

l'actualité chimique

recherche - industrie - enseignement

Mensuel Décembre
1997

n° 12

- 
- **SFC 97,
le congrès
de la Société
Française
de Chimie :
compte rendu**
 - **Centenaire
de la
radioactivité
(suite)**

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE CHIMIE

SFC
SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE CHIMIE

Leur avenir dépend du succès de nos recherches

Découvrir les médicaments de demain, programmer les formes galéniques qui seront au cœur des nouvelles thérapeutiques pour soigner de nouveaux segments de maladie, telle se définit, depuis plus de 40 ans, la Vocation de Recherche du Laboratoire L. Lafon.



LABORATOIRE L. LAFON

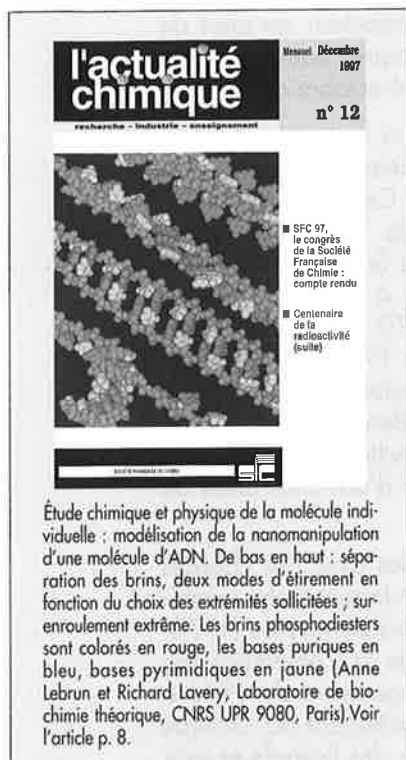
Prix Galien 1991 & 1997



LABORATOIRE L.LAFON

B.P. 22 - 94701 Maisons-Alfort France Tél : 01.49.81.81.00

SOMMAIRE



É D I T O R I A L

- L'Actualité Chimique est en deuil, par M. Julia..... 2

S F C 9 7

- SFC 97 : le congrès de la Société Française de Chimie, Bordeaux-Talence, 7-12 septembre 1997..... 4

Recherche

- Évaluation de la valorisation de la recherche universitaire, par J. Minoux 4
- Compte rendu : division Chimie physique en interaction avec les divisions Catalyse et Chimie analytique, par P.-C. Lacaze 8

A l'interface recherche-industrie

- La valorisation de la recherche publique, par J. Jousset-Dubien..... 9
- Stratégie commune, recherche publique et industrie chimique, par P. Avenas 11

A l'interface industrie-enseignement

- Contribution de l'industrie chimique à l'évolution de l'enseignement de la chimie en France et en Europe, par G. Gaillard..... 12

Enseignement

- L'enseignement de la chimie dans les collèges et les lycées, par D. Secrétan 14
- Évolution de l'enseignement dans les écoles de chimie et de génie chimique, par H. Gasparoux 16
- La formation pédagogique des enseignants du supérieur, par M. Gomel 18

E N S E I G N E M E N T

- La 4e Conférence européenne sur la recherche et l'innovation en «chemical education» (ECRICE), York (Angleterre), 9-12 septembre 1997, par J. Carretto 21
- Épreuves sélectionnées des Olympiades nationales de la chimie. Chapitre IX : Chimie industrielle (suite) : Électrochimie et corrosion 23

H I S T O I R E D E L A C H I M I E

- Le rôle de la chimie dans l'histoire de la radioactivité (1898-1939), par J.-P. Adloff..... 26
- Raymond Paul (1907-1997), par M. Julia..... 32

L I V R E S

N O U V E A U T É S

I N D E X

F I C H E C A T A L Y S E N ° 4 2

- Spectroscopie Mössbauer. Application à la catalyse hétérogène 39

Rédaction

Rédacteur en chef : Gérard Montel

Rédacteur en chef adjoint : Thérèse Chaudron

Secrétaire de rédaction, coordination, réalisation, mise en page : Évelyne Girard

Comité de rédaction : F. Bonneville (Club des jeunes, J. Buendia (Roussel Uclaf), P. Caro (Cité des Sciences), M. Carréga (div. Matér. polym.), J.-C. Depezay (com. inter. Ens.), J.-B. Donnet (SIM et ancien président de la SFC), D. Duprez (div. Cata.), N. El Murr (div. Chim. anal.), J.-P. Foulon (UDP), J. Fournier (club Histoire), J.-F. Gruson (IFP), J.-P. Guetté (CNAM), B. Jacquet (SFC), C. Jeanmart (SFC), J.-M. Lefour (Polytechnique), J.-C. Mendelsohn (Elf Atochem), P. Millié (div. Chimie physique), R. Ouliac (Rhône-Poulenc), G. Ourisson (ULP, Strasbourg), A. Picot (Prévention des risques chimiques), M. Quarton (div. Chim. solide), E. Samuel (div. Chim. coord.), G. Schorsch (SFC), J.-N. Verpeaux (div. Chim. orga.), C. Viel (club Histoire)

Publication analysée ou indexée par : Chemical Abstracts, la base de données PASCAL.

Édition

Société Française de Chimie.

Directeur de la publication : Marc Julia, président de la Société Française de Chimie.

Imprimerie : SPEI, BP 26, 54425 Pulnoy.

ISSN 0151 9093

Commission paritaire n°0402 G 75884

Publicité : EDIF, Le Clémenceau, 102, avenue Georges Clémenceau, 94700 Maisons-Alfort.
Tél. : 01.43.53.64.00. Fax : 01.43.53.48.00.

Toute représentation ou reproduction, intégrale ou partielle, fait sans le consentement de l'auteur, ou de ses ayants droits, ou ayants cause, est illicite (loi du 11 mars 1957, alinéa 1^{er} de l'article 40). Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code pénal. La loi du 11 mars 1957 n'autorise, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, que les copies et les reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective d'une part, et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration.

Index des annonceurs

Chemcad..... p. 25
Cirana..... 3e couv
Clariant/Hoechst 4e couv
Coletica..... p. 38

De Boeck..... p. 33
Degussa..... p. 35
Expanchimie/Pharmascience..... p. 3
Laboratoire Lafon..... 2e couv

Tarifs 1998

L'Actualité Chimique (11 numéros par an)

• Particuliers/Institutions

France 1 100 FF
Étranger 1 325 FF

• Étudiants*

France 420 FF
Étranger 660 FF

* Sur présentation de la carte d'étudiant

• Membres de la SFC : service inclus dans la cotisation.

Abonnement :

Société Française de Chimie, 250 rue Saint-Jacques, 75005 Paris. Tél. : 01.40.46.71.60. Fax : 01.40.46.71.61

Prix de vente au numéro : 120 FF

© SFC, 1997 - Tous droits réservés - Dépôt légal : décembre 1997

L'Actualité Chimique est en deuil

Gérard Montel, rédacteur en chef de *L'Actualité Chimique*, nous a quittés brusquement le 24 octobre dernier.

Né le 24 avril 1925, il a fait ses études à l'École Nationale Supérieure de Chimie de Paris, puis une thèse au Centre d'études de chimie métallurgique de Vitry du Centre National de la Recherche Scientifique. Après avoir été chef de travaux à l'ENSCP, il a été

nommé à la Faculté des sciences de Toulouse (devenue en 1970 l'université Paul-Sabatier). Successivement maître de conférences, puis professeur en 1967, il a été président du conseil constituant de l'Institut National Polytechnique de Toulouse (1970), directeur adjoint de l'ENSCT de 1965 à 1970, vice-président puis président (1976-1980) de l'Institut National Polytechnique de Toulouse. Il prend ensuite la direction de l'École normale supérieure de Cachan de 1980 à 1985 et reste au conseil d'administration de 1988 à 1991.

Pendant toute cette période, il a cumulé ses fonctions opérationnelles avec des charges fonctionnelles. Il a été successivement membre du Comité national de la recherche scientifique (1967-1971 et 1980-1982), membre du Conseil consultatif des universités (1973-1976 et 1980-1981), membre de la Commission administrative de la Conférence des grandes écoles de 1976 à 1982, de la Commission des titres d'ingénieurs de 1976 à 1985 et du Comité technique paritaire national (1976-1981), président du Groupe d'études techniques chargé de l'habilitation des universités à délivrer des licences et maîtrises à finalité professionnelle (1976-1980), consultant à la Mission de la recherche du ministère des universités pour les Sciences de l'ingénieur en 1980, chargé de mission permanent auprès du directeur de la Recherche au ministère de la Recherche et de l'Enseignement supérieur (1986-1988) et délégué général de la Commission des titres d'ingénieur pour les affaires européennes (depuis 1989).

Pendant ce temps, ses recherches scientifiques se poursuivaient dans son équipe de recherche associée au CNRS, sur l'élaboration, la réactivité et la protection des matériaux (1967-1980). Il était également secrétaire général de la Société des Hautes Températures et des Réfractaires (1973-1980).

Son expertise sur les matériaux réfractaires l'a amené à écrire un livre *Introduction à la chimie structurale* (1969, réédité en 1979 et 1985). Parmi ses écrits : le compte rendu du Colloque international sur les phosphates minéraux solides (Toulouse, 1967), le compte rendu du Colloque international du CNRS sur la physico-chimie et la cristallographie des apatites d'intérêt biologique (Paris, 1973). Son œuvre se trouve dans de nombreux mémoires et notes à l'Académie des sciences.

Il a été toute sa vie très dévoué à notre Société puisqu'il était membre du conseil de la Société Chimique de France (1969-1971) et membre de la Société de Chimie physique qui se sont réunies en 1986 pour donner naissance à la Société Française de Chimie. Il a été membre du bureau de la division Enseignement de la chimie de cette Société de 1987 à 1991, puis président de la commission interdivisions Enseignement.

Il faut mentionner spécialement l'œuvre considérable effectuée par Gérard Montel pour les Olympiades nationales de la chimie (1984-1994). Il a fortement contribué à sa création même, avec M. Barbouteau, et n'a cessé de lui insuffler son enthousiasme pendant toutes ces années où il en a assuré la présidence. Depuis 1994, il a été nommé président d'honneur des Olympiades nationales de la chimie.

Il s'est dévoué sans compter, après le départ de notre collègue R. Hamelin, dans le rôle de rédacteur en chef de *L'Actualité Chimique* et tous nos lecteurs ont pu voir sa marque, son souci permanent d'apporter un outil de liaison entre les trois communautés qui constituent notre Société, à savoir le monde de l'enseignement, le monde de la recherche et le monde de l'industrie - ses trois composantes se recouvrant d'ailleurs partiellement.

Une des grandes joies de son existence a certainement été la prise en compte des progrès apportés par les Olympiades de la chimie dans l'enseignement secondaire pour l'élabo-

ration des nouveaux programmes. Cette réussite même posait d'ailleurs problème dans la mesure où les étudiants ainsi formés abordaient ensuite un enseignement supérieur qui devait à son tour se rénover en profondeur pour accueillir ces nouveaux jeunes gens. Il avait consacré une bonne partie de *L'Actualité Chimique* à l'aide ainsi apportée à nos collègues enseignants dans les premiers cycles de l'université et classes préparatoires, pour les aider dans cette tâche.

Une vie aussi remplie avait heureusement été récompensée par un certain nombre de distinctions : Gérard Montel était chevalier de la Légion d'honneur, officier de l'ordre national du Mérite et commandeur des Palmes académiques. Il avait reçu la médaille de vermeil de la Société d'Encouragement au Progrès (1971), la médaille d'argent de la Société d'Encouragement à la Recherche et à l'Invention (1972). Il était lauréat de l'Institut (prix Claude-Berthaut, 1975) et avait reçu la Médaille de l'Activité d'enseignement de la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale (1990).

Tous ceux qui l'ont approché, qui ont eu l'occasion de travailler avec lui, auront été frappés par les traits distinctifs de ce tempérament hors du commun. A sa très grande compétence professionnelle, s'ajoutaient des qualités majeures : le sérieux dans ses approches, l'amour du travail bien fait, le souci de communiquer avec ses contemporains - en particulier les jeunes générations. Travailler avec lui était un vrai plaisir grâce à sa gentillesse et à son ouverture d'esprit.

Tous les membres du bureau et le personnel de notre Société garderont un souvenir fidèle de ce compagnon de travail. Il aura dépensé ses forces jusqu'au dernier moment, et je voudrais exprimer à lui et à Mme Gérard Montel nos très vifs remerciements et notre reconnaissance pour l'œuvre qu'il aura accomplie au service de tous.

Marc Julia

LA DISTILLATION MOLECULAIRE



ExpanCHIMiE chimie fine

La Société Expanchimie, pôle chimie fine du Groupe Expanscience, possède un savoir-faire unique dans le domaine de la distillation moléculaire. Ce procédé physique d'évaporation fractionnée sous vide poussé s'applique à des produits sensibles à la chaleur, de haut poids moléculaire et de faible volatilité. Mis au point à l'échelle industrielle par le Groupe, ce procédé de haute technologie lui a permis de devenir le principal fabricant d'insaponifiables d'avocat et de soja au plan mondial.

LE PÔLE CHIMIE EST CONSTITUÉ DE :

- Un service de recherche spécialisé dans le domaine du fractionnement,
- Une unité de production travaillant en continu,
- Un service commercial France et Export.

LA SOCIÉTÉ EXPANCHIMIE POSSÈDE DEUX SECTEURS D'ACTIVITÉ :

- La fabrication de principes actifs cosmétiques,
- La distillation moléculaire à façon.



EXPANCHIMIE

DIVISION INDUSTRIE

LABORATOIRES PHARMASCIENCE

Contact : Pour tous renseignements

Si vous êtes intéressé par cette technologie, si vous pensez qu'elle peut s'appliquer à l'un de vos produits, veuillez contacter : Marie GOUBRAN - Tél. : 02 37 20 33 16 - Fax : 02 37 83 76 69
Rue des Quatre Filles - 28230 EPERNON - Tél. : 02 37 20 33 16 - Fax : 02 37 83 76 69

SFC 97 : le congrès de la Société Française de Chimie

Bordeaux-Talence, 7-12 septembre 1997

Le congrès de la Société Française de Chimie, SFC 97, s'est tenu à Bordeaux trois ans après celui de Lyon. Nous en publions ici, regroupés en quatre sous-rubriques (Recherche, A l'interface recherche-industrie, A l'interface industrie-enseignement et Enseignement) :

- un compte rendu préparé par la division Chimie physique,
- des interventions :
 - du symposium S19 : Vers une nouvelle conception de l'enseignement de la chimie pour de nouveaux étudiants,
 - et du symposium S27 : Recherche publique en chimie et industrie chimique : vers une stratégie commune.

Recherche

L'Act. Chim. (SFC 97) 1997, 12, 4-7

Évaluation de la valorisation de la recherche universitaire

Jean Minoux* chargé de mission

Dans le cadre de la contractualisation quadriennale unique, les établissements d'enseignement supérieur sont invités à présenter leur bilan pour les quatre années écoulées et leur plan pour les quatre années à venir en considérant toutes leurs différentes missions et activités correspondantes et en dégagant la cohérence d'ensemble.

La valorisation du potentiel et des résultats de leur recherche est une des missions de ces établissements depuis

* Ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, Mission Scientifique et Technique, 1, rue Descartes, 75231 Paris Cedex 05.
Tél. : 01.46.34.48.46. Fax : 01.46.34.36.94.
Exposé présenté au symposium S27.

la loi d'orientation et de programmation de la recherche de juillet 1982 et la loi sur l'enseignement supérieur de janvier 1984. La valorisation doit donc être traitée comme les autres fonctions des établissements d'enseignement supérieur dans le cadre de la contractualisation. Ceci implique la préparation et la pré-

sentation par les établissements de dossiers spécifiques correspondants, puis leur évaluation par le ministère avant la négociation et la signature des contrats.

Dans le cadre de sa mission d'expertise, c'est la Mission Scientifique et Technique (MST) qui a proposé puis mis en place cette évaluation de la

recherche universitaire au cours des quatre dernières années.

Dans les chapitres suivants seront exposés les étapes de cette opération, les principes et procédures retenus pour cette évaluation, les résultats enregistrés.

Étapes de la mise en place de la valorisation de la recherche universitaire

En 1994, les courriers adressés par le ministère pour lancer la contractualisation dans les établissements de la première vague rappelaient simplement en un mot que la valorisation était à prendre en considération dans le volet recherche du contrat.

L'examen des dossiers reçus a montré que deux tiers environ des établissements ignoraient ou paraissaient ignorer pratiquement la valorisation. Les autres établissements ont témoigné d'une prise en compte effective de la valorisation dans leur projet de contrat, mais à part quelques exceptions, leurs dossiers valorisation sont apparus très succincts et incomplets.

En 1995, la lettre adressée aux établissements de la deuxième vague de contractualisation par le ministère, en vue de la présentation du volet recherche, comportait une annexe détaillée pour expliciter les éléments qu'un dossier valorisation d'établissement pouvait utilement contenir sur le plan de la politique, des structures, du bilan, des projets importants, du budget.

Dans les dossiers reçus, les témoignages d'activité effective de valorisation sont apparus plus nombreux : 70 % des établissements, avec une présentation relativement satisfaisante pour 35 % des établissements et une présentation très satisfaisante pour 15 % d'entre eux.

En 1996, les courriers du ministère adressés aux établissements pour lancer la troisième vague de contractualisation détaillèrent également les éléments à apporter au dossier valorisation de l'établissement du volet recherche de son contrat. En outre, il fut proposé aux équipes de recherche, volontaires pour être évaluées sur le plan de la valorisation, de présenter un dossier spécifique valorisation. En septembre, ces dispositions concernant la valorisation et son évaluation firent l'objet d'une présenta-

tion aux conseillers d'établissement pour leur permettre d'apporter aux établissements d'utiles indications dans ce domaine.

La qualité des dossiers reçus, concernant la valorisation au niveau de l'établissement, est apparue d'un niveau comparable à celui de la vague précédente, donc encore globalement insuffisant.

Seulement un très petit nombre de dossiers valorisation d'équipe de recherche (une trentaine) a été reçu. Un effort certain de communication sur la valorisation de la recherche universitaire et son évaluation est apparu nécessaire.

En 1997, les établissements de la quatrième et dernière vague de contractualisation ont également été invités à présenter des dossiers spécifiques valorisation au niveau de l'établissement et au niveau des équipes de recherche volontaires, en se référant à un guide de l'évaluation de la valorisation de la recherche universitaire édité et diffusé en janvier à tous les établissements par la Mission Scientifique et Technique, afin d'améliorer précisément la communication sur la valorisation et son évaluation.

Principes et procédures de l'évaluation de la valorisation de la recherche universitaire

Ces principes et procédures sont présentés en détail dans le guide qui vient d'être signalé. Seuls les points essentiels seront présentés ici.

Les évaluations sont effectuées par des groupes d'experts à partir des dossiers reçus des établissements et de leurs équipes de recherche.

Il y a trois groupes d'experts, de 12 membres chacun, pour l'évaluation des dossiers valorisation des équipes de recherche correspondant aux trois domaines suivants : « sciences dures », « sciences du vivant », « sciences humaines et sociales, droit, économie, gestion ».

Chaque groupe comporte des représentants des départements scientifiques de la MST, des acteurs socio-économiques, des professionnels de la gestion des ressources technologiques, des responsables de valorisation d'établissement et le chargé de mission à la MST pour la valorisation, lequel assure le

secrétariat de tous les groupes d'experts d'évaluation de la valorisation.

Un quatrième groupe est constitué de ce chargé de mission à la MST pour la valorisation et de trois responsables de la valorisation d'établissement appartenant aux trois groupes précédents. Ce dernier groupe a la charge d'évaluer les dossiers valorisation au niveau de l'établissement.

Chaque dossier fait l'objet d'une double lecture par deux experts d'un même groupe. A partir de l'exposé de leurs deux expertises, et après discussion, le groupe retient une cotation globale de A à D dans le sens d'une satisfaction décroissante et dégage les éléments d'un message d'appréciations et de recommandations.

Dans le cas des dossiers d'établissement, le groupe retient également une cotation de A à D de l'intérêt et de la justification des projets de l'établissement concernant la valorisation susceptibles d'être soutenus par le ministère.

Afin d'aller dans le sens de l'objectivité et de l'homogénéité, il est demandé à chaque expert, avant l'évaluation faite en groupe, une fiche de cotation de A à D de différents critères d'évaluation, dont la liste est donnée ci-après, d'une part pour les dossiers d'établissement (*tableau I*), d'autre part pour les dossiers d'équipes (*tableau II*).

Bien entendu, ces critères correspondent aux conditions d'une bonne activité de valorisation et aux objectifs du ministère dans ce domaine, l'un d'entre eux étant d'ailleurs de voir les établissements avoir une politique volontariste de valorisation, bien adaptée à leurs propres caractéristiques et à leur environnement scientifique, technologique et socio-économique.

Toujours par souci d'objectivité, il est proposé aux établissements et aux équipes de réserver dans leurs dossiers, à côté de l'exposé littéral de leur bilan, de leur politique, de leur organisation et de leurs projets de valorisation, une place pour des tableaux d'indicateurs quantitatifs. Ceux-ci doivent être des témoins de la confiance des milieux socio-économiques dans la capacité de valorisation de ces établissements et équipes, de l'intensité, de la diversité et de la fécondité de leur valorisation. Une liste en est donnée ci-après (*tableau III*) pour les principales formes de valorisa-

Tableau I - Critères d'évaluation des dossiers valorisation d'établissement.

- 1 - Présentation de la politique de valorisation
- 2 - Présentation des indicateurs quantitatifs
- 3 - Présentation de l'organisation et des moyens
- 4 - Présentation budgétaire
- 5 - Intelligence de la politique de valorisation
- 6 - Intensité de la valorisation
- 7 - Fécondité de la valorisation
- 8 - Existence et ancienneté d'un service interne de valorisation
- 9 - Existence de centres de ressources technologiques
- 10 - Collaboration avec le réseau de diffusion technologique
- 11 - Autofinancement
- 12 - Intérêt et justification des projets susceptibles d'être soutenus par le ministère.

Tableau II - Critères d'évaluation des dossiers valorisation d'équipe.

- 1 - Présentation de l'activité valorisation
- 2 - Présentation des indicateurs quantitatifs
- 3 - Intelligence des orientations
- 4 - Équilibre des activités de recherche et de valorisation
- 5 - Fécondité de la valorisation.

tion. Ces indicateurs, pris isolément, n'ont sans doute pas grande valeur absolue, mais considérés dans leur ensemble et dans leur évolution au cours des années, ils peuvent éclairer les critères précédents et constituer ainsi d'utiles outils d'évaluation.

