la poussée d'Archimède, le coefficient de proportionnalité entre le volume et la masse de l'échantillon ne serait plus constant dans le temps. Ici, compte tenu des faibles degrés d'avancement de réaction considérés, on observe, aux erreurs de mesures près, la constance de la masse volumique de la solution ; par ailleurs et toujours pour la même raison, il y a lieu de considérer que les expériences rendent compte de la cinétique initiale de la réaction, afin de faciliter l'exploitation des résultats. Il est en effet hors de question, dans le cadre d'un enseignement pratique, d'introduire une complication supplémentaire rencontrée dans l'étude de la cinétique « au cours du temps » de telles réactions, c'est-à-dire la variation de la surface du solide en cours de réaction (voir à titre d'exemple la référence 4). Au total, il s'agit donc ici de vérifier la loi cinétique initiale :

$$v_0 = k_{ap} \cdot s_0 \cdot (\text{I}_2)_0 \quad (\text{III})$$

et, par l'influence de la température sur k_{ap} de dégager éventuellement la nature du processus déterminant.

Résultats

Les résultats obtenus en solution benzénique sont portés sur la figure 1 où l'on a représenté la perte de masse de l'échantillon par unité de surface en fonction du temps et ce, pour divers échantillons et pour différentes concentrations d'iode. A température et concentration d'iode fixées, l'obtention de droites justifie la loi de