En définitive, le chargé de mission de la MST pour la valorisation adresse au chef de la MST pour exploitation les fiches de synthèse d'évaluation des dossiers de valorisation des établissements avec : cotation globale, cotation des projets susceptibles d'être soutenus, message d'appréciations et de recommandations, rappel du soutien éventuellement demandé, proposition éventuelle de soutien. Des commentaires généraux et un récapitulatif des propositions de soutien financier accompagnent ces fiches. Il a été convenu que, jusqu'à nouvel ordre, les soutiens financiers, sous forme de PPF (programme pluri-formation) affectés aux présidents ou directeurs allaient essentiellement aux projets destinés à mettre en place ou développer une structure spécifique de valorisation ou à stimuler et améliorer les capacités des personnels à valoriser leur recherche. Ces PPF ne sont pas la sanction d'une bonne activité de valorisation, celle-ci doit tendre à l'autofinancement, mais des aides aux bons projets des établissements bien appréciés dans leur effort de valorisation.

En ce qui concerne l'évaluation des

dossiers valorisation des équipes de recherche, le chargé de mission à la MST pour la valorisation adresse aux directeurs des départements scientifiques les fiches de synthèse d'évaluation avec : cotation des différents critères retenus, cotation globale, proposition de message d'appréciations et de recommandations, éventuelle proposition d'abondement des ressources au titre de la valorisation.

Il a été convenu qu'il appartenait aux directions scientifiques de proposer un message unique pour la recherche et la valorisation, un soutien financier unique pour la recherche et valorisation, car il n'a pas semblé opportun de dissocier recherche et valorisation. Mais bien entendu, l'équipe doit pouvoir se rendre compte si son activité de valorisation, en bon équilibre avec sa recherche, est bien appréciée, reconnue et soutenue.

Seuls les messages d'appréciations et de recommandations et les montants de soutiens éventuellement accordés ont été portés à la connaissance des intéressés. La question peut être posée de la communication du détail des différentes cotations. Cela peut paraître délicat dans la mesure où elles se présentent plus comme des aides à une évaluation homogène et systématique que comme des jugements catégoriques. Des commentaires et des conseils oraux adaptés, apportés aux responsables concernés seraient certainement plus bénéfiques.

La méthode qui vient d'être présentée est issue de l'expérience des 3 premières vagues de contractualisation, elle a été intégralement appliquée pour la 3e vague et le mi-parcours de la 1re vague.

La diffusion du guide de l'évalua-

tion, qui l'explicite, et d'un annuaire des experts, témoigne de la volonté de la MST d'être aussi transparente que possible dans cette opération et d'être à l'écoute de toutes les propositions d'amélioration.

Résultats

Comme cela a déjà été indiqué plus haut, les dossiers spécifiques valorisation des équipes de recherche sollicitées pour la première fois lors de la 3e vague ont été très peu nombreux (une trentaine). Même si certaines des équipes correspondantes, bien appréciées sur le plan de la valorisation, ont pu de ce fait bénéficier d'un abondement financier de leurs ressources, il est prématuré de vouloir dégager des résultats intéressants de cette expérience, qui devrait pouvoir être poursuivie lors des prochaines vagues de contractualisation.

Les dossiers valorisation des établissements par contre ont été beaucoup plus nombreux et ont progressé sur le

Tableau III - Indicateurs quantitatifs d'évaluation de la valorisation dans ses formes principales.

Recherche partenariale

Ratio chercheurs en recherche partenariale

Recette brute totale annuelle sur contrats

« Dépôts » de brevets français

« Extensions » de brevets français

Nombres de premières exploitations ou cessions

Recette brute annuelle totale sur exploitations et cessions

Prestations de service

Recette brute totale annuelle

Consultance

Ratio chercheurs autorisés

Valorisation des résultats de recherche propre

« Dépôts » de brevets français

« Extensions » de brevets français

Nombre de premières exploitations ou cessions

Recette brute totale annuelle sur exploitations et cessions

Essaimage

Entreprises créées dans l'année.

Emplois créés dans l'année dans les entreprises créées dans l'année.

Tableau IV - Pourcentage des cotations A, B, C, D des critères d'évaluation des dossiers valorisation des établissements de la 3e vague de contractualisation.

Critères	Niveau			
	A	B	C	D
Présentation de la politique de valorisation	23	23	36	18
Présentation des indicateurs quantitatifs	12	12	23	53
Présentation de l'organisation et des moyens	12	23	18	47
Présentation budgétaire	0	18	41	41
Intelligence de la politique de valorisation	18	41	12	29
Intensité de la valorisation	12	41	35	12
Fécondité de la valorisation	6	29	47	18
Service interne de valorisation	18	24	29	29
Centres de ressources technologiques	6	12	24	58
Collaboration RDT	12	6	23	59
Autofinancement	18	12	29	41
Intérêt et justification				
des projets susceptibles d'être soutenus	41	18	6	35
Cotation globale	18	36	23	23

plan de la qualité au cours des vagues successives.

Lors de la deuxième vague de contractualisation, 5 établissements bien appréciés sous l'angle de la valorisation ont bénéficié d'un appui financier du ministère, sous forme de PPF, pour mettre en place ou améliorer leurs moyens spécifiques de valorisation. Le total des aides dégagé à cette fin s'est élevé à 1 000 kF.

Lors de la troisième vague, une somme sensiblement double a pu être dégagée de même sur les crédits de recherche pour soutenir 9 de tels projets.

Il peut être également intéressant de donner ici le *tableau IV* ci-dessus.

Mais les résultats les plus importants de l'expérience ainsi menée d'évaluation de la valorisation, ou auxquels elle a pu contribuer, sont sans doute plus d'ordre qualitatif.

Un premier point est sans doute le développement, enregistré au sein des établissements d'une volonté de penser

et d'organiser au niveau l'établissement, dans le cadre de sa politique générale, la fonction valorisation, qui auparavant apparaissait le plus souvent dans les laboratoires comme des activités indépendantes, sources de revenus complémentaires.

Un deuxième point à noter correspond à la distinction à faire entre valorisation socio-économique et valorisation culturelle.

L'évaluation mise en place correspond à la première, elle vise à faire bénéficier plus directement le tissu national socio-économique, les acteurs socio-économiques, des compétences et des résultats de la recherche publique, notamment universitaire. Elle correspond aux objectifs des lois de 1982 et 1984 citées précédemment.

La valorisation culturelle correspond essentiellement à une diffusion plus large, à la vulgarisation, des résultats de la recherche. Elle a son intérêt certes, mais elle demanderait

d'autres critères d'évaluation.

Les établissements ou départements à dominante sciences humaines et sociales, droit, économie, gestion ont plus que les autres tendance à considérer surtout cette valorisation culturelle. L'expérience menée d'évaluation de la valorisation socio-économique a sans doute attiré leur attention sur cette dernière, comme certains dossiers de la 3e vague ont pu le montrer. Cela est très important quand on veut bien voir que l'innovation, que l'on cherche à développer, ne fait pas uniquement appel à des aspects purement technologiques.

Enfin l'évaluation de la valorisation, telle qu'elle est mise en place, incite dans cette fonction au professionnalisme, à la rigueur de gestion, à l'obtention de résultats positifs effectifs. Les établissements paraissent en avoir de plus en plus conscience. Il faut relever ici les efforts qu'ils peuvent développer dans ce sens : systèmes adaptés d'organisations et de structures internes et externes, mise en commun de certains moyens entre plusieurs établissements...

Conclusions

L'absence de remarques sur le guide de l'évaluation et les résultats précédents conduisent à penser qu'il convient de continuer d'évaluer ainsi dans le cadre de la contractualisation la valorisation de la recherche universitaire, en tenant compte bien sûr des nouvelles orientations qui pourraient être souhaitées et des propositions d'adaptations et d'améliorations toujours sollicitées.



SOPPEC

Le spécialiste français des peintures de marquage/répérage en aérosols

Z.I. - 16440 NERSAC - FRANCE - TÉL. (03) 45 90 50 15 - FAX (03) 45 90 58 67

Compte rendu : division Chimie physique

en interaction avec les divisions Catalyse et Chimie analytique

Pierre-Camille Lacaze* professeur

La division Chimie physique, fortement multidisciplinaire, rassemble des physicochimistes aux sensibilités variées, relevant typiquement de la chimie théorique et de la modélisation, de la physicochimie des solutions, des interfaces solide-liquide ou liquide-liquide, et aussi de l'analyse instrumentale. Toutes ces tendances étaient largement représentées au travers de différents symposiums organisés par la division Chimie physique, ou en participation avec d'autres divisions (Catalyse, Chimie analytique).

Les thèmes retenus :

– « **Réactivité en milieu confiné** » (symposium 2, responsables : F. Argoul, E. J. Dufoure),

– « **Interactions aux interfaces ; problèmes fondamentaux, caractérisation et applications** » (symposium 9, responsable : MM. Tadjeddine, Delamar),

– « **Réactivité autour du rayonnement synchrotron** » (symposium 16, responsable : O. Dutuit),

– « **Théorie et modélisation** » (symposium 22, responsable : J. C. Rayez),

– « **Réactivité en champ proche** » (symposium 25, responsable R. Lavery),

traduisent bien le souci d'une meilleure compréhension de la réactivité à l'échelle microscopique.

La réactivité en milieu confiné est un domaine en plein essor, qui va de pair avec le souci d'atteindre à tous les niveaux technologiques une miniaturisation très poussée, et de rejoindre, à un degré moindre il est vrai, les réalisations spectaculaires de la microélec-

tronique. La notion de microréacteur est désormais une réalité concrète, et les nombreuses voies de recherche exposées tout au long du congrès témoignent de l'importance et du très grand intérêt de cette thématique, recouvrant de très larges domaines de la chimie physique et de la biophysique.

Les problèmes à résoudre sont considérables. Les différentes présentations, tant orales que par voie d'affiche, font bien ressortir les différentes orientations de recherches, destinées à mieux appréhender la réactivité dans un espace confiné. On a pu ainsi apprécier les progrès réalisés dans la **conception de microréacteurs variés que sont les vésicules multilamelaires ou sphérulites, les molécules cages tensio-actives, les zéolithes** qui offrent des micro-sites volumiques parfaitement calibrés mais aussi les recherches d'avant-garde réalisées sur la manipulation d'atomes et de molécules individuelles. Concernant cette dernière thématique, les travaux présentés sont le fait d'un petit nombre d'éminents spécialistes qui consacrent une part importante de leurs efforts à l'étude des propriétés de molécules d'ADN individuelles. Parmi les résultats les plus remarquables, on notera la **mesure directe de l'élasticité d'une molécule isolée d'ADN** par l'application de techniques de manipulations extrêmement sophistiquées, et où les forces mises en jeu varient entre 10 femtonewtons et 100 piconewtons. De ces différentes présentations, il ressort que l'**AFM** est devenue désormais une **technique** extrêmement puissante, **parfaitement maîtrisée** qui, par rapport à la microscopie électronique, présente évidemment l'énorme avantage de permettre l'observation des molécules en milieu liquide.

Toutes ces études sur la réactivité en milieu confiné ou à l'échelle de la molécule et qui trouvent une source d'inspiration très forte dans la supramolécularité constituent assurément un enjeu scientifique de tout premier ordre.

C'est un domaine de recherche qui se développe rapidement et bénéficie des apports importants de la modélisation, de la contribution de plus en plus forte de la chimie théorique qui s'investit fortement dans l'étude de la réactivité de systèmes complexes, et propose de nouvelles approches méthodologiques.

Des progrès considérables ont été réalisés dans le développement de nouvelles méthodes d'analyse des interfaces à l'échelle moléculaire. Ainsi, il a été montré que l'**analyse vibrationnelle de surface** devenue extrêmement performante offre des possibilités nouvelles de caractérisation *in situ* tout à fait inédites.

La spectroscopie FTIR de modulation de polarisation, la technique de génération des fréquences sommes et différences, permettent désormais de préciser avec une grande finesse l'organisation et l'orientation de monocouches situées à une interface air-eau ou métallique. La microspectrométrie Raman confocale apporte également des informations précieuses et permet désormais de réaliser des analyses spatio-temporelles en un point quelconque d'un matériau transparent avec une résolution inférieure au μm^3 .

Il s'agit malgré tout de méthodes d'application récente et encore peu répandue, mais qui devraient rapidement se populariser, et venir compléter la panoplie des méthodes EXAFS, XANES, ou encore la vaste gamme des techniques spectroélectrochimiques UV et IR, qui restent encore les techniques majeures d'analyse *in situ* des surfaces et interfaces.

Ilodys, 1, rue Guy de la Brosse,
75005 Paris. Tél. : 01.44.27.68.05.
Fax : 01.44.27.68.14.
E-mail : lacaze@paris7.jussieu.fr

A l'interface recherche-industrie

L'Act. Chim. (SFC 97) 1997, 12, 9-11

La valorisation de la recherche publique

Jacques Jousot-Dubien* professeur émérite, Bordeaux I

Comment mieux valoriser la recherche publique ? Voilà une question qui ne quitte pas l'actualité scientifique et technologique, en France et à l'étranger. Pourquoi ce que trouvent les chercheurs n'est-il pas mieux traduit en innovations et technologies alimentant notre économie et surtout procurant des emplois. Quant au public, il est devenu méfiant des avancées technologiques et il se demande si toutes ces recherches traduites en technologie ne vont pas à l'encontre de l'emploi.

La transposition des fruits d'une recherche fondamentale menée dans un laboratoire, en technologie appliquée et en produit commercial est loin d'être comprise.

En France, la Cour des comptes a rendu, en juin dernier, un rapport public particulier sur la valorisation de la recherche dans les établissements publics à caractère scientifique et technique (CNRS, INRA, INSERM et INRIA). Les magistrats analysent les procédures d'intéressement des chercheurs ayant fait une découverte. Selon eux, la conjoncture actuelle met doublement la valorisation de la recherche à l'ordre du jour. D'abord parce que la compétitivité des entreprises est en grande partie fonction de l'efficacité du transfert des investissements intellectuels dont elles auront bénéficié. Ensuite du fait de la nécessité de maîtriser la progression des dépenses publiques en matière de recherche qui plaide en faveur d'un ré-équilibre entre les financements publics et ceux assurés par les entreprises privées.

La valorisation de la recherche publique et l'intérêt à rapidement opérer le transfert des résultats de la recherche

obtenus dans les laboratoires pour aboutir à un développement industriel, sont des problèmes complexes qui dépassent les différences sociologiques et culturelles d'un pays à l'autre.

A la base, on a affaire à deux cultures différentes, celle du monde académique et celle du secteur industriel, quel que soit le pays.

Le chercheur, universitaire ou CNRS, INSERM, etc., a l'ambition d'être connu et reconnu, pas seulement de ses collègues immédiats, mais du monde scientifique entier. Pour cela il publie le plus possible - trop diront certains - dans des revues « top niveau » des résultats qu'il dit originaux. Un article dans *Science* ou dans *Nature* est un couronnement. Il veut être le premier à trouver, à découvrir mais sa contribution ne sera acceptée par la communauté scientifique que s'il est lu et si ses résultats sont confirmés par d'autres scientifiques. Si les résultats de ses recherches peuvent donner lieu à des applications, notre chercheur est comblé, mais ce n'est pas sa préoccupation première.

Le chercheur académique publie, communique, participe à des congrès, à des commissions, dirige des thèses... Il se déplace, fait des séjours à l'étranger et il ne dédaigne pas les prix, ceux de notre Société, de l'Académie, le prix Nobel au dessus de tout.

L'homme de l'industrie est à cent lieux de cette description. Le but de la R & D est de placer l'entreprise dans la meilleure position possible par rapport aux concurrents, de prendre des parts de marché, d'accroître la compétitivité de l'entreprise et, en tout cas, de ne pas se laisser dépasser. L'originalité n'est pas forcément recherchée, ni la notoriété individuelle. La discrétion est la règle. Les publications ne font pas partie du jeu essentiel du monde industriel, ni les échanges avec les concurrents. Des objectifs clairs et précis sont signifiés à ceux qui sont engagés en recherche industrielle.

Ces descriptions en noir et blanc souffrent de beaucoup d'exceptions. Nous connaissons tous des chercheurs employés dans des entreprises industrielles qui ont fait des découvertes majeures, dignes de celles attendues du monde académique et récompensées par des prix, le Nobel en particulier. Et il y a des chercheurs académiques qui réussissent bien dans le monde industriel. Mais ce sont des exceptions, tout particulièrement en France.

A la base, il y a bien deux cultures qui se développent côte à côte, avec métissage il faut le reconnaître. Il fut un temps où les deux activités ne faisaient pas bon ménage. La recherche était pure et, les chercheurs, des moines d'une nouvelle religion.

* Laboratoire physique des interactions ondes-matière, ENSCPB, BP n° 108, 33402 Talence Cedex. Tél. : 05.56.84.84.41.
Fax : 05.56.84.66.31
Exposé présenté au symposium S27.

Pierre Aigrain, secrétaire d'état à la Recherche à la fin des années soixante-dix, a démystifié partiellement cette situation en créant la DGRST qui a été un réel succès. Notre président, Marc Julia, menait un des comités qui rassemblait des scientifiques, docteurs ou ingénieurs des sciences fondamentales et de la R & D industriel.

Jean Cantacuzène, alors directeur scientifique de la chimie au CNRS, a lancé le premier laboratoire mixte associant le CNRS et la SNPE, à Thiais en 1980, et la première collaboration du CNRS avec un industriel, Rhône-Poulenc. Quel tollé ! On « vendait » la recherche publique au capital.

Ensuite, Jean-Pierre Chevènement, alors ministre de la Recherche et de l'Industrie, a mis tout le monde d'accord après les Assises de la recherche, en 1983, en encourageant vivement les universitaires, les chercheurs des organismes et les chercheurs des secteurs industriel, public et privé à travailler ensemble.

Où en est-on aujourd'hui ?

En France, l'un des freins à la transposition de la recherche académique en innovation industrielle provient en partie de notre système d'enseignement supérieur scientifique et technique à deux composantes, les universités d'une part, les grandes écoles et les classes préparatoires d'autre part. Ce système favorise l'insertion, dans l'entreprise, de l'ingénieur à la sortie de l'école, donc d'un enseignement de type deuxième cycle et non le docteur scientifique qui garde ses attaches avec la recherche. La chimie fait exception. Ainsi, en général, la recherche fondamentale finalisée, multidisciplinaire, celle qui valorise les travaux contribuant au développement et aux stratégies industrielles, celle qui amorce le travail entre équipes fondamentalistes et appliquées en alimentant le champ technologique porteur de succès commerciaux a pris du retard en France.

Ce système à deux entrées n'a pas permis à notre pays de se doter de puissantes universités technologiques pluridisciplinaires comme celles qui se sont développées à l'étranger, le MIT, Georgia Tech, Technical University de Delft, etc. De ce fait, la recherche fondamentale finalisée est trop peu développée dans notre pays et bon nombre

d'industriels doivent s'adresser à l'étranger quand ils recherchent des spécialités que l'on ne trouve pas en France.

On voudrait donc voir se créer dans nos universités des départements d'ingénierie multidisciplinaires, dotés de laboratoires ou de groupes de laboratoires de recherche ayant des compétences multiples et définissant leur programme en fonction d'objectifs inspirés des grands enjeux industriels. Ils seraient indépendants, actifs en recherches finalisées, ouverts aux développements et aux stratégies innovantes, voire non conventionnelles. Ces créations iraient dans le sens voulu par les pouvoirs publics de promouvoir la professionnalisation dans l'enseignement et la recherche universitaire, notamment en ce qui concerne les formations doctorales.

Il ne s'agit nullement de demander aux chercheurs de ces départements de se placer sur le terrain de l'entreprise mais d'être avertis des grands défis scientifiques industriels qui relèvent de la recherche fondamentale, dont l'intérêt scientifique est incontestable et qui sont, en même temps, des verrous pour les innovations industrielles porteuses d'enjeux économiques et d'emplois.

En fait une gestion très centralisée du système éducatif supérieur, qui était possible lorsque notre pays comptait une vingtaine d'universités et un petit nombre de grandes écoles, ne l'est plus lorsque le nombre de ces établissements dépasse la centaine. Il faut donner plus d'autonomie aux universités, à leurs conseils scientifiques et permettre à leurs présidents d'avoir une réelle autorité pour prendre des initiatives, notamment en matière de structures de recherche dans leur établissement.

Tout n'est pas négatif, loin s'en faut.

En cette fin de siècle, on note des changements significatifs concernant l'attitude de la communauté scientifique, qu'elle soit dans les universités, dans les organismes de recherche ou en milieu industriel, vis-à-vis de la valorisation de la recherche publique. Cette ouverture apparaît clairement à travers les nombreux rapports et colloques, directives et nouvelles dispositions prises sur la valorisation de la recherche publique et la mise en perspective des problèmes industriels. Pierre Potier, lorsqu'il était directeur général de la

recherche et de la technologie, a bien œuvré dans ce sens en proposant de nouvelles dispositions d'intéressement des chercheurs au développement industriel de leurs travaux.

De même, l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, sans atteindre le degré d'intervention des parlementaires américains, témoigne que nos élus nationaux s'intéressent aux orientations de la politique de la recherche en organisant des confrontations entre chercheurs, pouvoirs publics, industriels et membres de la société civile qui donnent lieu à des rapports. Nous devrions être plus attentifs à leurs besoins en matière d'informations scientifiques et techniques.

Par ailleurs, de nombreuses structures se sont mises en place pour dynamiser les rapprochements entre recherche publique et recherche dans les entreprises, notamment dans les PME. Citons à titre d'exemple :

- les ADER, qui sont l'une des plus vieilles structures créées à partir des années soixante pour faciliter les relations de l'enseignement supérieur, de la recherche et du monde économique local,
- la création du département SPI, en 1975, au CNRS, qui devrait s'intituler Sciences de l'ingénieur et non pour l'ingénieur, a pour mission d'être à l'interface de la recherche publique et de la recherche industrielle pour anticiper l'évolution des besoins technologiques,
- les réunions du Réseau Curie qui rassemblent les responsables des structures universitaires des relations industrielles,
- la création de nombreuses structures d'interfaces proches de la recherche, les CRIT (Centres de Recherche, d'Innovation et de Transfert de Technologie), par exemple, de chargés de missions variés, de conseillers technologiques animés par les DRRT (délégués régionaux à la Recherche et à la Technologie),
- la création de laboratoires mixtes et des technopoles,
- en région, certains CCRRDT (Comité Consultatif Régional de la Recherche et du Développement Technologique) ou structures équivalentes au sein des conseils régionaux des conseils généraux ont été très actifs

pour développer des actions mixtes entre recherche académique et R & D industriels,

– des exemples comme celui de Jacques Lewiner, professeur à l'École Supérieure de Physique et Chimie de la ville de Paris, directeur scientifique de cet établissement font réfléchir. Il a déposé plus de cent brevets ;

– des sociétés filiales de l'université, comme le CNEP (Centre National d'Évaluation de la Photoprotection)

décrit par le professeur Jacques Lemaire, sont à méditer et à mettre en pratique.

En conclusion, on attend, des chercheurs universitaires et des organismes, des compétences que les industriels n'ont pas. Et ceux-ci espèrent les intéresser à leur problématique et traduire en recherche de base des butées technologiques qui freinent leur développement. Quant au chercheur du domaine public, il doit être

prêt, tout en gardant sa liberté d'action, à orienter son regard vers des recherches technologiques de base qui ne cèdent en rien, en difficulté et en qualité, aux recherches fondamentales qu'il mène au laboratoire. Des thèmes d'enjeux industriels stratégiques ne doivent pas être négligés. Enfin, les pouvoirs publics ont pour mission d'encourager des recherches à long terme et à haut risque.

L'Act. Chim. (SFC 97) 1997, 12, 11

Stratégie commune, recherche publique et industrie chimique

Pierre Avenas* directeur de la recherche et développement

Jusqu'aux années 1960, il existait en France une réelle coupure entre les milieux industriels et ceux de la recherche publique. Depuis lors, de grands progrès ont été réalisés en matière de coopération industrie-recherche publique, grâce en particulier à un certain nombre de mesures incitatives (actions concertées de la DGRST, clubs CRIN...).

Ces progrès se mesurent, quantitativement, au nombre de contrats de recherche, de financements de thèses et post-docs, de partenariats qui associent entreprises et laboratoires publics.

Qualitativement, toutefois, d'autres évolutions sont souhaitables, notamment pour ce qui concerne la chimie.

Tout d'abord, il a été maintes fois constaté que les interventions de la recherche publique concernant plus largement les sujets « dits de pointe », liés plus ou moins directement à des grands programmes (télécommunication, transports...) que les industries « dites classiques » (mécanique, bois-papier...). Ceci reste vrai et n'est pas

favorable à la chimie en général, qui se situe en amont d'un très grand nombre d'activités « dites classiques ».

En outre, l'extrême diversité de la chimie, « l'industrie des industries », nuit à sa lisibilité en termes d'application finale.

Cet état de fait a conduit la commission Innovation-Recherche de l'UIC à élaborer une étude mettant en relief les grands enjeux industriels de la chimie, étude qui a été diffusée au sein de la recherche publique et des pouvoirs publics, et qui insiste sur l'importance de quatre domaines :

– La catalyse

Le catalyseur est souvent le cœur du procédé chimique.

On peut noter dans ce domaine l'importance de la catalyse hétérogène en chimie de petites molécules et l'émergence de nouvelles familles de catalyseurs de polymérisation.

– Le génie chimique

Cette discipline concerne les étapes de réaction et séparation, mais aussi de plus en plus la finition et la formulation des produits en aval.

– L'interface chimie biologie

De nombreux domaines sont concernés ici, des biotechnologies à l'écotoxicologie, et l'industrie chimique est encore loin d'avoir exploité

toutes les ressources du biomimétisme.

– L'application et la formulation

C'est le domaine qui tend à prendre de plus en plus d'importance dans la chimie, notamment dans la chimie de spécialités, qui cherche à mettre au point des produits adaptés spécifiquement à chaque application finale.

Sur ce dernier point, les ministères de la Recherche et de l'Industrie, et l'ANVAR, ont mis en place fin 1996 le programme d'aides Reactif (recherche en entreprises pour les applications de la chimie aux technologies industrielles du futur). Ces aides financières concernent des projets de R et D qui associent, sur un même objectif, un fournisseur d'un produit chimique en amont, un utilisateur de ce produit en aval, et un organisme de recherche publique compétent dans le domaine considéré.

A travers une bonne concertation entre industrie et recherche publique, on peut penser que des progrès seront encore réalisés, par exemple dans le domaine de la mobilité des chercheurs ou de la plus grande implication des PME dans les coopérations de R et D.

* Elf Atochem, 4, cours Michelet, La Défense 10, 92091 Paris-la Défense Cedex.
Tél. : 01.49.00.75.95. Fax : 01.49.00.80.91.
Exposé présenté au symposium S27.

A l'interface industrie - enseignement

L'Act. Chim. (SFC 97) 1997, 12, 12-13

Contribution de l'industrie chimique à l'évolution de l'enseignement de la chimie en France et en Europe

Gilbert Gaillard* vice président exécutif de la SCI

L'intérêt du monde industriel de la chimie pour une collaboration étroite avec les milieux éducatifs date des années 80 avec la création, en 1984, des **Olympiades de la chimie**.

Cet intérêt était essentiellement suscité par la nécessité d'assurer à l'industrie chimique française, en pleine restructuration, un courant constant de candidats motivés et compétents à l'entrée des universités et des écoles de chimie.

On sait la carrière brillante des Olympiades, leur succès, qui ne s'est pas démenti au fil des ans, pour créer des liens étroits entre l'industrie chimique et les milieux éducatifs du secondaire et faire éclore des vocations de chimistes à la veille de l'entrée des étudiants dans l'enseignement supérieur. On reconnaît également la contribution importante des Olympiades à la modification des programmes de chimie dans l'enseignement secondaire et les classes préparatoires, en présentant cette discipline d'une manière plus vivante et intégrée dans la vie de tous les jours.

En même temps que se développaient les Olympiades, sous l'impulsion de la Société de Chimie Industrielle (SCI), avec la coopération effective de l'Union des Industries Chimiques (UIC) et de la Société Française de Chimie (SFC), d'autres actions vers les milieux éducatifs ont été décidées et mises en œuvre avec succès. Parmi elles, il faut citer :

– les **conférences dans les lycées et collèges** qui ont un tel succès que la SCI

dispose à peine des ressources financières suffisantes pour en assurer le développement,

– les **voyages des professeurs** ayant participé aux Olympiades, dans les régions industrielles riches en usines ou laboratoires de l'industrie chimique (visites d'usines),

– les **voyages et visites d'usines des 1 000 professeurs**, etc.

Mais l'internationalisation et la globalisation ont modifié complètement dans les années 1990 la stratégie de l'industrie chimique européenne et française.

La chimie est à la tête de l'innovation scientifique mondiale. Elle occupe, en France et en Europe, une situation de premier plan dans l'économie nationale : elle contribue à la prospérité commune mais aussi à l'amélioration de la qualité de la vie dont jouit la société moderne. Pour maintenir la compétitivité de l'industrie chimique dans le futur et sauvegarder la prospérité économique, l'industrie chimique et le milieu enseignant doivent encore davantage travailler ensemble.

D'autant plus que l'image de la chimie, comme l'ont montré différentes enquêtes paneuropéennes récentes organisées par le CEFIC (Conseil Européen de l'Industrie Chimique), reste médiocre tant chez les étudiants de l'enseignement secondaire que chez les enseignants.

Sous l'impulsion du CEFIC, des SCI britannique et française, de la SFC, il était ainsi décidé en 1994, de mener une action plus ciblée vers les milieux éducatifs, de créer dans chaque pays d'Europe une *commission EIP* « *Education Industry Partnership* » chargée de donner une impulsion nou-

velle à ce partenariat. Une de ces actions nationales, dont nous sommes particulièrement fiers, a été déclenchée cette année-là : c'est l'opération « *Chimie, la classe* » (nous avons commenté cette opération à Bordeaux telle que résumée dans la *Lettre de la SCI* n° 18 (voir encadré)).

Un Colloque européen commun à l'industrie chimique européenne et aux milieux enseignants européens a été organisé à Paris les 12 et 13 mai 1997, sous l'égide du CEFIC, de l'ICASE (International Council of Association for Science Education) et de la commission EIP de notre pays. Les thèmes et les conclusions de ce colloque seront développés dans une brochure rédigée actuellement par la SCI. Mais on en trouve un excellent résumé dans l'article de M. Montel : « *Quelle pédagogie pour la chimie ?* » publié dans le numéro de *L'Actualité Chimique* de juillet 1997.

Enfin, il faut mentionner, pour être complet, l'action proposée récemment par l'industrie chimique française, sous l'égide du CEFIC dans un cadre européen, pour renouveler la présentation de la chimie au Musée de la Villette.

D'ores et déjà, des réflexions sont actuellement menées au sein de la commission EIP pour concrétiser les actions prévues au cours du dernier colloque EIP à Paris. Un exemple : avec la contribution importante de la société Atochem, il est envisagé de mettre à la disposition de l'enseignement secondaire et, plus particulièrement, des conférenciers dans les classes des lycées et collèges, des moyens modernes d'information et de diffusion concernant la chimie (un CD-rom « chimie » par exemple).

* Société de Chimie Industrielle, 28, rue Saint-Dominique, 75007 Paris.
Tél. : 01.53.59.02.10.
Fax : 01.45.55.40.33.
Exposé présenté au symposium S19.

Une action exemplaire de partenariat Education - Industrie : « Chimie, la Classe »

Depuis 1994, 24 sociétés rassemblées par une volonté commune autour de l'UIC et de la SCI, se sont attachées à une mission d'envergure : redonner sa citoyenneté à l'Industrie Chimique.

Une idée est née : associer dans un programme d'ampleur nationale

- les industriels de la chimie
- les milieux éducatifs
- les collectivités locales

L'originalité du projet consiste à développer la coopération avec les Maires, pour qu'ils deviennent un relais actif auprès des enseignants de leur commune.

Ainsi, un programme éducatif national destiné aux jeunes de 9 à 11 ans, afin qu'ils découvrent le rôle de la chimie au quotidien, a été mis en place.

L'opération « Chimie la Classe » a

d'abord été lancée en Haute-Normandie, choisie comme région pilote, pour l'année scolaire 1994-1995. Elle a rencontré un grand succès, ce qui a conduit à poursuivre l'opération sur le plan national. Les régions Rhône-Alpes, Alsace, Franche-Comté ont constitué l'étape suivante de cette action.

* * *

Sous la signature « Les Industriels de la Chimie », les initiateurs de ce projet ont mis en place les outils et les structures nécessaires pour que l'opération baptisée « Chimie la Classe », s'inscrive dans la durée :

- contact avec l'Education Nationale et les élus locaux,
- financement des opérations par les « Industriels de la Chimie »,
- calendrier des actions jusqu'en 1998,
- implantation régionale des programmes,
- relations avec la Presse.

Pour que ces initiatives aient un impact plus déterminant, un dépliant d'information a été diffusé auprès des professionnels.

Plusieurs outils d'aide ont par ailleurs été créés pour que les partenaires soient réellement impliqués et soutenus dans cette opération.

- une cassette « Chimie et progrès » pour informer les maires des apports de la Chimie et les valoriser dans leur mission,

- un kit pédagogique comprenant le livret du maître et 8 fiches thématiques destinées aux élèves, deux posters, une bande dessinée et une fiche d'évaluation, pour permettre aux enseignants de faire découvrir à leurs élèves de façon ludique et originale, la part de la chimie dans leur environnement quotidien.

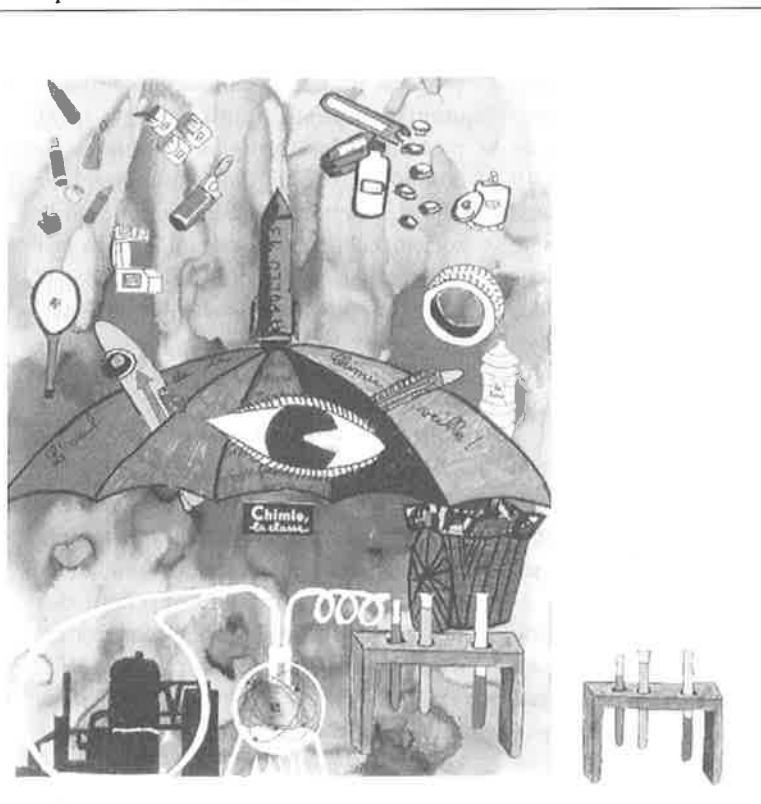
* * *

L'une des originalités du projet, qui s'est révélée particulièrement stimulante, a été la création d'un « concours » d'affiches sur le thème « La Chimie au Quotidien » :

Chaque classe participant à l'opération a eu la possibilité de réaliser une affiche exprimant sa vision sur ce thème. Accompagnées d'une synthèse des travaux effectués en classe, les affiches sont présentées par l'enseignant à un jury composé de personnalités locales et nationales, qui sélectionne les meilleures affiches. Les prix, séjours d'une semaine en « Classes Sciences, Vie et Nature » sur une péniche ou dans un centre de vacances, sont remis par les maires aux lauréats.

Depuis 1994, l'opération « Chimie, la classe » a touché 7 régions, 9 académies, 38 départements, 12 000 municipalités, 23 000 classes, 587 000 élèves. 1 500 élèves soit 60 classes, ont été lauréats du concours d'affiches et ont bénéficié des séjours aux Clairmontelles ou sur la Péniche de l'Environnement.

En objectif, à terme un total de 21 régions, 25 académies, 94 départements, 36 000 communes, 36 000 maires, 70 000 classes et 1 750 000 enfants auront une idée plus précise de ce que représente la chimie dans leur univers quotidien.



Enseignement

L'Act. Chim. (SFC 97) 1997, 12, 14-16

L'enseignement de la chimie dans les collèges et les lycées

Daniel Secrétan* inspecteur général

Je vais commencer mon propos par un constat : le système éducatif français est trop cloisonné. Ce cloisonnement est à l'origine du reproche que l'on entend très souvent, et à tous les niveaux : « qu'est-ce que les élèves ont appris jusqu'ici, ils ne savent rien ! ». Et je vais être provocateur : ce reproche qui, finalement, vise plus les enseignants que les élèves et que vous avez peut-être formulé à l'encontre de vos collègues, on vous l'a peut-être fait. Et j'insiste en ajoutant que trop souvent les enseignants ne s'informent pas suffisamment des contenus d'enseignement qui ont précédé le leur et aussi de ceux que l'étudiant rencontrera ultérieurement en poursuivant ses études. Il est stérile de dire que les élèves ne connaissent rien ; par contre, on peut affirmer qu'ils possèdent d'autres connaissances que celles attendues. Tout enseignant a le devoir de les rechercher car c'est sur cette base qu'il devrait construire son propre enseignement.

Aussi, je voudrais remercier les organisateurs de ce congrès pour les choix des thèmes des ateliers de ces deux journées. Ces thèmes permettent en effet, non seulement d'échanger des informations entre différents niveaux d'enseignement, entre le lycée et l'université, mais aussi entre l'enseignement, la recherche et l'industrie et ainsi de mieux connaître les contenus et les finalités des formations.

Après avoir été provocateur, je nuance donc mon propos : la chimie est une discipline certainement moins cloisonnée que d'autres car les occasions de ren-

contres sont saisies et elles sont plus nombreuses qu'ailleurs : rencontre dans les lycées avec des étudiants d'écoles de chimie et des seniors, rencontres professeurs du secondaire, d'université, d'industriels et de lycéens à l'occasion des Olympiades de chimie, les entretiens de la Villette, d'opérations du CEFIC (Conseil Européen de l'Industrie Chimique). Le récent congrès EIP (Education - Industry - Partnership), ainsi que le concours européen concernant les collèges en sont des illustrations.

Vous pouvez être assurés que le groupe physique chimie de l'inspection générale continuera à favoriser de telles rencontres.

Le tableau de l'enseignement de la chimie que je vais tenter de dresser devant vous résulte de nos observations directes dans des classes d'établissements français et étrangers ainsi que des résultats d'enquêtes telles que celles que nous avons conduites au sujet des programmes de seconde en 95-96 (échantillonnage de 19 académies, 64 lycées, 270 professeurs, 4 800 élèves interrogés) ou de première S durant la dernière année scolaire. Nous pourrions revenir, dans le détail, sur les constats qu'ont permis ces enquêtes, mais d'abord je souhaite faire émerger quelques caractéristiques de l'enseignement de la chimie **en France**.

Dans notre pays, la **physique et la chimie** sont, sauf exception (sections spécialisées et filière PC des classes préparatoires), **enseignées par un même professeur**, alors qu'à l'étranger il s'agit le plus souvent de professeurs distincts, la chimie étant, par exemple, associée aux « sciences naturelles ». Nous ne regrettons pas l'association française physique-chimie, bien au contraire : l'évolution des connaissances dans ces deux disciplines

montre que dans certains domaines (celui des matériaux par exemple) elles sont tellement proches qu'on ne sait plus les distinguer. Ce n'est pas pour autant que nous devons délaisser les ponts qui relient la chimie à la matière organisée, à la matière vivante ; cela n'a pas été oublié dans les programmes actuels mais la question se pose de savoir s'il faut aller plus loin.

L'enseignement de la chimie dans le secondaire français est **devenu de plus en plus explicatif**, de plus en plus interprétatif, phénoménologique et **de moins en moins descriptif**, monographique. La chimie montre ainsi, qu'au même titre que d'autres disciplines, elle participe à la formation de l'esprit. Mais il faut affirmer que, ici comme ailleurs, la sagesse préconise un juste équilibre. Ainsi, un observateur étranger pourrait s'étonner en constatant qu'un élève de terminale française est en mesure de tenir un raisonnement cohérent complexe alors qu'il méconnaît les formules chimiques de composés très courants ou même leur aspect ! Cette évolution est celle de la société, celle des élèves, qui sont un peu rebutés par ce qui doit être appris par cœur, et portent aux nues tout raisonnement. Elle s'explique aussi par le fait que, pour donner un impact à son enseignement, le professeur doit souvent séduire et motiver. Cependant, si séduire et motiver est devenu un passage quasi obligé, il ne faut pas perdre de vue que, à un moment ou à un autre, il faudra faire acquérir des connaissances fondamentales, il faudra apprendre, retenir des faits, ce qui nécessite des efforts et n'est pas toujours passionnant.

On touche ici du doigt l'intérêt, **mais aussi les limites, des programmes construits par thèmes**. Le thème peut être un moyen de rendre un enseignement

* Ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, Inspections générales, Groupe physique-chimie, 107, rue de Grenelle, 75007 Paris. Tél. : 01.49.55.34.86.
Exposé présenté au symposium S19.

« accrocheur », mais il ne doit pas constituer une fin en soi. Ce qui paraît essentiel, c'est de lister d'abord, pour le niveau concerné, les connaissances fondamentales, les méthodes, les savoir-faire théoriques et expérimentaux qu'il faut faire acquérir, et ensuite rechercher la meilleure façon de les présenter. Nous entrons ainsi dans le domaine des méthodes d'enseignement. Le maître mot est de **rendre les élèves actifs**. Il n'est plus possible, au collège comme au lycée, d'envisager qu'un professeur présente un cours en restant au tableau, le même cours pour toutes les divisions d'une même classe, le même cours pour tous les types d'élèves, et que ceux-ci le notent consciencieusement sur leur cahier sans réagir !

Aussi, dans les nouveaux programmes élaborés par l'actuel GTD (groupe technique disciplinaire) de physique-chimie, programmes qui seront appliqués dès cette année scolaire en classe de 5e, les contenus sont-ils introduits par des questions¹ auxquelles les élèves répondent par des activités². Ce sont ces activités qui permettront de dégager des connaissances, des notions, des méthodes, des compétences³.

Bien que les activités proposées aux élèves ne se limitent pas à cela, le terme d'activité me permet de faire le lien avec une particularité française de l'enseignement de la physique et de la chimie et sur laquelle il convient de s'arrêter : **la part attachée aux travaux pratiques et à l'expérimentation**.

Voici, en quelques mots, des objectifs de l'enseignement expérimental.

Les activités expérimentales de physique-chimie doivent avoir pour objet, d'abord, **d'apprendre aux élèves à observer**, à se poser des questions et à confronter les conséquences de leurs représentations personnelles à la réalité. Elles les aideront aussi à acquérir des connaissances, des savoir-faire et surtout une méthode d'analyse et de raisonnement leur permettant de formuler avec pertinence des jugements critiques.

De tels apprentissages ne peuvent être conduits que par des méthodes actives car sans elles, la plus grande partie des élèves mobilise difficilement ses capacités d'abstraction et de concentration. De ce fait, un enseignement formel et abstrait des sciences physiques conduirait de plus en plus à l'échec. C'est aussi pour cela que cet enseignement doit comporter une

large part d'activités expérimentales. Un proverbe chinois affirme d'ailleurs « ce que j'entends, je l'oublie ; ce que je vois, je le retiens ; ce que je fais, je le comprends mieux » !

Enfin, à côté d'objectifs disciplinaires, il faut faire mention d'autres objectifs, non disciplinaires, qui peuvent être choisis lorsqu'on cherche à mettre au point une séance de TP particulière ou que l'on peut se proposer d'atteindre à long terme par la pratique des activités expérimentales.

Parmi ces objectifs non disciplinaires, on peut citer :

- La prévention des risques : faire **prendre conscience des problèmes liés à la sécurité des personnes et au respect de l'environnement** ;
- **développer l'autonomie**, l'organisation, l'esprit logique ;
- **développer le sens du travail en équipe** et du respect d'autrui ;
- **développer l'initiative, la créativité**, l'esprit critique et l'honnêteté intellectuelle ;
- aider à la maîtrise du langage, vecteur privilégié de la communication ;
- développer l'aptitude à lire des schémas et à en proposer (le schéma est un moyen d'expression scientifique moins « socialement sélectif » que le langage) ;
- développer le souci de la précision et du travail bien fait.

Les Olympiades de chimie sont un exemple qui illustre bien la convergence de vues entre universitaires, industriels, enseignants du second degré, corps d'inspection en faveur d'une pratique expérimentale des élèves, aux objectifs déterminés.

Cette convergence de vues et d'efforts a eu pour conséquence que la place effective de l'expérimental a considérablement évolué ces 15 dernières années. On peut, par exemple, constater :

- qu'il est devenu assez exceptionnel que des professeurs remplacent des séances de travaux pratiques par du cours ou par des exercices alors que cela était relativement fréquent dans le passé ;
- qu'il y a eu un renouvellement important des sujets de manipulations, renouvellement qui s'explique en partie par le changement de programme mais surtout par les apports dus aux Olympiades de chimie, aux groupes de travail mis en place par le ministère (IGEN-DLC : inspection générale de l'Éducation nationale,

direction des lycées et collèges), l'Union des physiciens et parfois par les MAF-PEN (mission académique à la formation continue des professeurs de l'Éducation nationale), à l'initiative des inspecteurs pédagogiques régionaux.

Cette évolution de la place de la démarche expérimentale s'est traduite par :

- la présence au baccalauréat série S d'un exercice en relation avec les travaux pratiques ;
- l'expérimentation dans tous les lycées de deux académies (Clermont-Ferrand et Lyon) de modalités d'évaluation des compétences expérimentales des élèves ;
- la mise en place d'une épreuve de travaux pratiques dans les baccalauréats professionnels à compter de la session 98 ;
- la modernisation de l'équipement des laboratoires : les efforts consentis par l'État et les collectivités territoriales depuis la mise en application de la loi de décentralisation, aussi bien en matière d'investissement que de fonctionnement, ont permis une nette amélioration des conditions matérielles d'enseignement.

Dans cette observation de l'enseignement de la chimie dans le second degré, c'est-à-dire dans l'observation des programmes, mais aussi de la façon dont ils sont enseignés, on peut dire que la chimie a retrouvé sa juste place auprès de la physique. Un indicateur est que l'horaire qui doit être consacré à la chimie est mieux respecté que par le passé où nous constatons que le professeur sacrifiait plutôt la chimie que la physique lorsqu'il avait pris du retard dans son programme.

La mise en place de la réforme des classes préparatoires scientifiques est arrivée à son terme ; les élèves ont passé, aux derniers concours, des épreuves portant sur les nouveaux programmes. En raison du peu de recul que nous avons, il serait prématuré de tirer des enseignements définitifs sur la réforme et sur les programmes. On peut cependant faire deux constats : le premier est que le système a bien fonctionné, les concours se sont bien passés ; le second est que la réforme est en parfaite cohérence avec l'évolution de l'enseignement secondaire.

Un trait fort de cette réforme est qu'elle vise à développer l'initiative, l'autonomie et le travail personnel de l'élève, les deux premiers points ayant

d'ailleurs été qualifiés d'insuffisants dans la structure antérieure.

Deux cadres se prêtent bien au développement de l'autonomie et à l'initiative des élèves :

- les activités expérimentales, dont l'intérêt est reconnu par les écoles, non seulement par des mots mais aussi par des faits : épreuves écrites et orales faisant appel à des situations réelles, voire mise en place de travaux pratiques (école vétérinaire),

- les TIPE « travaux d'initiative personnelle encadrés » dont les effets perçus par les écoles au travers des épreuves de concours sont très encourageants, ce qui confirme les observations que nous avons faites lors d'inspections.

Les TIPE sont apparus comme une véritable initiation à la recherche ; on a pu, par exemple, évaluer à 200 000 le nombre de textes scientifiques recherchés et exploités par les élèves eux-mêmes en vue de préparer leur dossier TIPE.

La réforme a conduit à l'éclatement de l'ancienne classe dite de math sup en différentes classes de première année ; limitons-nous, pour simplifier, à citer celles de MPSI, PCSI, PTSI.

Moins que par le passé, la filière math (antérieurement M, MP dans la réforme) reste, dans l'esprit des familles, la filière noble. Il est nécessaire de les convaincre que les différentes filières sont d'égale dignité. Force est de reconnaître que les écoles le démontrent par les places

qu'elles offrent aux concours.

Qu'en est-il de la place de la chimie dans la réforme ?

Depuis la réforme antérieure (1972) des chaires de chimie ont été créées : nous trouvons dans les spéciales P et P' un professeur chargé de l'enseignement de la physique et un autre chargé de la chimie. La mise en place des nouvelles structures de la réforme de 1995 nous a conduits à aller plus loin, à confier souvent dès la première année, en PCSI, l'enseignement de la chimie à un professeur agrégé de sciences physiques, option chimie.

L'évolution constatée des programmes a permis de **valoriser la compréhension et l'interprétation des phénomènes et de réduire le calculatoire** à ce qui est nécessaire. L'inspection générale est persuadée que l'évaluation des candidats en physique comme en chimie ne doit évidemment pas être fondée sur l'observation de leur technicité mathématique ! Les exercices proposés par le passé le permettaient-ils toujours bien ? Il faut concevoir des exercices nouveaux ; les derniers sujets de concours ont d'ailleurs montré, tant en physique qu'en chimie, qu'il était tout à fait possible de faire appel à des raisonnements rigoureux, s'appuyant sur des situations réelles, et non pas rigoureux parce qu'ils sont calculatoires. Nous devons continuer à travailler dans cette direction.

Conclusion

Je dirai pour terminer que l'évolution de l'enseignement de la physique et de la chimie ne pourra pas se poursuivre si l'on se désintéresse de la formation des maîtres.

A côté d'une formation scientifique de haut niveau, indispensable pour qu'ils aient le recul nécessaire vis-à-vis de l'enseignement qu'ils dispensent, **il est essentiel que les enseignants acquièrent une solide culture scientifique**. L'acquisition de cette culture, peu présente dans les objectifs de formation actuels, est pourtant primordiale pour combattre « l'illettrisme » scientifique des séries littéraires. Enfin, c'est par une formation pratique, en présence d'élèves et de conseillers pédagogiques, que les futurs enseignants apprendront rapidement à enseigner avec efficacité.

Voici ce qui apparaît souhaitable.

Nous savons pouvoir compter sur vous pour répondre à notre attente.

Notes

- 1 Exemple de question explicitée au programme : « comment obtenir de l'eau limpide ; l'eau limpide est-elle une eau pure ? »
- 2 Activité proposée dans le programme pour répondre à la question précédente : « filtration d'une eau boueuse... filtration et distillation d'une boisson (jus d'orange, thé...) ».
- 3 Toujours au sujet de l'exemple précédent : « réaliser et décrire une décantation, ou une filtration ou une distillation. Faire la distinction entre un mélange homogène et un mélange hétérogène ».

L'Act. Chim. (SFC 97) 1997, 12, 16-17

Évolution de l'enseignement dans les écoles de chimie et de génie chimique

Henry Gasparoux* directeur de l'ENSCPB

L'industrie chimique comprend un ensemble d'activités très diverses, tant sur le plan scientifique et technique, qui englobe aussi bien les secteurs de

la biologie et de la chimie fine que celui des matériaux ou du génie des procédés. Cette diversité se retrouve, en outre, sur le plan de son organisation industrielle et commerciale.

Cette diversification se traduit par le **développement de nouveaux métiers**, avec la prise en compte d'exigences croissantes en matière d'environne-

ment, de sécurité, de qualité, ainsi que dans le travail de l'ingénieur du fait de la multiplication des outils mis à sa disposition.

Afin de prendre en compte toutes ces évolutions, les 18 écoles françaises de chimie et de génie chimique, regroupées avec des représentants des branches professionnelles et des

* ENSCP Bordeaux, BP 108, 33402 Talence Cedex. Tél. : 05.56.84.66.91. Fax : 05.56.84.66.33. E-mail : admin@iagp.enscpb.u-bordeaux.fr Exposé présenté au symposium S19.

sociétés savantes au sein de la Fédération Gay Lussac (FGL), ont pris l'habitude de se concerter régulièrement afin de conduire, dans les meilleures conditions possibles, les nécessaires évolutions des divers établissements.

Parmi les actions récemment conduites par la FGL, un certain nombre avait pour but de permettre une amélioration progressive de la qualité des diplômés issus de ces écoles et ceci en parfait accord avec la profession.

- Dans un premier temps, une attention particulière a été portée à la politique d'image de la chimie et à la motivation des lycéens concernés par ce type de formation (Olympiades de la chimie, conférences dans les lycées, création des classes préparatoires intégrées de la FGL et participation à l'élaboration des nouveaux programmes des classes préparatoires aux grandes écoles).

- Simultanément, un important effort a été réalisé afin d'améliorer les conditions de travail des élèves-ingénieurs. Un plan « Gay-Lussac », financé par le ministère, a contribué à la remise à niveau des équipements de travaux pratiques, ce plan a souvent été accompagné par les collectivités locales.

- L'amélioration du contenu des formations est bien entendu une des préoccupations constante des divers établissements ; elle s'est traduite à plusieurs niveaux :

- concertation permanente au sein de la FGL et audit interne sur la pédagogie,
- développement des disciplines venant en complément de la formation à caractère purement scientifique (gestion, management, créativité, qualité, communication),
- développement des enseignements spécialisés et des options proposées en troisième année dans les divers établissements,
- développement des stages industriels dont la durée augmente et qui sont de plus en plus ouverts sur l'étranger,
- ouverture internationale des établissements (échanges d'élèves ou d'enseignants, stages à l'étranger...).

Le développement de l'utilisation

des multimédias et la généralisation des possibilités offertes aux élèves de changer d'établissement en troisième année constituent deux des prochains objectifs mis au programme des travaux de la FGL.

Du fait de la présence des représentants des branches professionnelles au sein même de la FGL, les idées forces que l'Union des Industries Chimiques a présentées, en février 1997, dans un document intitulé « Pour une nouvelle politique de l'enseignement dans les écoles de chimie et de génie chimique », reprennent en grande partie les conclusions auxquelles nos travaux communs réalisés en parfaite concertation avaient abouti. Quelques points essentiels développés dans le document de l'UIC guideront la politique des établissements pendant les prochaines années :

- *Les profils dont l'industrie a besoin se diversifient*

Quelle que soit la nature des métiers proposés, une solide base de connaissances générales constitue la meilleure garantie pour une bonne évolution de carrière au sein de l'entreprise.

- *Une spécialisation correspondant à une activité industrielle est souhaitée*

Les entreprises souhaitent des ingénieurs qui soient le plus rapidement possible opérationnels. Aussi la base de connaissances générales, nécessaire à tous les ingénieurs chimistes, doit s'accompagner d'une certaine spécialisation correspondant à une activité industrielle.

- *Les qualités personnelles sont de plus en plus prises en compte*

La personnalité du jeune ingénieur est devenue un critère de recrutement aussi important que ses compétences scientifiques et techniques. La formation proposée devra permettre l'épanouissement et le développement de ces qualités.

Dans ce contexte, les **écoles**, dont la formation est traditionnellement orientée vers des métiers de recherche-développement et d'industrialisation, **vont avoir dans l'avenir à se préoccuper aussi des métiers de production, des métiers proches du client**, autant de secteurs qui seront confiés à des cadres dont la personnalité sera bien adaptée à une gestion

des opportunités d'un milieu professionnel en évolution rapide.

L'introduction du TIPE (travail d'initiative personnelle encadré) au concours suivant les classes préparatoires traditionnelles et la création de classes préparatoires intégrées, gérées dans le cadre de la FGL, devraient permettre une certaine **appréciation de la personnalité des candidats**.

Il est tout à fait souhaitable que les écoles affichent leur différence en mettant en valeur leurs points forts afin de recruter des élèves motivés par l'enseignement proposé. Bien qu'il existe actuellement une très forte diversification au niveau des enseignements de troisième année, un important effort reste à faire pour créer une **image de marque spécifique à chaque école**. Ce manque de lisibilité est préjudiciable à la connaissance que les lycéens et les élèves des classes préparatoires peuvent avoir des activités très diverses de la chimie. C'est en outre un frein au recrutement des meilleurs élèves des classes préparatoires ainsi qu'à celui des étudiants venant d'autres pays afin de compléter une première formation.

Pour résumer l'ensemble des objectifs, qu'en accord avec la profession, les directeurs des différents établissements ont choisi de privilégier pour les prochaines années, il est possible de faire référence aux qualités généralement requises pour un ingénieur, telles qu'elles sont énoncées dans le document de l'UIC :

- possession d'une base scientifique et technique solide,
- capacités relationnelles,
- adaptabilité professionnelle et géographique,
- esprit d'innovation et d'entreprise,
- ouverture internationale.

A tous ces défis, certainement difficiles à concilier, il faut ajouter **la maîtrise du flux des diplômés** afin de ne jamais perdre de vue la demande de l'économie. Sur ce dernier point, la FGL peut faire état d'un excellent résultat car, grâce à une concertation permanente, il n'y a pas eu d'augmentation du flux de diplômés depuis déjà quatre ans, cette valeur restant fixée **aux environs de 1 300 ingénieurs par an**.

La formation pédagogique des enseignants du supérieur

Maurice Gomel* professeur

1987 : une prévision et l'annonce de la première action coopérative en vue de cette formation

Vle Congrès international AIPELF¹ (Caen, juillet 1987) ; résumé de la conférence de M. Gomel :

« ...un scénario aux ambitions modestes mais bien définies, sur la formation des professeurs de l'enseignement supérieur, semble devoir s'étendre dans peu de temps au sein de l'espace universitaire international.

[...] l'enseignement supérieur n'échappera plus à la professionnalisation de cette fonction (enseigner). Cependant, aucun des modèles en usage (pas toujours validés) dans d'autres ordres d'enseignement (primaire, secondaire) ne peut être adopté pour l'enseignement supérieur : quelques pistes spécifiques, dont certaines ont déjà été expérimentées, seront donc présentées... ».

Aussitôt après, la concrétisation de cette première tentative de formation a été constituée par le lancement, en France, du programme interuniversitaire MAPES, décrit ci-dessous.

Cette initiative, prise en 1987 par M. Gomel a pu être développée en 4 ans, grâce à la participation active de nombreux chimistes qui avaient constitué le noyau dur du Réseau des Recherches Coopératives en Didactique de la Chimie (Réseau ReCoDiC). En effet, ces chimistes

(notamment : Daniel Cabrol, Alain Dumon, Bernard Martel, Henry Sauvatre) avaient développé, dans le cadre des travaux ReCoDiC, des compétences en matière de pédagogie universitaire, qui se sont avérées parfaitement transférables à l'ensemble des disciplines universitaires.

1997 : Dix ans après. Prévision 1987 vérifiée ?

1 - Une stratégie adoptée depuis 1987 : l'autoformation modulaire. Pourquoi ? Résultats ?

Des outils créés en réseau sur une base interuniversitaire². Pourquoi ? Résultats ?

Les modules MAPES² : des outils et une stratégie au service d'une formation pédagogique de base des nouveaux enseignants-chercheurs

Parmi les nouveaux enseignants-chercheurs actuellement recrutés dans

Résultats (résumés) du dépouillement d'environ 2 000 contributions d'utilisateurs de modules MAPES :

. Sur 100 utilisateurs : 45 estiment le système MAPES « utile », 20 « très utile », 25 « moyennement utile » et 10 « peu utile » ou « inutile ».

. Les résultats des travaux réalisés par les utilisateurs, dans le cadre de l'autoformation MAPES, ont pu être jugés : « remarquables » dans 30 cas (sur 100), « satisfaisants » dans 55 cas et purement « formels » ou sans valeur dans 15 cas.

les établissements français d'enseignement supérieur, seuls les anciens allocataires-moniteurs ont reçu dans les centres d'initiation à l'enseignement supérieur (CIES, cf. § 2) des éléments d'une formation pédagogique spécifique.

Or, le corps enseignant des universités est appelé à un renouvellement exceptionnel au cours des 10 prochaines années. Une occasion unique est donc offerte de tenter d'assurer une **réelle** « formation pédagogique de base » à **tous** les **nouveaux** enseignants-chercheurs.

a) Une stratégie choisie : l'autoformation modulaire

La stratégie de formation choisie, parce qu'il s'agit de former à l'enseignement supérieur, est une stratégie d'autoformation modulaire, offrant l'avantage d'être souple, légère et peu coûteuse.

b) Des instruments de formation créés et validés au niveau interuniversitaire : les modules MAPES

– Des modules concrets, relatifs à de nombreux thèmes et sur divers supports (écrits, informatisés, audio-visuels).

– Des instruments réalisés au niveau national, issus d'une large coopération interuniversitaire (les auteurs sont membres de plus de 15 universités et 2 ENS). Une expérimentation depuis 1992 et une extension de leur emploi dans plusieurs CIES.

– Une expérimentation étendue depuis 1993 à l'emploi de MAPES dans plusieurs universités, en synergie avec les CIES concernés.

– Un bilan national disponible depuis le 17 juin 1994 (réunion nationale « Le programme MAPES, les CIES et les universités ») et sa présentation à la Conférence des présidents d'universités le 23 juin 1995.

* Faculté des sciences, Services interuniversitaires chimie 13, 40, av. du Recteur Pineau, 86022 Poitiers Cedex.
Tél. : 05.49.43.36.13. Fax : 05.49.46.36.22.
Exposé présenté au symposium S19

– Un extrait d'évaluations et validations récentes (1997) relatives à MAPES (encadré).

c) Liste des modules MAPES actuellement disponibles

La liste est accessible sur demande à l'adresse suivante : Faculté des sciences, Laboratoire interuniversitaire chimie 13, 40, avenue du Recteur Pineau, 86022 Poitiers Cedex. Fax : 05.49.45.36.22.

Les modules constituent des séries thématiques (par ex. sur les thèmes : déontologie, évaluation, méthodes et stratégies d'enseignement supérieur). Certains sont transdisciplinaires, et d'autres disciplinaires (relatifs, par ex. à la discipline chimie).

2 - La création ministérielle en 1989 d'institutions nouvelles, les CIES³ : une décision déterminante

A la rentrée 1989-1990, la DRED (Direction de la Recherche et des Études Doctorales), à l'initiative de son directeur V. Courtillot, a créé 14 CIES chargés d'assurer aux allocataires-moniteurs (AM) une initiation à l'enseignement supérieur, incluant souvent des éléments de formation pédagogique.

8 de ces CIES ont ultérieurement signé une convention avec le réseau MAPES, leur donnant libre usage éventuel de l'ensemble des modules MAPES, comme l'un des éléments de l'initiation à l'enseignement supérieur, entièrement organisée de manière autonome, par chacun des directeurs de CIES.

Cette décision de création des CIES a été déterminante dans la mesure où elle a constitué la première décision institutionnelle de notre administration ministérielle, de préparer de (possibles) futurs enseignants-chercheurs à leur fonction d'enseignement.

3 - Tableau général, en 1997, de la formation pédagogique à l'enseignement supérieur

En vue d'efficacité, il faudrait instituer un lien entre formation et titularisation.

En 1997, et en France, ce tableau général ne se présente pas encore de façon satisfaisante, ni même ration-

nelle : d'un côté (CIES), on donne une initiation à l'enseignement supérieur à des personnels (AM) qui, ultérieurement, n'enseigneront pas nécessairement dans des établissements d'enseignement supérieur ; de l'autre côté (établissements), on recrute des personnels qui n'ont pas nécessairement reçu auparavant une formation pédagogique.

La solution rationnelle (proposée dès 1989, mais alors non retenue) consisterait probablement à :

- laisser les établissements recruter leurs cadres *stagiaires* sur la seule base de leurs compétences scientifiques (pour ce qui concerne les établissements scientifiques) ;
- organiser, à l'intention de ces *seuls stagiaires* une *formation pédagogique de base* ;
- instituer la *validation de cette formation* comme condition nécessaire (et non suffisante) à la *titularisation* du stagiaire.

4 - Et l'évaluation de la qualité pédagogique d'un enseignement ?

Les modalités possibles de cette évaluation ont fait l'objet d'une première étude (en vue de propositions) réalisée en 1994-1995 à la demande de Bernard Bigot, chef de la Mission Scientifique et Technique (cf. rapport de M. Gomel, février 1995, « *L'évaluation de la qualité d'un enseignement supérieur. Évaluer qui ou quoi, et comment ? Critères d'évaluation - procédures suggérées* »).

Depuis le 9 avril 1997, l'évaluation de chaque enseignement est devenu obligation légale, par arrêté ministériel (cf. article 23, instituant la création des commissions pédagogiques paritaires et la prise en compte de l'opinion des étudiants).

5 - Et le rôle des technologies nouvelles, dites d'information et de communication ?

L'importance croissante de ce rôle nous paraît constituer une évidente nécessité. Se reporter à cet égard, par exemple, à l'activité et aux programmes de la sous-direction de notre ministère en charge de ces nouvelles technologies (Mme Clara Danon, sous-directeur).

6 - Pour plus de clarté, aller au sein de chaque université vers une fonction de service, nouvelle en France⁴ : le Service Universitaire Pédagogique (SUP). Il est grand temps...

De tels services de type SUP (des exemples existent déjà en France, par exemple à l'université de Poitiers) sont en mesure de contribuer à :

- La *formation pédagogique* de base de tous les nouveaux enseignants-chercheurs ;
- La mise en œuvre de procédures objectives *d'évaluation de la qualité pédagogique* des enseignements ;
- *L'animation générale d'une vie pédagogique* (actuellement faible ou absente) au sein des établissements d'enseignement supérieur.

2007 - Et si dans dix ans...

Grâce à la réalisation de cette formation pédagogique des enseignants du supérieur, et grâce à la généralisation de cette évaluation de la qualité, on observait (enfin !) une amélioration pédagogique des enseignements supérieurs...

Notes

- 1 AIPELF : Association Internationale de Pédagogie Expérimentale de Langue Française.
- 2 Réseau interuniversitaire MAPES (Modules pour l'Amélioration Pédagogique des Enseignements Supérieurs).
- 3 CIES : Centre d'Initiation à l'Enseignement Supérieur.
- 4 Fonction connue au Royaume-Uni (cf. par ex. Teaching and Learning Services), au Canada (cf. par ex. Services Pédagogiques), etc.

Des hommes à la recherche des médicaments de demain



LABORATOIRES
PIERRE FABRE

Laboratoires Pierre Fabre - Direction de la Communication et des Relations Extérieures - Le Carla - Burlats 81106 Castres Cedex - Tél. 05 63 62 38 50 - Fax 05 63 62 38 56



Pierre Fabre

La 4^e Conférence européenne sur la recherche et l'innovation en « chemical education » (ECRICE)

York (Angleterre), 9-12 septembre 1997

Josette Carretto* ancien maître de conférences, Paris XI

La 4^e Conférence européenne sur la recherche et l'innovation en « chemical education » (ECRICE) a réuni une centaine d'enseignants et de chercheurs de 24 pays dont 17 pays européens ; parmi ceux-ci, la Slovénie et cinq états d'Europe de l'Est. Trois Français seulement étaient présents.

Cette conférence bisannuelle est organisée, sous la responsabilité de la division « Chemical Education » (DivCED) de la Fédération des Sociétés Chimiques Européennes (FECS, Federation of European Chemical Societies), dans un des pays d'Europe concernés. L'organisation est confiée à un comité local qui comprend le (ou les) représentant(s) de la société chimique du pays d'accueil au conseil de la DivCED (cette année, la Royal Society of Chemistry).

L'organisation, très précise et dense, a permis à tous d'écouter les cinq conférences plénières et, à chacun, de participer à la totalité de l'un des cinq symposiums ou de se rendre d'un symposium à l'autre selon le choix de communications qu'il avait fait.

Les conférences plénières

- Dr James Donnelly, de l'université de Leeds, *La loi comme moyen pour faire évoluer l'enseignement scientifique ; aspirations, limites et implications* : dans cette conférence, il a été question d'une loi votée par le Parlement britannique en 1988, le « National Curriculum » pour l'Angleterre et le Pays de Galles, qui visait à initier un changement important dans l'enseignement scientifique. En fait, cet objectif n'a pas été atteint ; sans doute parce qu'on ne peut pas obtenir, par une méthode hiérarchique et autoritaire, que l'enseignement des sciences développe la créativité et l'indépendance d'esprit des élèves.

- Dr Georgios Tsaparlis, représentant la Grèce, *La résolution de problèmes revisitée* : il s'agit d'une mise au point

bibliographique concernant cette question, depuis le début des années 80. Le modèle de Johnstone-El Banna qui donne beaucoup d'importance à la capacité de la « mémoire de travail » a été discuté. Parmi les problèmes étudiés, beaucoup sont de type algorithmique ; des exemples ont été pris dans les domaines d'étude de G. Tsaparlis, les équilibres chimiques et les calculs stœchiométriques.

- Pr Alex H. Johnstone, de l'université de Glasgow, *La recherche en « Chemical Education » d'aujourd'hui à demain* : de l'avis du conférencier, **une grande partie des travaux de recherche en « chemical education » réalisés pendant les 25 dernières années ont été de trop faible envergure**, trop localisés, limités et trop souvent répétitifs. Il s'en est suivi que les innovations mises en œuvre dans l'enseignement de la chimie ont plutôt été le fruit, non de la « ChemEd research », mais de l'expérience, du besoin, d'une bonne idée... ou du simple bon sens ; cette recherche n'a réussi ni à modifier les « misconceptions » des étudiants, ni à éviter que ces étudiants ne désertent les cours de chimie. Après ce constat pessimiste, A. Johnstone suggère des moyens pour que la recherche en « chemical education » devienne une discipline à part entière, respectable et internationale et permette ainsi un meilleur enseignement/apprentissage de notre discipline.

Sujets urgents à traiter comme, par exemple, la connaissance des différents types de modes d'apprentissage des étudiants et/ou l'exploration des interactions entre les trois niveaux d'apprentissage de la chimie (macroscopique, microscopique et symbolique).

Actions à mener comme l'organisation d'ateliers de chercheurs chargés d'examiner la recherche faite sur des sujets spécifiques et d'élaborer des stratégies pour aller plus loin

* 2, allée des Iris, appartement 211, résidence du Plateau, 94260 Fresnes. Tél. : 01.42.37.79.52.

dans le domaine et/ou améliorer la communication entre chercheurs par des journaux électroniques dans plusieurs langues européennes dont le français.

• Dr Clarisse L. Habraken, de l'université de Leide, *Perceptions spatiales de la chimie ; chimie d'aujourd'hui/ chimie scolaire* : La conclusion de cette conférence sur le développement actuel de la communication des idées et de l'information chimique par des images, est la suivante : Les enseignants peuvent déplorer le déclin du savoir lire et écrire et du savoir compter mais ils doivent comprendre que les règles sont en train de changer. Ce qui est important aujourd'hui, c'est que les chimistes faisant de la chimie, ainsi que les jeunes, savent communiquer, argumenter et penser « visiospatialement ». Et les jeunes ne sont pas seulement les étudiants, ce sont aussi les professeurs !

– Dr Deborah Corrigan, de l'université Monash (Australie), *Qu'est-ce que « la chimie du monde réel » pour les élèves ?* : Peut-on réussir à rendre l'enseignement de la chimie plus efficace et plus significatif pour les élèves, en utilisant une visite de site industriel ? Une étude a été menée par D. Corrigan sur ce sujet auprès de 17 enseignants (par entretiens) et de 224 de leurs élèves (par questionnaire). Les questions posées étaient les suivantes : Qu'avez-vous appris ? Sur quoi voudriez-vous en savoir plus ? Qu'est-ce que vous n'avez pas encore compris ? Quels liens voyez-vous entre le site visité et l'école ? entre le site visité et la vie quotidienne hors de l'école ?

Une des constatations est que la visite d'un site par lequel les étudiants se sentent concernés, qu'il s'agisse d'une usine où leurs parents travaillent ou du cabinet de leur dentiste, génère une demande importante de connaissances nouvelles ; mais ce n'est pas le cas général.

Les symposiums

Les thèmes des symposiums étaient les suivants (de brèves informations seront données sur certaines communications) :

La politique générale et les questions qu'elle pose

Ce symposium a été dédié au professeur V. Falatov qui devait y intervenir et qui vient de disparaître.

– Osman M.E. El Dusouqui, de l'université du Koweït, a fait une communication remarquable sur « *Langage et culture, catalyseurs ou barrières pour la communication de la chimie* ». Tout ceux qui l'ont entendue ou en ont entendu parler ont regretté que l'on n'ait pas demandé à son auteur de faire une conférence plénière sur ce sujet.

– Il est agréable de préciser que la jeune Française, Marie-Béatrice Larrouy, a présenté dans ce premier thème, une intéressante communication (cosignée par M. Chastrette, de l'université Lyon I) sur « les modèles en chimie sur l'exemple de VSEPR ». Elle a été félicitée par M. Kempa pour son « excellente présentation ».

Apprentissage et difficultés d'apprentissage

– Philip Johnson, de l'université de Durham, décrit, dans « *Pourquoi la combustion doit être la dernière chose à enseigner aux enfants à l'école* », une recherche menée avec des élèves de 11 à 14 ans ; cette étude a donné des résultats très

semblables à ceux qui ont été obtenus en France précédemment. Le fait que le concept de substance soit très difficile à maîtriser par la plupart des élèves de cette tranche d'âge rend pratiquement incompréhensible le phénomène de combustion.

Résolution de problèmes

– Dans sa communication « *Expériences bases de problèmes en classe de chimie : étude des dilemmes des enseignants* », Onno de Jong, de l'université d'Utrecht, montre que ces dilemmes proviennent d'une trop faible intégration théorie/pratique, du manque de temps, des problèmes que pose l'évaluation, des expériences trop « ouvertes » ainsi que de la complexité d'organisation de la classe. D'où la nécessité de trouver comment tenir compte de ces observations dans la formation des enseignants de sciences qui seront amenés à poser à leurs élèves des problèmes directement issus d'expériences faites en classe.

Innovations dans l'enseignement de la chimie

– Tuula Asunta, de l'université de Jyväskylä (Finlande), a présenté une étude sur « *L'utilisation des ordinateurs en cours de chimie dans les écoles finlandaises et l'attitude des étudiants vis-à-vis de ces outils* ». Dans ce pays, les écoles sont en général bien équipées en ordinateurs assez récents et bien utilisés dans l'enseignement. Beaucoup sont connectés à Internet. Les garçons passent plus de temps devant leur ordinateur que les filles qui le trouvent utile mais pas vraiment passionnant.

– Christina Solomonidou, de l'université de Thessalie (Grèce), dans « *ChemEquilibria : un environnement d'apprentissage multimédia pour l'amélioration des conceptions des étudiants sur le concept d'équilibre chimique* », a présenté la conception, la réalisation et l'utilisation du **programme multimédia** « ChemEquilibria » qui doit maintenant être évalué par les étudiants grecs.

– Marissa Rollnick, de l'université de Witwatersrand (Afrique du Sud), a travaillé sur les meilleures conditions pour réussir les travaux pratiques. Dans sa communication « *Résumés d'avant-TP et rédaction satisfaisante du compte rendu des expériences : y a-t-il une relation ?* », elle indique que l'analyse des résumés et des comptes rendus du point de vue des contenus conceptuel, procédural et langagier montre que la qualité de la préparation avant-TP influe sur la séquence-labo tout entière, y compris le compte rendu. Une meilleure préparation améliore la compréhension des concepts et permet aux étudiants de se concentrer sur le « message chimique » plutôt que sur les détails procéduraux.

*

* *

Un après-midi a été consacré à la visite de la vieille ville d'York, suivie d'une séance de présentation de posters. Tiburce A.M. Aboki, du Palais de la Découverte, à Paris, a présenté une affiche sur « Introduction à la notion d'orbitale dans les musées des sciences : orbitales hybrides de l'atome de carbone ».

La journée du jeudi s'est terminée par le banquet qui a été animé par les collègues russes et plus encore grecs, qui nous ont donné un avant-goût de la chaleur de l'accueil que les congressistes recevraient à Ioannina en 1999.

Épreuves sélectionnées des Olympiades nationales de la chimie

Chapitre 9 : Chimie industrielle* (suite)

Électrochimie et corrosion

1 - Oxydo-réduction en solution

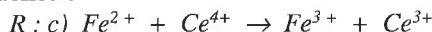
1.1 - On mélange des solutions de :

- sulfate de fer (II) et de nitrate de cérium (III).
- chlorure de fer (III) et nitrate de cérium (IV).
- sulfate de fer (II) et nitrate de cérium (IV).
- chlorure de fer (III) et nitrate de cérium (IV).

On donne $E^\circ \text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+} = +0,77 \text{ V}$

$E^\circ \text{Ce}^{4+}/\text{Ce}^{3+} = +1,61 \text{ V}$

Dans quel(s) cas observe-t-on une réaction ? La ou lesquelles ?



Créteil, 1989

1.2 - On donne les potentiels normaux d'oxydo-réduction suivants :

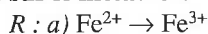
$E^\circ \text{NO}_3^-/\text{NO} = 0,96 \text{ V}$

$E^\circ \text{Fe}^{2+}/\text{Fe} = -0,44 \text{ V}$

$E^\circ \text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+} = +0,77 \text{ V}$.

1.2.1 - Indiquer, sans écrire de réaction, quelle peut être l'action de l'acide nitrique :

- sur les ions Fe^{2+}
- sur le métal fer.



b) le fer est oxydé en Fe^{3+} directement.

1.2.2 - En déduire quels sont les ions formés lors de l'attaque du fer par l'acide nitrique.

- si l'acide est en excès.
- si le fer est en excès.

R : Dans les 2 cas il se forme Fe^{3+} .

Dans le cas b) Fe^{3+} formé attaque ensuite lentement le fer en excès en redonnant Fe^{2+} .

Grenoble, 1989

1.3 - On donne les potentiels d'oxydo-réduction suivants :

$E^\circ \text{Cu}^{2+}/\text{Cu} = 0,34 \text{ V}$

$E^\circ \text{Fe}^{2+}/\text{Fe} = -0,44 \text{ V}$

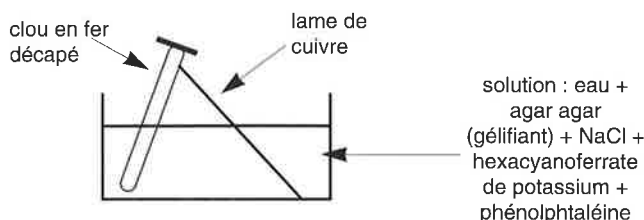
$E^\circ \text{Zn}^{2+}/\text{Zn} = -0,75 \text{ V}$

$E^\circ \text{O}_2/\text{H}_2\text{O} = 0,6 \text{ V}$ à pH 7

1.3.1 - On réalise l'expérience décrite dans le schéma ci-après.

Après quelque temps, au niveau du fer on note une coloration bleue, alors qu'au niveau du cuivre on a une coloration rose (on rappelle que l'hexacyanoferrate (III) de fer (II) est appelé bleu de Turnbull). Expliquer.

* Extrait du 2e Recueil d'épreuves sélectionnées des Olympiades nationales de la chimie (5e, 6e et 7e Olympiades). Début de la publication : n° 6 d'octobre-novembre 1995 de L'Actualité Chimique, p. 41-49.



R : Dans le couple Fe/Cu , c'est le fer qui s'oxyde ($\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2e^-$), d'où apparition de bleu de Turnbull à son contact.

Au niveau du cuivre $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4e^- \rightarrow 4\text{OH}^-$, la solution devient alcaline et fait virer la phénolphtaléine.

1.3.2 - Que se passe-t-il si on remplace la plaque de cuivre par une plaque de zinc ?

R : La polarité est inversée, la coloration rose apparaît au contact du fer.

Reims, 1989

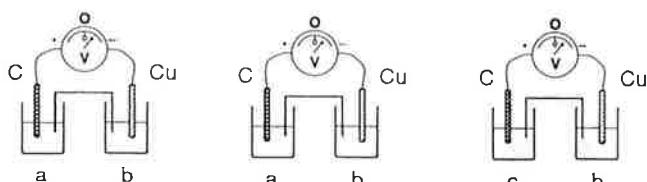
1.4 - Pour étudier comparativement les 3 couples redox suivants,



on réalise 3 types de demi-piles, chacune dans un bécher :

- mélange de solutions de chlorures ferreux Fe (II) et ferrique Fe (III) avec une électrode de carbone
- solution de sulfate cuivrique Cu (II) avec électrode de cuivre,
- iode dans une solution d'iodure de potassium avec électrode de carbone.

On les associe 2 à 2 pour constituer les 3 piles suivantes :



Le voltmètre indique, entre l'électrode de gauche et celle de droite, une ddp positive dans les 3 cas.

Classer les 3 couples redox par ordre de pouvoir réducteur décroissant du réducteur.

R : Cu plus réducteur que I lui-même plus réducteur que Fe^{2+}

Toulouse, 1989

pires, les pièces étant à l'air humide, expliquer quelle sera la pièce la mieux protégée.

R : - Le potentiel rédox du fer étant inférieur à ceux du nickel et de l'étain, les pièces nickelées et étamées seront attaquées par formation de piles.

- La pièce galvanisée sera au contraire protégée.

Caen, 1989 - Créteil, 1989 - Toulouse, 1989

4.4 - Zingage et galvanisation.

4.4.1 - Comment procède-t-on pour galvaniser une pièce en acier ?

R : On la plonge dans un bain de zinc fondu. (Contrairement à ce que laisse penser son nom, il ne s'agit pas d'un procédé électrolytique).

4.4.2 - Quels sont les nombres d'oxydation de l'élément zinc dans :

Zn(OH)₂ chlorure de zinc zincate ZnO₂²⁻ [Zn(OH)₄]²⁻

R : 2 dans tous les cas.

4.4.3 - Le zinc métal résiste bien à la corrosion car il se recouvre d'une couche protectrice de carbonate. Quelle est la formule de ce dernier ?

R : Zn CO₃

4.4.4 - L'usine Zindel réalise le zingage de pièces d'acier.

La couche protectrice de zinc doit avoir pour épaisseur 10 μm. Si, par une vue simplifiée, on suppose que les atomes déposés sont jointifs, quel est le nombre de couches atomiques déposées ? (rayon atomique de Zn : 0,138 nm).

R : $10^{-6} / (0,138 \times 2 \times 10^{-9}) = 3\ 625$.

4.4.5 - Une des premières opérations du zingage est la dépassivation de la pièce d'acier en milieu acide chlorhydrique (0,6 mol.L⁻¹). Écrire l'équation de la réaction ayant lieu. Quel danger présenterait-elle si on n'assurait pas une aspiration au-dessus de la pièce ?

R : $Fe + 2 H^+ \rightarrow Fe^{2+} + H_2$ (après destruction de la couche superficielle d'oxydes).

Explosion du mélange air/hydrogène.

4.4.6 - Le dépôt de zinc se fait par électrolyse. Par quoi sont constitués :

a) l'anode b) la cathode c) l'électrolyte

R : a) Zn b) pièce d'acier c) solution de ZnCl₂

Besançon, 1991

Chercheurs et enseignants, si vous vous posez ce genre de questions :

Quel logiciel de modélisation moléculaire correspond le mieux à mes besoins?

J'achèterais bien un logiciel et une base de données de spectroscopie, sans avoir à me soucier des problèmes d'importations et de paiements à l'étranger!

Existe-t-il des logiciels de calculs physico-chimiques et thermodynamiques adaptés à mon enseignement en prépa et en premier cycle universitaire?

J'aimerais bien pouvoir tester et comparer différents logiciels de prédiction de LogP, pKa,...

La seule réponse c'est :



ChemCAD, spécialiste des logiciels et bases de données
pour la chimie, la physico-chimie et la biochimie

Vous cherchez un logiciel ou une base de données, appelez-nous!

Pour recevoir, notre catalogue, des disquettes de démonstration, de la documentation, une offre de prix; un conseil :

ChemCAD - 116, rue du Général Gouraud - 67210 Obernai - France

© : 03.88.95.68.52 - Fax : 03.88.95.07.92 - email : info@chemcad.com

Vous voulez en savoir plus, visitez notre site WEB : <http://www.chemcad.com>

Le rôle de la chimie dans l'histoire de la radioactivité (1898-1939)*

Jean-Pierre Adloff** professeur

Summary : *The role of chemistry in the history of radioactivity (1898-1939)*

Chemical research on radioactivity started in 1898. That year, Pierre and Marie Curie discovered in pitchblende polonium and radium. Rutherford and Soddy showed that radioactivity is an atomic phenomenon accompanied by transmutation of elements and established the basic laws of radioactive changes. The existence of isotopes was postulated after the discovery of many radioactive substances. Major discoveries in nuclear science, i.e. the atomic nucleus, the neutron and artificial radioactivity, were made with radiation sources elaborated by chemists. Finally, in 1939, radiochemists on the search for transuranium elements, discovered nuclear fission.

Mots clés : *Radioactivité, histoire.*

Key-words : *Radioactivity, history.*

Depuis l'isolement des premiers radioéléments en 1898, la chimie est omniprésente dans l'histoire de la radioactivité. Les sources de rayonnements élaborées avec ces éléments ont conduit à la découverte du noyau atomique, à la radioactivité artificielle et à la fission, et par conséquent à l'énergie nucléaire. Réciproquement, la chimie dans ses aspects les plus variés a largement bénéficié des retombées de la radioactivité et des méthodes nucléaires.

La symbiose de la chimie et des sciences nucléaires apparaît dans la liste des prix Nobel de chimie attribués à des travaux avec le leitmotiv radioactivité (*tableau I*) et dans l'achèvement du tableau périodique dressé en 1869 par Mendeleev. En 1896, année de la découverte de la radioactivité, le tableau comprenait 76 éléments. Parmi les 15 cisuraniens manquants, 9 sont des radioéléments qui s'ajoutent aux deux radioéléments de l'ère pré-Becquerel, l'uranium et le thorium (*tableau II*).

Entre 1900 et 1913, le démêlement des familles radioactives par les radiochimistes a contribué à établir les lois fondamentales de la radioactivité et à reconnaître l'existence d'isotopes. La preuve de la transmutation d'aluminium en phosphore à l'origine de la découverte de la radioactivité artificielle a été établie chimiquement et ce sont les chimistes qui ont écrit le feuillet de la découverte de la fission.

La commémoration du centenaire de la radioactivité recouvre les événements des années 1896 à 1898. Il est donc opportun de rappeler les circonstances de la découverte de

polonium et du radium. Celles-ci sont résumées dans trois communications présentées à l'Académie des sciences par Pierre Curie (1859-1906) et Marie Curie (1867-1934) au cours de l'année cruciale 1898 [1].

Tableau I - Prix Nobel de chimie en relation avec la radioactivité.

1908	Ernest Rutherford chimie des substances radioactives
1911	Marie Curie découverte du polonium et du radium
1921	Frédéric Soddy origine et nature des isotopes
1935	Frédéric Joliot et Irène Curie découverte de la radioactivité artificielle
1943	George de Hevesy emploi des isotopes comme indicateurs
1944	Otto Hahn découverte de la fission
1951	Edwin M. McMillan et Glenn T. Seaborg chimie des éléments transuraniens
1960	Willard F. Libby datation par le radiocarbone

* Exposé présenté à la Journée de conférences organisée par la SFC, le 15 mai 1997 à la Maison de la Chimie à Paris, dans le cadre de la célébration du Centenaire de la découverte de la radioactivité par Henri Becquerel.

** Institut de Recherches Subatomiques, Chimie nucléaire, BP 28, 67037 Strasbourg Cedex 2. Tél. : 03.88.10.64.04. Fax : 03.88.10.64.31.

Tableau II - Découverte de l'uranium et des radioéléments cis-uraniens ; en grisé, éléments artificiels.

Uranium	1789	Martin Heinrich Klaproth
Thorium	1828	Jacob Berzelius
Polonium	1898	Pierre Curie, Marie Curie
Radium	1898	Pierre Curie, Marie Curie
Actinium	1899	André Debierne
Radon	1900	Ernest Dorn
Protactinium	1918	Otto Hahn, Lise Meitner
Technétium	1937	C. Perrier, Emilio Segré
Francium	1939	Marguerite Perey
Astate	1940	D.R. Corson <i>et al.</i>
Prométhéum	1947	J.A. Marinsky <i>et al.</i>

Les découvertes de 1898

La chimie est intervenue dans la nouvelle science de radioactivité, le 19 avril 1898, lorsque Marie Curie procéda à l'attaque chimique d'un échantillon de pechblende. Comment était-elle arrivée à cette démarche ?

À l'issue de ses études en Sorbonne, Marie Curie était à la recherche d'un sujet de thèse. Son attention fut attirée par les rayons uraniques découverts deux ans plus tôt par Becquerel. Les sels d'uranium qui émettaient des rayons avec la même intensité au cours des mois posaient une énigme. La loi de conservation de l'énergie était solidement prouvée depuis plus de 50 ans. Quelle pouvait alors être la source de cette énergie inépuisable qui semblait violer la première loi de la thermodynamique selon laquelle l'énergie pouvait se transformer, mais ne pouvait être ni créée, ni détruite ?

Le sujet avait, en outre, l'avantage d'être peu étudié. Citons Marie Curie : « *L'étude du phénomène nous parut très attrayante, et cela d'autant plus que la question, entièrement nouvelle, ne comportait aucune bibliographie. Je me décidai à entreprendre un travail sur ce sujet* » [2].

Les rayons uraniques étaient généralement mis en évidence par le noircissement d'une plaque photographique au contact de sels d'uranium. Ce détecteur primitif ne donnait aucune indication sur l'intensité du rayonnement. Marie Curie put disposer de manière providentielle d'un nouvel instrument conçu par Pierre Curie qui permettait de quantifier le phénomène par l'intensité du courant produit par les rayons dans une chambre d'ionisation.

Marie Curie entreprit la mesure de tous les corps simples, composés et minéraux dont elle pouvait disposer, et publia (comme seul auteur) les résultats dans une première note le 12 avril 1898 [3]. Elle constata que tous les composés actifs contenaient soit de l'uranium, soit du thorium.

Plusieurs composés de potassium présentaient une très faible activité, à la limite de la détection, ce qui laisse penser que Marie eut la primeur de détecter à son insu la radioactivité naturelle de cet élément qui sera identifiée en 1906.

On pouvait s'attendre à ce qu'aucun composé ne soit plus actif que l'uranium métallique. Pourtant, l'émission de certains échantillons naturels était beaucoup plus intense, quatre fois pour une pechblende de Joachimsthal (*tableau III*). Cette observation suscite la phrase clef de la note : « *ce fait est très remarquable et porte à croire que ces minéraux peuvent contenir un élément beaucoup plus actif que l'uranium* ».

Tableau III - [3].

Échantillon	Intensité (pA)
Uranium métal	24
Oxyde de thorium	53
Fluoxytantalate de potassium	2
Pechblende Joachimsthal	83
Pechblende Johanngeorgenstadt	67
Chalcolite naturelle $\text{Cu}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 6-8 \text{H}_2\text{O}$	52

La preuve de cette hypothèse est donnée aussitôt. La chalcolite naturelle est un phosphate double de cuivre et d'uranyle avec une stoechiométrie simple. Elle peut être préparée artificiellement. Marie Curie écrit donc : « *J'ai reproduit la chalcolite avec des produits purs et cette chalcolite artificielle n'est pas plus active qu'un autre sel d'uranium* ».

La logique du raisonnement et le génie de Marie interviennent d'une manière éclatante. Elle se dit puisque le phénomène qu'elle cherche à élucider est atomique dans le cas de l'uranium et du thorium, le supplément d'activité dans la pechblende doit provenir d'un ou plusieurs éléments chimiques inconnus jusque là et dont le rayonnement doit être beaucoup plus intense que celui de l'uranium.

La recherche de ces mystérieux éléments devenait maintenant une tâche des plus urgentes. Fin mars 1898, Pierre Curie fasciné par le phénomène abandonna ses propres recherches sur la croissance des cristaux pour s'associer à cette aventure.

La découverte du polonium

Pour extraire de la pechblende ces éléments hypothétiques, aux propriétés inconnues, Pierre et Marie Curie allaient utiliser « *une nouvelle méthode de recherche chimique basée sur la radioactivité. Elle consiste à effectuer des séparations par les moyens ordinaires de la chimie analytique et à mesurer, dans des conditions convenables, la radioactivité de tous les produits séparés* » [2]. La radioactivité agissait comme un réactif spécifique très sensible, le seul d'ailleurs utilisable. C'était le début de la radiochimie.

Le traitement commença par une attaque chlorhydrique de 100 g de pechblende broyée (*figure 1*). On savait déjà que le minerai contenait, outre l'uranium, des métaux tels que Cu, As, Sb, Bi et Pb. La solution acide fut donc traitée par le sulfure d'hydrogène. Le précipité de sulfures métalliques ainsi que la solution résiduelle étaient tous deux

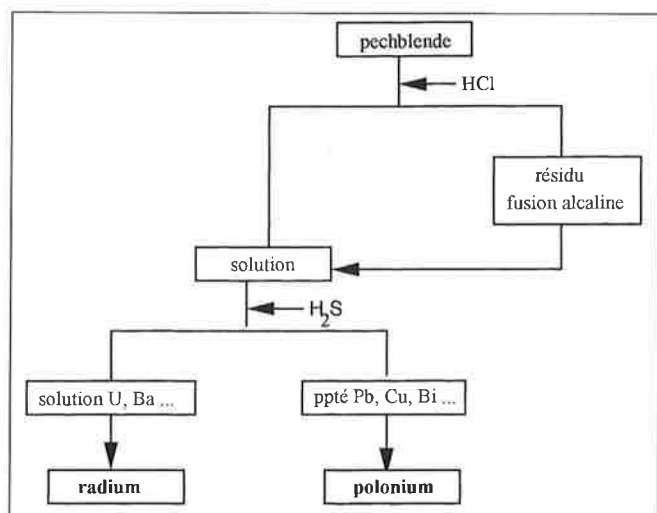


Figure 1 - Schéma simplifié du traitement de la pechblende par M. Curie.

actifs. Chacune des phases pouvait donc cacher un nouvel élément. Pierre et Marie Curie commencèrent par l'étude des sulfures car il paraissait plus facile de trouver la substance déjà concentrée dans le précipité.

Un grand nombre d'opérations et de tâtonnements suivirent. L'activité contenue dans les sulfures accompagnait toujours le bismuth. Les auteurs concentrèrent la matière active par sublimation et par voie humide en utilisant une méthode de précipitation fractionnée. Finalement, ils obtinrent une fraction 400 fois plus active que l'uranium, un résultat considéré concluant pour paraître dans les *Comptes Rendus* le 18 juillet 1898 avec le titre « *Sur une substance nouvelle radioactive contenue dans la pechblende* » [4].

La note annonce la découverte d'un premier radioélément et introduit dans l'histoire le mot *radioactivité*. Elle s'achève par la phrase : « *Nous croyons donc que la substance que nous avons retirée de la pechblende contient un métal non encore signalé, voisin du bismuth par ses propriétés analytiques. Si l'existence de ce composé se confirme, nous proposons de l'appeler polonium du nom du pays de l'un d'entre nous* ». Par cette appellation, Marie Curie entendait aussi protester contre la disparition de l'état polonais en 1796, partagé entre la Prusse, l'Empire autrichien et la Russie.

Pour la première fois dans l'histoire de la chimie, la découverte d'un élément était annoncée uniquement sur la base de l'émission de rayons invisibles. Au XIX^e siècle, les critères indispensables étaient la détermination de la masse atomique et la mesure du spectre caractéristique. L'éminent spectroscopiste Eugène Demarçay (1852-1904) ne trouva aucune raie nouvelle dans l'échantillon des Curie. Ce fut un grand désappointement pour les auteurs qui reconnurent « *ce fait n'est pas favorable à l'idée de l'existence d'un nouveau métal* ».

La séparation du polonium de l'uranium avait réussi bien que l'on ne connaissait pas la relation génétique entre les deux éléments. P. et M. Curie croyaient avoir à faire à un mélange. Ils ignoraient le phénomène de décroissance radioactive : les opérations avaient été achevées en moins de trois mois, un temps court par rapport à la période de 140 jours de ²¹⁰Po. Quelques années plus tard, ils notèrent avec étonnement et une grande perplexité la disparition progressive du polonium.

La découverte du radium

Six mois après la découverte du polonium, P. et M. Curie annoncèrent le 26 décembre la découverte du radium dans la note « *Sur une nouvelle substance fortement radio-active, contenue dans la pechblende* » [5].

La solution après précipitation des sulfures était encore très active. Le bismuth avait été le support matériel du polonium ; dans la solution, le rôle d'entraîneur sera tenu par le baryum. La concentration du corps radioactif dans le chlorure de baryum fut poursuivie par précipitation fractionnée jusqu'à épuisement de la matière : l'activité était alors 900 fois celle de l'uranium. Cette fois l'analyse spectrale était concluante : Demarçay trouva dans le spectre du baryum radioactif des raies qui n'appartenaient à aucun élément connu et dont l'intensité augmentait avec l'activité.

Les auteurs conclurent « *la nouvelle substance radioactive renferme un élément nouveau auquel nous proposons de donner le nom de radium [...]* » et ajoutèrent « *la radio-activité du radium doit être énorme* ». En recherchant d'abord le polonium, les Curie avaient commencé par le plus difficile. Le radium avait plusieurs avantages : il est 5 000 fois plus abondant que le polonium, sa période est de 1 600 ans ; il trouvait facilement sa place dans le tableau en position Eka-baryum tandis que le caractère chimique de Po et l'emplacement Eka-tellure de l'élément seront élucidés beaucoup plus tard.

La preuve de l'analyse spectrale était importante mais elle ne suffisait pas. Personne ne voyait le radium et il restait à déterminer le poids atomique. Dès décembre 1898, Marie Curie en fit une première détermination dans le chlorure de baryum radifère en analysant la quantité de chlore et en la comparant à celle du chlorure de baryum pur.

La valeur trouvée était significativement supérieure à celle du baryum (137,3) mais encore très proche de celle-ci (tableau IV). La teneur en radium était encore insuffisante. La mesure du poids atomique devint une obsession pour Marie Curie. Il fallait entreprendre le traitement d'une grande quantité de minerai. La pechblende était une matière précieuse et chère de laquelle était extrait l'uranium pour la fabrication de verres colorés. P. et M. Curie pensèrent avec raison que les résidus sans valeur commerciale devaient contenir les deux radioéléments. A la suite de nombreuses démarches, le gouvernement autrichien, propriétaire des mines de Joachimsthal, céda gratuitement une tonne de ces résidus à Marie Curie qui les traitera kg par kg.

Tableau IV - Poids atomiques du radium déterminés successivement par Marie Curie.

Activité relative (U = 100)	M	Date
600	142,3	20 déc. 1898
3 500	140,0	1 ^{er} août 1899
21 400	145, 8	octobre 1899
100 000	174,1	27 juillet 1900
un million	225,9	28 mars 1902

L'échantillon de 400 mg, 100 000 fois plus actif que l'uranium, donnait un poids atomique de 174. En publiant ce résultat, Marie Curie ajouta « *il est certain que le poids atomique est très supérieur à 174 [...] Nous sommes très heureux, M. Curie et moi, d'avoir obtenu la preuve de l'existence de cet élément, et de voir ainsi confirmées les idées qui nous ont guidés dans nos recherches* ».

Enfin, le 28 mars 1902, Marie Curie obtint la valeur exacte 225,9 avec un échantillon de 120 mg de chlorure de radium, un million de fois plus actif que l'uranium.

Les lois de la radioactivité et l'isotopie

À la fin de 1898, malgré ces découvertes retentissantes, on ne connaissait rien de la radioactivité.

Pendant que l'uranium faisait l'objet de recherches intensives en France, les rayonnements du thorium étaient étudiés par Ernest Rutherford (1871-1937) d'abord à Cambridge, puis à Montréal. À la suite de plusieurs observations étranges, les expériences sur des sels de thorium allaient conduire à reconnaître le phénomène de transmutation, à établir les lois cinétiques des transformations radioactives et aboutir à la découverte d'un autre radioélément, le radon [6].

L'activité capricieuse du thorium

En 1899, Robert Owens (1870-1940), un collaborateur de Rutherford, constata que le courant d'ionisation produit par l'oxyde de thorium variait de manière erratique. Un faible courant d'air produit par l'ouverture ou la fermeture de la porte ou d'une fenêtre du laboratoire perturbait fortement la mesure. Le phénomène se stabilisait lorsque le composé était isolé dans une chambre d'ionisation étanche. Après balayage de la chambre par un courant d'air, l'activité disparaissait mais retrouvait la valeur initiale au bout de 10 minutes.

Dès septembre 1899, Rutherford arrivait à la conclusion que les composés de thorium émettaient de façon continue une sorte de particules radioactives. Il donna le nom d'*émanation* à la substance dégagée par le thorium et montra qu'elle se comportait comme un gaz. L'émanation perdait la moitié de son activité en une minute : c'était la première observation d'une décroissance radioactive.

Cette émanation reçut ensuite le nom de *thoron*. Elle fut suivie de la découverte de deux autres émanations, le *radon* émis par les sels de radium et l'*actinon* dégagé par les composés d'actinium. Le casse-tête posé par l'existence de trois émanations radioactives avec des périodes différentes sera résolu après la découverte de l'isotopie.

Sur ces entrefaites, commença une collaboration entre le physicien Rutherford et le chimiste Frédérick Soddy (1877-1956) qui ne durera que deux années mais qui s'avérera des plus fructueuses. Soddy constata que l'émanation n'était affectée par aucun réactif. Cette inertie chimique rappelait celle des gaz rares néon, krypton et xénon découverts en 1898. L'émanation venait se placer logiquement en position eka-xénon ($Z = 86$) dans le tableau périodique, non loin du radium ($Z = 88$). Rutherford et Soddy confirmèrent que l'oxyde de thorium, un solide, se transformait spontanément

en un gaz, le thoron. Dans l'histoire de la radioactivité, ce fut le premier indice d'une véritable transmutation.

Une activité vagabonde

En 1902, Rutherford découvrit que tout solide situé à proximité de sels de thorium acquerrait une radioactivité passagère qui décroissait de moitié en une dizaine d'heures. Cette activité *induite* ou *excitée* pouvait être concentrée sur un support métallique chargé négativement. P. et M. Curie observèrent à la même époque un phénomène similaire avec les sels de radium qu'ils attribuèrent à un échange d'énergie entre le radium et le milieu environnant. Mais l'activité induite de Rutherford avait un support matériel ; elle pouvait être récupérée d'une feuille de platine par lavage à l'acide.

Entre-temps, William Crookes (1832-1919) avait trouvé que les rayons de l'uranium qui noircissaient la plaque photographique ne provenaient pas de l'élément lui-même, mais d'un autre corps radioactif qu'il avait appelé uranium X (UX) [6]. Rutherford se demanda si l'émanation provenait directement du thorium ou d'une autre substance analogue à UX et aboutit à la même conclusion : l'activité attribuée au thorium n'était pas celle de l'élément, mais d'un thorium X (ThX) qui produisait l'émanation avec une période de 3 jours. Rutherford et Soddy eurent l'idée de mesurer simultanément la décroissance de l'activité de ThX et sa croissance dans le thorium (*figure 2*). Ce résultat fut discuté dans deux publications de l'année 1902, qui sont les plus importantes dans l'histoire des débuts de la radioactivité depuis les notes de P. et M. Curie en 1898. Elles portaient le titre éloquent *La cause et la nature de la radioactivité* [7]. Les équations des transformations radioactives figurent dans le même article, six ans après la découverte de la radioactivité.

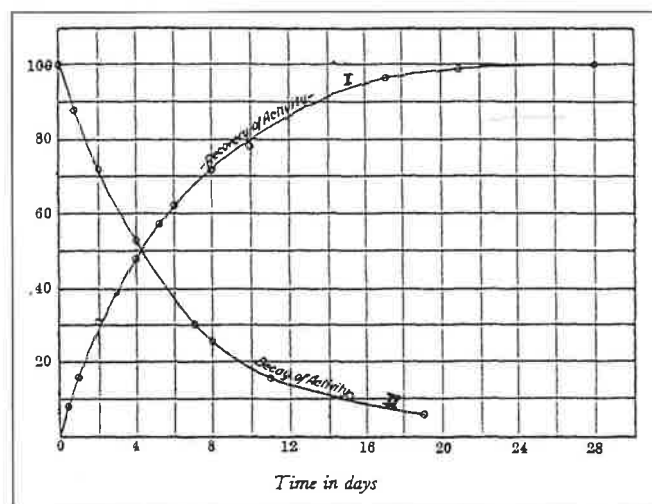


Figure 2 - Premières courbes de croissance (I) et de décroissance (II) d'un corps radioactif (thorium X, période 3,6 j) [7], en fonction du temps en jours.

Rutherford et Soddy énoncèrent une nouvelle théorie révolutionnaire, la loi de transformation spontanée, une véritable hérésie à l'époque : « *nous concluons que la radioactivité est un phénomène atomique accompagné d'une transformation chimique par laquelle de nouvelles espèces sont produites [...]* ».

Les isotopes

Cinq ans après la découverte du Po et du Ra, un grand nombre de substances radioactives étaient connues. Les émanations produisaient d'autres corps et, pour mettre de l'ordre dans cette prolifération, Rutherford proposa une nomenclature systématique en corps A, B, C. Ceux-ci formaient le dépôt actif et étaient les supports de l'activité induite (figure 3) [8]. C'était l'ébauche des familles radioactives qui seront entièrement résolues à la fin des années 30, après la découverte d'une quarantaine d'espèces radioactives.

Maintenant les chimistes étaient dans l'embarras. Que

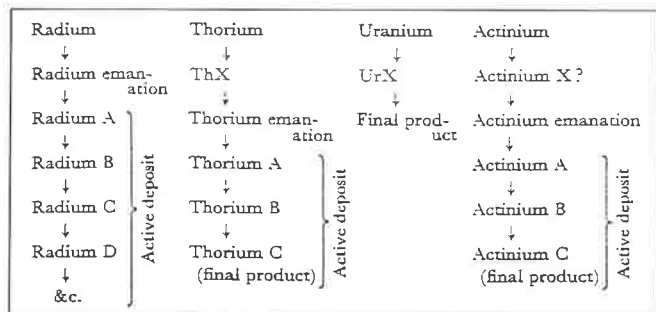


Figure 3 - Les familles radioactives en 1905 [8].

faire de tous ces nouveaux composés radioactifs ? Ra, Po, Rn avaient trouvé leur place dans le tableau périodique. Mais bien d'autres substances étaient sans domicile et il fallut plusieurs années pour résoudre ces énigmes sans violer la classification de Mendeleev.

Soddy fit une synthèse de l'ensemble des observations et nota que certaines substances radioactives avaient strictement les mêmes propriétés chimiques mais différaient par leurs propriétés radioactives. Les corps B étaient inséparables de Pb, les corps C de Bi, ThX ne pouvait être séparés de Ra, etc.

En 1913, Soddy définit les isotopes de manière peu familière [9] (le neutron sera découvert une vingtaine d'années plus tard) : « une même somme algébrique des charges positives et négatives dans le noyau, lorsque la somme arithmétique est différente, donne ce que j'appelle isotopes ou éléments isotopiques parce qu'ils occupent la même place dans le tableau périodique. Ils sont chimiquement identiques [...] ». La notion d'isotopie est l'une des conséquences les plus importantes de la découverte de la radioactivité.

La fission nucléaire

Au cours de ces années et de celles qui suivirent, les chimistes élaborèrent la matière première qui a donné naissance à la physique nucléaire avec les découvertes du noyau atomique (Rutherford, 1911), de la première réaction nucléaire (Rutherford, 1919), du neutron (Chadwick, 1932) et de la radioactivité artificielle (Frédéric et Irène Joliot-Curie, 1934). Avant la construction des premiers accélérateurs au début des années 30, les rayons α des radioéléments étaient les seuls projectiles lourds de grande énergie disponibles.

Les sources de neutrons constituées d'un mélange d'un émetteur α et de béryllium permirent à Enrico Fermi (1901-

1954) de produire un grand nombre de radionucléides artificiels dès 1934 et d'entreprendre des expériences qui allaient conduire à la découverte de la fission. Bien que les radiochimistes les plus éminents aient été engagés dans ces travaux, il ne fallut pas moins de quatre années pour comprendre les phénomènes observés [10].

L'histoire commence avec le vieux rêve des chimistes de pénétrer dans la *terra incognita* au-delà de l'uranium dans le tableau périodique. L'uranium était-il vraiment l'ultime édifice atomique concevable ? La radioactivité avait déjà ménagé bien des surprises, elle pouvait en produire d'autres !

La stratégie retenue était simple. Les expériences de Fermi avaient montré que la capture de neutrons suivie de désintégration β augmentait le Z de la cible d'une unité. Il suffirait donc de bombarder l'uranium par les neutrons pour obtenir l'élément 93 dont les propriétés étaient par ailleurs prévisibles par sa position Eka-Re dans le septième groupe dont l'élément le plus léger est le manganèse (figure 4). L'analogie chimique des eka-éléments avec leur voisin de colonne avait été bien mise en évidence dans les découvertes des radioéléments naturels.

C'est sur ces considérations que Fermi entreprit l'expérience dès 1934. Il observa dans l'uranium irradié plusieurs

Groupe			
VI	VII	VIII	
Cr	Mn	Fe	Co
Mo	Tc	Ru	Rh
W	Re	Os	Ir
U	93	94	95

Figure 4 - Emplacements prévus dans le tableau périodique pour les premiers éléments transuraniens.

substances radioactives. En particulier, un corps de période 16 min était entraîné par un précipité de MnO_2 , et de manière encore plus convaincante, par le sulfure de Re.

La conclusion paraissait évidente : le comportement chimique de ce corps était différent de celui de l'uranium et similaire à celui prévu pour l'homologue de Re. Fermi annonça la découverte de l'ausonium, Ao, élément 93 et de l'hespérium, Hs, élément 94 (figure 5).

Une découverte aussi sensationnelle allait exciter le petit

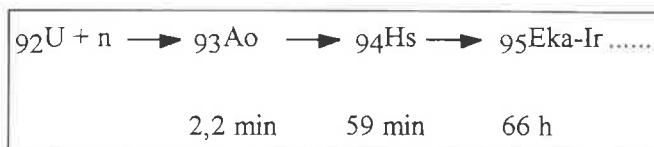


Figure 5 - Pseudodécouvertes d'éléments transuraniens dans l'uranium bombardé par les neutrons. D'après [9].

monde des radiochimistes et déclencher une course aux transuraniens, notamment à Berlin et à Paris. Les acteurs allemands étaient Otto Hahn (1879-1968), Lise Meitner (1878-1968) et Fritz Strassmann (1902-1980). Ils confirmè-

rent plus ou moins les résultats de Fermi et conclurent à la formation d'au moins 5 transuraniens. Mais le mélange était fort complexe car plusieurs activités pouvaient être assignées à chacun de ces éléments et à l'uranium lui-même.

A Paris, Irène Joliot-Curie (1897-1956), aidée du yougoslave Paul Savitch, obtint un résultat qui sera un tournant décisif dans les recherches commencées par Fermi. Les auteurs prirent la précaution d'irradier l'uranium soigneusement débarrassé de l'uranium X pour éviter toute confusion avec les nouveaux éléments et observèrent une activité de période 3,5 h. Les deux chercheurs après des vérifications minutieuses trouvèrent un résultat extraordinaire : cette activité se comportait chimiquement comme le lanthane, un élément des terres rares au milieu du tableau périodique, très loin de l'uranium. Ils écrivirent dès le 12 juillet 1938 « *dans l'ensemble les propriétés de l'activité de 3,5 heures sont celles du lanthane, dont il semble jusqu'ici qu'on ne puisse le séparer que par fractionnement* ». Mais c'était réellement du lanthane et si les auteurs avaient omis la seconde partie de la phrase ils auraient découvert la fission !

Le résultat de Paris était tellement inattendu qu'Otto Hahn s'empressa de le vérifier malgré, dit-il, du grand respect qu'il avait pour Irène. En quelques semaines Hahn et Strassmann purent résoudre le problème dans une série d'expériences de radiochimie menées avec une minutie sans précédent. Ils utilisèrent des isotopes naturels de Ac pour marquer La et de Ra pour marquer Ba. Finalement, ils trouvèrent des isotopes de Ra qui se comportaient comme le baryum et des isotopes de Ac qui se comportaient comme le lanthane.

Ce résultat fut soumis pour publication, le 22 décembre 1938 dans *Naturwissenschaften* et parut le 6 janvier 1939, date qui est considérée comme celle de la découverte de la fission nucléaire. Les auteurs écrivaient avec quelque hésitation : « *En tant que chimistes [...] nous devrions remplacer ici les symboles Ra, Ac, Th par Ba, La, Ce [...] mais en tant que chimistes nucléaires plus proches de la physique nous ne pouvons pas encore nous résoudre à effectuer ce saut qui serait en contradiction avec l'expérience actuelle de physique nucléaire* ». Le même mois, les auteurs publièrent une deuxième note dans laquelle ils apportaient de nouvelles preuves de la formation d'isotopes radioactifs de Ba dans U irradié par les neutrons.

Lise Meitner et Robert Frisch proposèrent aussitôt une interprétation de ce nouveau type de réaction nucléaire basée sur le modèle nucléaire de la goutte liquide : « *L'uranium se*

sépare en deux noyaux qui se repoussent avec une énergie cinétique totale de 200 MeV ». Ils proposèrent le mot *fission* qui avait été suggéré par un ami biochimiste qui trouvait une analogie avec la division de cellules.

Les chimistes poursuivirent les travaux sur la fission par la résolution du mélange de plus de 500 produits de fission, une tâche herculéenne considérée comme l'une des plus difficiles jamais réalisée en radiochimie. La suite est bien connue : la fission trouvera rapidement des applications militaires avant l'utilisation pacifique pour la production d'énergie. Dans les deux cas une chimie plus classique a été indispensable pour l'élaboration des matières premières nucléaires, des modérateurs de neutrons comme le graphite ou l'eau lourde, le retraitement des combustibles usés et le conditionnement des déchets nucléaires.

Conclusion

Au moment de ces événements, trois éléments cis-uraniens manquaient encore dans le tableau périodique, correspondant aux numéros atomiques 61, 85 et 87. Un premier radioélément, le technétium ($Z = 43$) avait été synthétisé en 1937 ; le prométhéum (61) sera trouvé dans les produits de fission et l'astate (85) est également un élément artificiel.

On ne s'attendait plus à de découverte importante en radioactivité naturelle lorsque, en janvier 1939, Marguerite Perey (1909-1975), ancienne collaboratrice de Marie Curie, trouva le premier isotope de l'élément 87, le francium, produit par désintégration de l'actinium. Le francium est à la fois le dernier radioélément et le dernier élément découvert dans la nature et son nom fait écho au polonium, le premier élément découvert dans l'histoire de la radioactivité par Marie Curie 41 ans plus tôt.

En 1997, le tableau périodique se termine avec l'élément 112. Mais ceci est une autre histoire...

Références

- [1] Adloff J.-P., MacCordick J., *Radiochim. Acta*, **1995**, 70/71, p. 13.
- [2] Curie M., *Pierre Curie*, Editions Payot, Paris, **1923**. Réimpression, Editions Odile Jacob, Paris **1996**.
- [3] Sklodowska Curie M., *Comptes Rendus*, **1898**, 126, p. 1101.
- [4] Curie P., Curie M., *Comptes Rendus*, **1898**, 127, p. 175.
- [5] Curie P., Curie M., Bémont G., *Comptes Rendus*, **1898**, 127, p. 1215.
- [6] Adloff J.-P., *Radiochim. Acta*, **1997**, 77, p. 1.
- [7] Rutherford E., Soddy F., *J. Chem. Soc. Trans.*, **1902**, 81, p. 321 ; *ibid.* p. 837.
- [8] Rutherford E., *Phil. Trans. Royal Soc. London*, **1905**, 204, p. 169.
- [9] Soddy F., *Nature*, **1913**, 92, p. 399.
- [10] Herrmann G., *Radiochim. Acta*, **1995**, 70/71, p. 51.

VALSPAR COATES

The valspar (France) corporation SA

25, boulevard A. Juin - B.P. 82219 - 44022 NANTES CEDEX 1
Tél. : 02 40 95 98 98 - Fax : 02 40 46 27 92

Raymond Paul (1907-1997)

Le professeur Raymond Paul est né en 1907 à Angers. Après sa thèse de docteur ès sciences, soutenue en 1932, il a été nommé très jeune professeur à la Faculté d'Angers où il a commencé une brillante carrière de recherche en chimie organique. Il a obtenu son di-plôme de pharmacien en 1938. En peu de temps, il accumule des résultats importants et très novateurs dans deux domaines de la chimie organique.

1 - Il peut être considéré comme le fondateur, en France de la chimie des hétérocycles oxygénés. Les abbés Hamonet et Blanchard l'avaient intéressé à la synthèse du butanediol-1,4, et à la facilité avec laquelle les dérivés de ce glycol se cyclisaient. Ceci démontrait un don pour détecter les gros problèmes, car la facilité de condensation de deux fonctions déjà liées l'une à l'autre à bonne distance est un phénomène d'une importance fondamentale et a été à l'origine de la compréhension de l'efficacité des enzymes.

Un grand mérite de Raymond Paul est d'avoir vu l'importance théorique et pratique du processus inverse. La nature offre en abondance des produits qui présentent de tels cycles à 5 ou 6 chaînons comme le furfural qui se forme facilement par hydrolyse de déchets agricoles. L'ouverture du cycle fournit des produits linéaires bifonctionnels qui peuvent être utilisés tels quels ou cyclisés avec un autre atome, l'azote en particulier, ce qui conduit aux familles très précieuses des pyrrolidines et pipéridines. Ceci ouvre une voie très efficace d'accès à ces produits dont beaucoup ont des activités physiologiques puissantes.

La découverte de la transposition moléculaire qui fait passer, dans les deux sens, des cycles à 5 chaînons portant une fonction juste à côté du cycle aux cycles à 6 chaînons portant une fonction dans le cycle est une contribution majeure : sur le plan théorique tout d'abord, puisqu'elle permet d'interpréter les réactions des moutardes au soufre ou à l'azote qui sont en cause dans l'action de nombreux médicaments comme les alkylants ; sur le plan pratique aussi puisque, à partir du furfural

très accessible, on pouvait fabriquer ainsi une foule de structures nouvelles : le dihydropyranne est universellement employé comme agent de protection des alcools. Il permet aussi par sa chaîne à 5 carbones un accès facile à la lysine ou à un trypanocide important, la pentamidine ; ou encore à des dérivés du tétrahydropyranol comme le dactil, antispasmodique, ou le piptal, anticholinergique employé pour traiter l'ulcère gastrique.

2 - Pour hydrogéner le furfural, il avait utilisé le nickel de Raney original, récemment découvert. Il a amélioré considérablement son efficacité et sa stabilité, en particulier par addition de chrome, pour en faire un catalyseur industriel majeur, par exemple pour l'hydrogénation de l'adiponitrile en hexaméthylènediamine. Il a plus tard obtenu une gamme de catalyseurs très puissants par réduction des sels de nickel à l'aide de borohydrure de sodium en y incorporant du cobalt, du molybdène ou du chrome.

Il a fait ces recherches dans des conditions matérielles très modestes. Il fallait des talents d'expérimentateur remarquables pour résoudre, en particulier, le problème des isomérisations sur des liquides avec les moyens de l'époque. Il savait toutefois communiquer son enthousiasme à des jeunes gens passionnés. L'un d'entre eux est notre ancien président Henri Normant.

Ses travaux avaient été remarqués par Marcel Delepine, alors directeur scientifique de la Société des Usines Chimiques Rhône-Poulenc. Il devint conseiller scientifique puis directeur scientifique de 1943 à 1972.

Pendant cette période qu'on appelle maintenant « les trente glorieuses », l'industrie chimique a connu une expansion inouïe. On peut dire que Raymond Paul a été au centre de ces phénomènes. Il est certes difficile de cerner les apports des diverses personnes dans des développements industriels où des équipes parfois nombreuses sont engagées. Mais quelqu'un doit choisir les personnes, poser les bons problèmes, initier des pistes, définir des objectifs, faire des choix entre plusieurs voies de recherche possible, prendre les décisions. Je me



Raymond Paul (1907-1997).

rappelle l'avoir entendu dire qu'une des choses les plus importantes à savoir faire est d'arrêter les programmes de recherches qui n'aboutiront pas. Encore faut-il bien sûr en avoir discerné les bons. On apprécie le rôle qu'il a joué dans ces merveilleux développements en entendant la façon dont ses anciens collaborateurs parlent de lui.

Je prendrai seulement quelques exemples :

En chimie : l'augmentation énorme de la demande en phénol, pour la transformation en acide adipique et par suite en polyamide-6,6 (le nylon), posait un redoutable problème. Il fallait un procédé nouveau et beaucoup moins polluant que l'ancien (on s'en préoccupait déjà), qui engendrait beaucoup de sous-produits.

Le nouveau procédé utilisait des intermédiaires et des techniques très nouvelles comme la production et la scission acide de l'hydroperoxyde de cumène ; à l'époque, ces produits n'avaient pas bonne réputation et on a appris à les fabriquer sans danger par milliers de tonnes. Ce procédé a permis à la société Rhône-Poulenc de rester dans le peloton de tête des producteurs de textiles synthétiques.

Par la suite, un procédé extrêmement nouveau et plus court a été développé dans lequel le benzène est réduit en cyclohexane et celui-ci oxydé de façon ménagée, d'abord en cyclohexanone puis en acide adipique. C'est encore le princi-

pe mis en œuvre à l'usine de Chalampé.

Toujours dans le domaine des oxydations qui représentent la majorité des réactions industrielles, il faut signaler le nouveau procédé d'oxydation directe du phénol en hydroquinone et catéchol (*p* et *o*). On retrouve, ici, le souci de se tenir à la frontière de la science en train de se faire pour participer à son élaboration et pour la mettre en application.

En pharmacie, notre ministre déploierait récemment que l'efficacité de notre pays comme découvreur de médicaments se soit notablement amoindrie. On est frappé d'admiration devant la série de découvertes qui ont marqué la période d'activité de Raymond Paul. Bien sûr, il faut rappeler que la société Rhône-Poulenc était en liaison étroite avec le Laboratoire de chimie thérapeutique de l'Institut Pasteur. Les responsables s'appelaient Ernest Fourneau, Jacques et Thérèse Trefouel, Daniel Bovet et d'autres. Raymond Paul a su établir des relations confiantes avec ces talents et appeler autour de lui, dans les laboratoires de Vitry, des chimistes, des pharmacologues, des médecins, autour de Pierre Viaud. Cette symbiose avec les recherches dites « fondamentales », dont on a récemment reconnu ici la valeur, bien après les autres pays, a apporté une moisson de médicaments que tout le monde connaît car ils ont servi à soigner et guérir des foules immenses dans le monde entier. Des antihistaminiques aux phénothiazines, en particulier la chlorpromazine qui a ouvert l'énorme domaine des neuroleptiques, des antibiotiques, des antiparasitaires, la liste est longue des additions à la pharmacopée.

Il avait continué pendant toutes ces années, avec son fidèle assistant Serge Tchelitcheff, des recherches personnelles dans un petit laboratoire d'où sont sorties en particulier de très élégantes études sur la structure de la spiramycine, un problème très difficile à résoudre.

C'est ainsi une œuvre scientifique considérable que nous lui devons.

Tout au long de sa carrière industrielle, il a assumé de hautes fonctions dans la communauté scientifique française : il était membre des conseils d'administration de nombreuses universités et écoles d'ingénieurs chimistes. A une époque où les « relations université-industrie » n'étaient pas aussi bien vues qu'aujourd'hui (pour employer une lito-

te), il avait su établir des relations excellentes avec de nombreuses équipes de recherches universitaires et les aidait de multiples façons. En cela R. Paul s'est montré un précurseur. Je ne suis, de loin, pas le seul à avoir bénéficié de cette aide, en particulier bourses de thèses sans conditions attachées, etc., et à lui garder une très grande reconnaissance.

Il a été président de la Société Chimique de France (1969-1970), vice-président du Comité Consultatif de la Recherche Scientifique et Technique (CCRST), administrateur de la société Rhône-Poulenc de 1972 à 1975.

Après sa retraite, il a rendu d'éminents services par sa participation à des instances nationales (au ministère de la Santé) et internationales : comme président de la Pharmacopée européenne (1974-1977) ; son expérience mais aussi sa rectitude et son sens de l'humain étaient très recherchés.

Il avait reçu de nombreuses distinctions : officier de la Légion d'honneur, commandeur du Mérite national et des Palmes académiques, chevalier de l'ordre de Saint Grégoire-Le-Grand, etc. Il était membre correspondant de l'Académie des sciences depuis 1971, comme de l'Académie de pharmacie.

Au cours de sa vie, il a rencontré des gens très divers. Il montrait dans ses relations une certaine réserve, mais sa forte personnalité les frappait. Il a su créer et entretenir autour de lui une équipe qui a fait la fierté de la chimie française. Il a pu le faire grâce à son autorité scientifique, à la sûreté de son jugement mais aussi à sa rectitude morale, à sa probité foncière et à une grande maîtrise de soi. Il possédait aussi la générosité sans laquelle les relations humaines seraient bien arides. Il disait à l'un d'eux en l'appelant à de plus hautes fonctions : maintenant vous ne trouverez plus rien ! Il voulait dire que les noms des supérieurs hiérarchiques n'apparaissent pas sur les brevets, pour en laisser le mérite aux autres. La générosité était ici aidée par la sagesse, car cette position lui permettait de faire accepter les arbitrages nécessaires. Ses collaborateurs étaient sensibles à sa bienveillance, à sa confiance et à l'intérêt personnel qu'il leur portait.

Nous garderons précieusement son souvenir comme savant et comme homme. C'était un grand Monsieur.

Marc Julia



De Boeck
Université

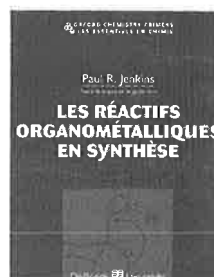
171, Rue de Rennes • F-75006 Paris
39, Rue des Minimes • B-1000 Bruxelles



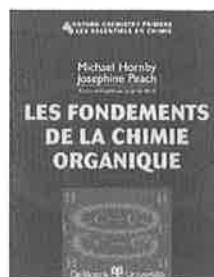
OXFORD CHEMISTRY PRIMERS
LES ESSENTIELS EN CHIMIE



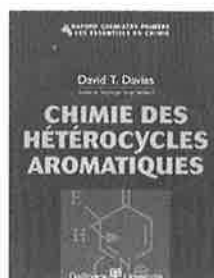
79 F



79 F



79 F



79 F

en vente chez votre libraire habituel ou,
à défaut, chez notre distributeur :

Édition Belin
8, Rue Férou • F-75278 Paris CEDEX 06
Tél. (0)1 46 34 21 42 • Fax (0)1 43 25 18 29

STÉROLS ET STÉROÏDES

Jean-Cyr Gagnault, Dominique Bidet,
Martine Gaillard et Jacques Péronnet
318 p., broché, 230 F
Ellipses, Paris, 1997

Peu de classes de substances naturelles ont l'importance des stéroïdes. Cholestérol sanguin, pilule, poisons de flèches africains ou sud-américains, vitamine D, mue des insectes, calculs biliaires, body building, hormones végétales, poisons de la digitale, qui n'a entendu parler de l'un ou de l'autre ? Première application spectaculaire à la détermination de structures par rayons X, premier domaine d'application de l'analyse conformationnelle, révolution, par Woodward, de la synthèse organique en l'appuyant sur les mécanismes de réaction et la stéréochimie, les problèmes scientifiques posés par les stéroïdes ont largement influencé le développement de la chimie organique en général.

Bien que le domaine puisse encore nous réserver des surprises, il a sans doute perdu l'aura qu'il avait du temps où Djerassi publiait un article par semaine, où les Helvetica apportaient surprise après surprise, chaque mois, et où se mettaient en place les premières synthèses totales industrielles stéréosélectives et catalytiques ! Il est donc plus facile maintenant de faire le point, et le livre dont je rends compte ici est assuré de rester pendant longtemps un ouvrage de référence... à moins que les stéroïdes ne nous réservent une nouvelle révolution inattendue !

La conception et la réalisation en sont remarquables. Les pages de gauche sont réservées à des formules, claires et même belles comme le permettent maintenant les programmes de dessin chimique, ou à des exposés schématiques, par exemple sur les problèmes médicaux ou sur les données biochimiques. Les pages de droite sont réservées aux commentaires, brefs et précis.

Sont décrites les principales classes chimiques de stérols et de leurs dérivés (presque tous oxydés), puis de stéroïdes hormonaux. Les biosynthèses sont discutées, ainsi que les mécanismes d'action et les catabolismes. Un chapitre détaillé reprend classe par classe les aspects biologiques relatifs à ces stéroïdes hormonaux chez les mammifères, puis les vitamines D et les stéroïdes hormonaux des champignons, des plantes, des inverté-

bérés. La Nature a vraiment agi avec le cholestérol comme le cuisinier chinois avec un canard, dont il vous fait tout manger, même les pieds : tous les produits de la biodégradation du cholestérol sont bons à quelque chose : ce sont des hormones pour nous, les plantes ou les insectes, des substances de défense, des attractants sexuels chez des champignons, de substances de défense pour des crapauds, des salamandres ou des éponges...

La très grande variété des stéroïdes non hormonaux des plantes et des animaux permet de passer en revue aussi bien les hétérosides de la digitale ou de la peau de crapaud, que les alcaloïdes de la digitale ou du vétrate, mais aussi les stéroïdes sédimentaires (merci !).

Un dernier chapitre résume les synthèses industrielles, partielles ou totales.

Le tout est remarquablement clair, malgré l'abondance de détails. Ce livre est un modèle.

Est-il parfait ? Non, et j'ai beaucoup regretté l'absence de tout index (matières et auteurs), et le caractère arbitraire et même un peu incohérent de la bibliographie. Mes propres publications dans le domaine ayant été particulièrement bien (trop !) citées, je me sens libre de dire que je n'ai pas compris pourquoi les références étaient tantôt numérotées, tantôt pas, pourquoi avaient été retenus parfois des articles de vulgarisation, parfois les articles les plus pointus, pourquoi certains chapitres n'étaient justifiés que par des références anciennes (parfois cinquante années...), pourquoi le soin apporté au corps de l'ouvrage semble s'être éteint au moment où il fallait remplir 16 pages de références.

Guy Ourisson

HANDBOOK OF GRIGNARD REAGENTS

S. Gary, J. Silverman, E. Rakite (Elf-Atochem
North America Inc.)
732 p., \$ 225, Monticello, 1996

Ce livre est accueilli comme le meilleur essai pour mettre à jour le livre classique de Kharasch et Rheinmuth « Grignard reactions of non metallic substances » qui date de 1954.

Les techniques de préparation et les mécanismes de la formation des dérivés de Grignard y sont présentés. La connaissance du phénomène est

d'ailleurs encore incomplète.

Une réaction aussi « simple » que l'addition sur les dérivés carbonyles a donné lieu de très nombreuses études. Il faut remercier les auteurs et leurs collègues d'avoir rassemblé une masse énorme d'informations sur une réaction universellement employée.

Marc Julia

AN INTRODUCTION TO ENZYME AND COENZYME CHEMISTRY

Tim Bugg
Broché, 256 p.
Éditions Blackwell Science, 1997

Ce livre clair et concis est une introduction à la chimie bioorganique accessible à tout étudiant ayant acquis des bases de chimie organique (mécanismes simples, catalyses) et de cinétique.

Les principes et les mécanismes d'action d'enzymes et de coenzymes sont présentés en utilisant les outils du chimiste.

Après un début concernant la nature protéique des enzymes, une discussion sur l'interprétation de la catalyse enzymatique, une présentation de méthodes d'études des réactions et d'approche du site actif, l'auteur étudie les principaux types de réactions enzymatiques, les coenzymes étant introduits au fur et à mesure de l'étude des mécanismes. Thèmes traités : réactions d'hydrolyse et de transfert de groupes, chimie enzymatique redox, formation de liaisons C-C, réactions d'addition/élimination enzymatiques, transformations enzymatiques des acides aminés, isomérases.

Le dernier chapitre du livre aborde les catalyses biologiques non-enzymatiques (ribozymes, anticorps catalytiques, modèles synthétiques d'enzymes).

Lors de l'étude des mécanismes de réactions enzymatiques des études de « cas » illustrent la présentation de mécanismes de réactions enzymatiques et, à la fin de chaque chapitre, des références bibliographiques suggèrent d'approfondir les sujets présentés tandis que des exercices incitent le lecteur à vérifier ses acquis (l'auteur propose des réponses à la fin de l'ouvrage).

De lecture facile et de typographie agréable, ce livre est un très bon support pour un enseignement de chimie bioorganique pour des étudiants en chimie ou en biologie.

Jean-Claude Depezy

APPAREILS

UNE NOUVELLE GAMME
D'ANALYSEURS PARAMAGNÉTIQUES
D'OXYGÈNE

La série Xendos 1800/1900 de Servomex comporte trois modèles :

- Le Xendos 1800 destiné aux zones non dangereuses,
- Le Xendos 1900 dédié aux applications à risques d'explosions des groupes 1 et 2 utilisant les types de gaz du groupe IIC, y compris l'acétylène et l'hydrogène,
- Le Xendos 1902 permettant la mesure d'oxygène dans les gaz contenant des solvants et de ce fait, particulièrement précieux à la chimie fine.

Tous ces modèles, de conception modulaire, possèdent un coffret compact et étanche homologué IP66 qui intègre un module de conditionnement de l'échantillon séparé du module de mesure pour permettre un large choix d'options de traitement de l'échantillon. Ils sont dédiés à différentes applications telles que l'inertage, la mesure de l'air ambiant, la récupération de solvants et de vapeurs d'hydrocarbures..., et conviennent de ce fait aux secteurs pétrochimiques, chimiques, agro-alimentaires et plus généralement, aux industries

pour lesquelles le contrôle en toute sécurité de l'oxygène est primordial pendant le process.

Seul sur son marché à offrir la double sécurité ADF/sécurité intrinsèque, l'analyseur Xendos 1900 bénéficie de la technologie Servomex : sa cellule paramagnétique PM1156A lui permettant de détecter l'oxygène dans les gaz inflammables en toute sécurité. Compatible zone 0, le matériel ne déclenchera jamais ni explosion ni flamme.

- Servomex, 8, rue Proudhon,
BP 50, 93212 La-Plaine-Saint-Denis Cedex.
Tél. : 01.48.20.83.22.
Fax : 01.48.20.63.58.

UN MICROSCOPE ÉLECTRONIQUE
POUR SEMICONDUCTEUR

Développé dans le cadre du projet européen de recherche et de coopération JESSI (Joint European Submicron Semiconductor Initiative), le microscope XL50, de Philips Microscopie Électronique, est un outil de contrôle et d'inspection automatique des défauts sur les masques et les tranches de semi-conducteurs (wafers) de 8 pouces (200

mm) adapté aux lignes de production de circuits intégrés.

D'une grande facilité de manipulation, grâce à son interface conviviale machine/utilisateur et son pilotage par ordinateur sous WindowsTM, le XL50 intègre, dans sa colonne optique, une source d'électrons à effet de champ (FEG) associée à une platine goniométrique eucentrique automatisée sur 5 axes. Spécialement développée pour cet appareil, cette platine permet l'observation de grands échantillons (chambre d'observation de 200 X 200 mm)

Destiné aux laboratoires de contrôle de production, ce microscope permet une classification des défauts avec une résolution d'image de 3 à 5 nanomètres. Ces informations peuvent être réintroduites dans le circuit du contrôle qualité et les processus de réparation en continu, aidant ainsi à réduire le nombre de pièces défectueuses en cours de fabrication et à augmenter la rentabilité et la productivité de l'usine.

- Philips Optique Électronique, 22, av. Descartes, BP 45,
94454 Limeil-Brévannes Cedex.
Tél. : 01.45.10.53.60.

Degussa France SNC

est certifiée selon la norme ISO 9002 par l'AF AQ



Au départ l'Or et l'Argent. Et bien plus maintenant.

CHIMIE METAL SANTE

Une entreprise à fort potentiel
innovant dans des domaines aussi divers
que la Santé, la Nutrition et l'Environnement.



Degussa France

37-39, avenue Marceau - B.P. 317
92402 Courbevoie Cédex

Tél. : 01 43 34 72 00 - Fax : 01 43 34 73 00

une société du Groupe Degussa

Degussa

Auteurs

- Adloff J.-P.**, Le rôle de la chimie dans l'histoire de la radioactivité (1898-1939), (12, p. 26).
- Alazard J.-P.**, Que deviennent les déchets chimiques de laboratoire ? (6, p. 20).
- Amouri H.**, Les Journées de décembre de la division Chimie de coordination, Paris, 11-12 décembre 1996 (4, p. 16).
- Avenas P.**, Stratégie commune, recherche publique et industrie chimique (12, p. 11).
- Balavoine G.**, La chimie pour l'Europe et la qualité de la vie (1, p. 20).
- Baraqué M.**, Les xylènes : des sources communes, des débouchés différents (10, p. 18).
- Barré L.**, voir Lasne M.-C. (11, p. 13).
- Batail P.**, voir Gorgues A. (3, p. 3).
- Baudelle R.**, 1er Symposium français sur la chimie combinatoire, Rennes, 29-30 octobre 1996 (1, p. 13).
- Berthelot M.**, Robert W. Taft (1922-1996) (3, p. 28).
- Blanchot-Courtois V.**, voir Cassir M. (10, p. 11).
- Bourel L.**, voir Baudelle R. (1, p. 13).
- Brançon D.**, L'approvisionnement en sucre sous le Blocus continental. II - Jean-Antoine Chaptal et le sucre de betterave (7, p. 34).
- Bria M.**, La spectroscopie de résonance magnétique nucléaire à deux dimensions ou l'aide à la détermination structurale des molécules organiques (2, p. 24).
- Brisset H.**, voir Roncali J. (5, p. 8).
- Brunie J.-Cl.**, voir Julia M. (10, p. 2).
- Caretto J.**, La 4e Conférence européenne sur la recherche et l'innovation en «chemical education» (ECRICE), York (Angleterre), 9-12 septembre 1997 (12, p. 21).
- Carpenna J.**, Des apatites naturelles aux apatites synthétiques. Utilisation des apatites comme matrice de conditionnement de déchets nucléaires séparés (2, p. 3).
- Cassir M.**, Piles à combustible à carbonates fondus : état de l'art et problématique des plaques d'interconnexion (10, p. 11).
- Chemla M.**, Les accumulateurs au lithium : une journée d'étude, Paris, 5 décembre 1996 (3, p. 10).
- Champossin J.-C.**, voir Sertin R. (8-9, p. 39).
- Chauvaut V.**, voir Cassir M. (10, p. 11).
- Compain P.**, Chiasme et chimie organique (11, p. 26).
- Cordier P.**, Achema 97 : Les technologies chimiques à un tournant de leur évolution. Francfort, 9-14 juin 1997 (11, p. 21).
- Cotton F.A.**, Sir Geoffrey Wilkinson (1921-1996) (1, p. 30).
- Deffieux A.**, Compte rendu : division Matériaux, polymères et élastomères. Utilisation des dérivés de métaux de transition et polymérisation (12, p. 12).
- Devynck J.**, voir Cassir M. (10, p. 11).
- Dexpert H.**, Rayonnement synchrotron et étude des matériaux (6, p. 3).
- Emond P.**, voir Frangin Y. (11, p. 4).
- Ephritikhine M.**, Les complexes de l'uranium : de nouveaux agents de synthèse organique (2, p. 10).
- Fontanille M.**, Compte rendu : division Matériaux, polymères et élastomères. Polymères réactifs et modifications chimiques des polymères (12, p. 12).
- Fournier J.**, L'approvisionnement en sucre sous le Blocus continental. I - Louis-Joseph Proust et le sucre de raisin (6, p. 31).
- Frangin Y.**, De la découverte de Henri Becquerel à la radiochimie. De la synthèse radiochimique à l'imagerie médicale nucléaire (11, p. 4).
- Gaillard G.**, Contribution de l'industrie chimique à l'évolution de l'enseignement de la chimie en France et en Europe (12, p. 12).
- Gal J.-F.**, voir Berthelot M. (3, p. 28).
- Galinier E.**, voir Frangin Y. (11, p. 4).
- Gasparoux H.**, Évolution de l'enseignement dans les écoles de chimie et de génie chimique (12, p. 16).
- Gauvin J.**, L'industrie chimique française en 1996. Extraits de la conférence de presse (5, p. 15).
- Gomel M.**, La formation pédagogique des enseignants du supérieur (12, p. 18).
- Gorgues A.**, Conducteurs moléculaires dérivés du tétrathiafulvalène (TTF) (3, p. 3).
- Guillaumont R.**, La gestion des déchets radioactifs. Cas de la France (8-9, p. 4).
- Guilloteau D.**, voir Frangin Y. (11, p. 4).
- Guisnet M.**, Nouveaux modes d'activation des hydrocarbures C₂-C₄ sur catalyseurs zéolithiques (4, p. 10).
- Hamaide T.**, La polymérisation assistée par ordinateur : un nouvel outil pédagogique. I : Application à la simulation de la dérive de composition et de la distribution des séquences dans les copolymères (5, p. 29). II : Simulation des polymérisations en chaîne par la méthode de Monte Carlo (10, p. 26).
- Hocquet A.**, Enseigner la mécanique moléculaire dans les cursus universitaires. Partie 1 : Théorie (7, p. 24). Partie 2 : Pratique (8-9, p. 27).
- Huynen A.-M.**, Les XIVe JIREC : les Journées de l'innovation et de la recherche dans l'enseignement de la chimie (Louvain-la-Neuve, 28-30 mai 1997) (10, p. 22).
- Jaouen G.**, La chimie bioorganométallique en réceptologie et analyse. II - Les marqueurs métaux carbonyles en analyse (1, p. 4).
- Joussot-Dubien J.**, La valorisation de la recherche publique (12, p. 9).
- Jubault M.**, voir Gorgues A. (3, p. 3).
- Julia M.**, Faisons le point : confiance pour 1997 (1, p. 2)/Après SFC 97 (10, p. 2)/Compte rendu du 36e Congrès IUPAC (11, p. 12)/L'Actualité Chimique est en deuil (12, p. 2)/Raymond Paul (1907-1997) (12, p. 32).
- Kagan H.**, Mark E. Vol'pin (1923-1996) (1, p. 31).
- Lacaze P.-C.**, Compte rendu : division Chimie physique (12, p. 8).
- Lacout J.-L.**, voir Carpena J. (2, p. 3).
- Lasne M.-C.**, Les isotopes à courte durée de vie : un défi pour le chimiste organicien (11, p. 13).
- Le Goaller R.**, Les statuts du savoir et la transposition didactique en chimie organique. Exemple des additions des halogénures d'hydrogène sur les composés éthyléniques (3, p. 12) (4, p. 18).
- Lichtenberger R.**, Produits « chimiques » et produits « naturels ». Leur action sur l'homme (5, p. 24).
- Lissilour R.**, voir Huynen A.-M. (10, p. 22).
- Livage J.**, Les procédés sol-gel. De l'art du feu à la chimie douce (10, p. 4).
- Llopiz P.**, Synthèse d'un inhibiteur d'enzyme : le 2-aza-2,3 dihydroqualène. Manipulation pour les étudiants en licence et maîtrise de chimie (11, p. 23).
- Loumouamou A.**, voir Le Goaller R. (3, p. 12), (4, p. 18).
- Madic C.**, Recherche de nouveaux extractants des actinides mineurs (8-9, p. 22).
- Minoux J.**, Évaluation de la valorisation de la recherche universitaire (12, p. 4).
- Montel G.**, Vers une année 1997 foisonnante (2, p. 2)/Le centenaire de « Chimie Paris » (ENSCP) (2, p. 15)/Pour l'enseignement d'une chimie vivante (3, p. 2)/Une nouvelle clé du progrès (4, p. 2)/L'innovation et l'Europe, par G. Montel (5, p. 2)/La politique européenne de recherche et développement, et d'innovation. Ses grandes orientations (5, p. 3)/Chimistes ! Faisons-nous entendre davantage ! (6, p. 2)/La radioactivité à 100 ans (7, p. 2)/La Journée « chimie, radioactivité, nucléaire » de la Société Française de Chimie (7, p. 3)/Quelle pédagogie pour la chimie ? Un colloque

européen commun à l'industrie chimique et au corps enseignant (7, p. 18)/Le congrès SFC 97 : des nouveautés (8-9, p. 3)/La commission interdivisions Enseignement a trois ans (11, p. 2).

Neunlist S., voir Llopiz P. (11, p. 23).

Noël J.-P., La synthèse radioactive avec le carbone 14, le tritium, le soufre 35 et l'iode 125 (7, p. 5).

Ortega Th., Courrier électronique, liste de diffusion, forums. Internet : pratique et étiquette (3, p. 30).

Perrio-Huard C., voir Lasne M.-C. (11, p. 13).

Pichat L., voir Suzzoni-Dézard (de) S. (7, p. 14).

Picot A., voir Alazard J.-P. (6, p. 20).

Poulain R., voir Baudelle R. (1, p. 13).

Raimbault C., L'hydrogène industriel : synthèse, purification (5, p. 17).

Raoux D., voir Dexpert H. (6, p. 3).

Roncali J., Contrôle des propriétés électroniques des systèmes conjugués linéaires : développements récents et perspectives (5, p. 8).

Salmain M., voir Jaouen G. (1, p. 4).

Salvatores M., La transmutation des déchets radioactifs (8-9, p. 12).

Samuel E., voir Amouri H. (4, p. 16).

Secrétan D., L'enseignement de la chimie dans les collèges et les lycées (12, p. 14).

Sertin R., Situation socio-économique des ingénieurs des grandes écoles de chimie et de génie chimique en 1996 (8-9, p. 39)

Stibbe E., Le Colloque « Chimie et automobile » de la Maison de la Chimie (7, p. 21).

Suzzoni-Dézard (de) S., Autoradiolyse des molécules marquées au carbone 14 (7, p. 14).

Tartar A., voir Baudelle R. (1, p. 13).

Thomas J.M. (Sir), Davy et Faraday : Le deux génies contrastés, (3, p. 23) (4, p. 29).

Top S., voir Jaouen G. (1, p. 4).

Torck B., La valorisation du butadiène et des coupes C₄. Relations avec les déficits en isobutène et en propylène (4, p. 3).

Vendeville S., voir Baudelle R. (1, p. 13).

Vessières A., voir Jaouen G. (1, p. 4).

Viel C., voir Brançon D. (7, p. 34).

Watkin P., voir Bria M. (2, p. 24).

Wiel (van de), voir Huynen A.-M. (10, p. 22)

Zaetta A., voir Salvatores M. (8-9, p. 12).

par M. Julia (1, p. 2).

• Vers une année 1997 foisonnante, par G. Montel (2, p. 2).

• Pour l'enseignement d'une chimie vivante, par G. Montel (3, p. 2).

• Une nouvelle clé du progrès, par G. Montel (4, p. 2).

• L'innovation et l'Europe, par G. Montel (5, p. 2).

• Chimistes ! Faisons-nous entendre davantage !, par G. Montel (6, p. 2).

• La radioactivité à 100 ans, par G. Montel (7, p. 2).

• Le Congrès SFC 97 : des nouveautés, par G. Montel (8-9, p. 3).

• Après SFC 97, par M. Julia, J.-Cl. Brunie (10, p. 2).

• La commission interdivisions Enseignement a trois ans, par G. Montel (11, p. 2).

• *L'Actualité Chimique* est en deuil, par M. Julia (12, p. 2).

SFC 97

• SFC 97 : le congrès de la Société Française de Chimie, Bordeaux-Talence, 7-12 septembre 1997 (12, p. 4).

Recherche

• Évaluation de la valorisation de la recherche universitaire, par J. Minoux (12, p. 4).

• Compte rendu : division Chimie physique, par P.-C. Lacaze (12, p. 8).

A l'interface recherche-industrie

• La valorisation de la recherche publique, par J. Jousot-Dubien (12, p. 9).

• Stratégie commune, recherche publique et industrie chimique, par P. Avenas (12, p. 11).

A l'interface industrie-enseignement

• Contribution de l'industrie chimique à l'évolution de l'enseignement de la chimie en France et en Europe, par G. Gaillard (12, p. 12).

Enseignement

• L'enseignement de la chimie dans les collèges et les lycées, par D. Secrétan (12, p. 14).

• Évolution de l'enseignement dans les écoles de chimie et de génie chimique, par H. Gasparoux (12, p. 16).

• La formation pédagogique des enseignants du supérieur, par M. Gomel (12, p. 18).

Recherche

• La chimie bioorganométallique en réceptologie et analyse. II - Les marqueurs métaux carbonyles en analyse, par G. Jaouen, A. Vessières, S. Top, M. Salmain (1, p. 4).

• 1er Symposium français sur la chimie combinatoire, Rennes, 29-30 octobre 1996,

par R. Baudelle, L. Bourel, R. Poulain, S. Vendeville, A. Tartar (1, p. 13).

• Des apatites naturelles aux apatites synthétiques. Utilisation des apatites comme matrice de conditionnement de déchets nucléaires séparés, par J. Carpena, J.-L. Lacout (2, p. 3).

• Les complexes de l'uranium : de nouveaux agents de synthèse organique, par M. Ephritikhine (2, p. 10).

• Conducteurs moléculaires dérivés du tétrathiafulvalène (TTF), par A. Gorgues, M. Jubault, P. Batail (3, p. 3).

• Les accumulateurs au lithium : une journée d'étude, par M. Chemla (3, p. 10).

• Nouveaux modes d'activation des hydrocarbures C₂-C₄ sur catalyseurs zéolithiques, par M. Guisnet (4, p. 10).

• Les Journées de décembre de la division Chimie de coordination, Paris, 11-12 décembre 1996, par H. Amouri, E. Samuel (4, p. 16).

• La politique européenne de recherche et développement, et d'innovation. Ses grandes orientations, par G. Montel (5, p. 3).

• Contrôle des propriétés électroniques des systèmes conjugués linéaires : développements récents et perspectives, par J. Roncali, H. Brisset (5, p. 8).

• Rayonnement synchrotron et étude des matériaux, par H. Dexpert, D. Raoux (6, p. 3).

• La Journée « chimie, radioactivité, nucléaire » de la Société Française de Chimie, par G. Montel (7, p. 3).

• La synthèse radioactive avec le carbone 14, le tritium, le soufre 35 et l'iode 125, par J.-P. Noël (7, p. 5).

• Autoradiolyse des molécules marquées au carbone 14, par S. de Suzzoni-Dézard, L. Pichat (7, p. 14).

• La gestion des déchets radioactifs. Cas de la France, par R. Guillaumont (8-9, p. 4).

• La transmutation des déchets radioactifs, par M. Salvatores, A. Zaetta (8-9, p. 12).

• Recherche de nouveaux extractants des actinides mineurs, par C. Madic (8-9, p. 22).

• Les procédés sol-gel. De l'art du feu à la chimie douce, par J. Livage (10, p. 4).

• Piles à combustible à carbonates fondus : état de l'art et problématique des plaques d'interconnexion, par M. Cassir, V. Chauvaut, J. Devynck, V. Blanchot-Courtois (10, p. 11).

• De la découverte de Henri Becquerel à la radiochimie. De la synthèse radiochimique à l'imagerie médicale nucléaire, par Y. Frangin, P. Emond, E. Galinier, D. Guilloreau (11, p. 4).

• Compte rendu du 36e Congrès IUPAC,

Articles

Éditorial

• Faisons le point : confiance pour 1997,

par M. Julia (11, p. 12).

- Les isotopes à courte durée de vie : un défi pour le chimiste organicien, par M.-C. Lasne, C. Perrio-Huard, L. Barré (11, p. 13).

Industrie

- La chimie pour l'Europe et la qualité de la vie, par G. Balavoine (1, p. 20).
- Le Centenaire de « Chimie Paris » (ENSCP), notes prises par G. Montel (2, p. 15).
- La valorisation du butadiène et des coupes C₄. Relations avec les déficits en isobutène et en propylène, par B. Torck (4, p. 3).
- L'industrie chimique française en 1996. Extraits de la conférence de presse de J. Gauvin, président de l'Union des Industries Chimiques (UIC) (5, p. 15).
- L'hydrogène industriel : synthèse, purification, par C. Raimbault (5, p. 17).
- Quelle pédagogie pour la chimie ? Un colloque européen commun à l'industrie chimique et au corps enseignant, par G. Montel (7, p. 18).
- Le Colloque « Chimie et automobile » de la Maison de la Chimie, par E. Stibbe (7, p. 21).
- Les xylènes : des sources communes, des débouchés différents, par M. Baraqué (10, p. 18).
- Achema 97 : Les technologies chimiques à un tournant de leur évolution. Francfort, 9-14 juin 1997, par P. Cordier (11, p. 21).

Hygiène-sécurité

- Produits « chimiques » et produits « naturels ». Leur action sur l'homme, par R. Lichtenberger (5, p. 24).
- Que deviennent les déchets chimiques de laboratoire ? par J.-P. Alazard, A. Picot (6, p. 20).

Enseignement

- Épreuves sélectionnées des Olympiades nationales de la chimie.

– Chapitre 7 : L'analyse chimique médicale (1, p. 22)/(2, p. 36)/(3, p. 19).

– Chapitre 8 : Colorants et arômes (4, p. 25)/(5, p. 34)/(6, p. 38)/(8-9, p. 35).

– Chapitre 9 : Chimie industrielle : pétrole-énergie, chimie organique (10, p. 32)/Tensio-actifs. Chimie minérale (11, p. 31)/Électrochimie et corrosion (12, p. 23).

- La spectroscopie de résonance magnétique nucléaire à deux dimensions ou l'aide à la détermination structurale des molécules organiques, par M. Bria, P. Watkin (2, p. 24).

• Les statuts du savoir et la transposition didactique en chimie organique. Exemple des additions des halogénures d'hydrogène sur les composés éthyl-éniques, par R. Le Goaller, A. Loumouamou (3, p. 12)/(4, p. 18).

• La polymérisation assistée par ordinateur : un nouvel outil pédagogique. I : Application à la simulation de la dérive de composition et de la distribution des séquences dans les copolymères par T. Hamaide (5, p. 29)/II : Simulation des polymérisations en chaîne par la méthode de Monte Carlo, par T. Hamaide (10, p. 26).

• Enseigner la mécanique moléculaire dans les cursus universitaires. Partie 1 : Théorie, par A. Hocquet (7, p. 24). Partie 2 : Pratique, par A. Hocquet (8-9, p. 27).

• Situation socio-économique des ingénieurs des grandes écoles de chimie et de génie chimique en 1996, par R. Sertin, J.-C. Champossin (8-9, p. 39).

• Les XIVE JIREC : les Journées de l'innovation et de la recherche dans l'enseignement de la chimie (Louvain-la-Neuve, 28-30 mai 1997), par A.-M. Huynen, M. van de Wiel, R. Lissilour (10, p. 22).

• Synthèse d'un inhibiteur d'enzyme : le 2-aza-2,3-dihydrosqualène. Manipulation pour les étudiants en licence et maîtrise de chimie, par P. Llopiz, S. Neunlist (11, p. 23).

• Chiasme et chimie organique, par P.

Compain (11, p. 26).

- La 4e Conférence européenne sur la recherche et l'innovation en «chemical education» (ECRICE), York (Angleterre), 9-12 septembre 1997, par J. Caretto (12, p. 21).

Fiches catalyse

- N° 39 : l'alkylation aliphatique (1, p. 39).
- N° 40 : Spectroscopie infrarouge. Application à la caractérisation des surfaces de matériaux catalytiques divisés (7, p. 39).
- N° 41 : La boucle aromatique. Production d'orthoxyène et de paraxyène pour la pétrochimie (10, p. 39).
- N° 42 : Spectroscopie Mössbauer. Application à la catalyse hétérogène (12, p. 39).

Histoire de la chimie

- Sir Geoffrey Wilkinson (1921-1996), par F.-A. Cotton (1, p. 30).
- Mark E. Vol'pin (1923-1996), par H. Kagan (1, p. 31).
- Davy et Faraday : deux génies contrastés, par Sir J.M. Thomas (3, p. 23)/(4, p. 29).
- Robert W. Taft (1922-1996), par M. Berthelot, J.-F. Gal (3, p. 28).
- L'approvisionnement en sucre sous le Blocus continental. I - Louis-Joseph Proust et le sucre de raisin, par J. Fournier (6, p. 31).
- L'approvisionnement en sucre sous le Blocus continental. II - Jean-Antoine Chaptal et le sucre de betterave, par D. Brançon, C. Viel (7, p. 34).
- Le rôle de la chimie dans l'histoire de la radioactivité (1898-1939), par J.-P. Adloff (12, p. 26).
- Raymond Paul (1907-1997), par M. Julia (12, p. 32).

Internet

- Courrier électronique, liste de diffusion, forums. Internet : pratique et étiquette, par Th. Ortega (3, p. 30).



COLETICA

Préserver et reconstruire le tissu cutané

Ingrédients actifs et technologies
à base de composés naturels

- Encapsulation - Couplage - Enrobage -

32, rue Saint-Jean de Dieu - 69007 LYON
Tél. 04 72 76 60 00 - Fax. 04 78 58 09 71

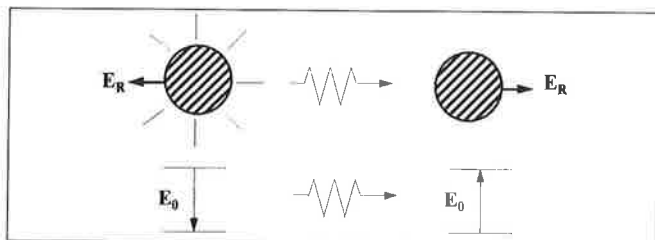
Spectroscopie Mössbauer

Application à la catalyse hétérogène

La spectroscopie Mössbauer de par sa haute spécificité et la richesse en informations qu'elle procure est très utile pour caractériser des catalyseurs. Si elle présente le désavantage de n'être applicable facilement qu'à peu de métaux (Fe, Sn), elle présente en revanche l'avantage important d'être utilisable *in situ*.

Principe

L'effet Mössbauer consiste en l'absorption résonnante de rayons γ émis lors d'une transition nucléaire d'un élément appelé source, par des noyaux d'atomes d'un solide. L'énergie apportée par un photon à un noyau du même isotope que celui de la source, porte ce noyau de l'état fondamental à un état excité. Les photons γ émis lors d'une transition nucléaire présentent une définition en énergie remarquable. Par exemple, la largeur relative de la distribution énergétique des photons pour la transition de 14,4 keV du ^{57}Fe est de l'ordre de 10^{-12} eV.



Pour des atomes libres ou faiblement liés, l'énergie de recul (E_R) associée à l'absorption d'un photon est supérieure à cette largeur et la résonance n'est pas observée. Cette spectroscopie n'est donc applicable qu'aux solides.

Obtention des spectres

Les déplacements des niveaux nucléaires sont de l'ordre de grandeur de la largeur de la transition. Le problème de discriminer des photons de plusieurs keV avec une précision de 10^{-12} eV ne pouvant être résolu techniquement, il est contourné en modulant par effet Döppler l'énergie (E_0) des photons émis en appliquant une vitesse variable à la source :

$$E_{\text{émission}} = E_{\text{transition}} \left(1 \pm \frac{v}{c} \right)$$

Au moyen d'un vibreur, on anime la source d'un mouvement avec une accélération constante et donc une vitesse variable (quelques mm/s) puis on fait un comptage des impulsions pour chaque vitesse. L'obtention de spectres est aussi liée à l'existence de sources émettant les photons γ désirés, c'est-à-dire dont le schéma de désintégration comprend le passage de l'état excité à l'état fondamental de l'élément étudié.

Sources pour les principaux éléments étudiés en catalyse

Isotope étudié	^{57}Fe	^{119}Sn	^{121}Sb	^{99}Ru	^{193}Ir	^{195}Pt
Isotope source	^{57}Co	$^{119\text{m}}\text{Sn}$	$^{121\text{m}}\text{Sn}$	^{99}Rh	^{193}Os	^{195}Au
Energie (keV)	14,4	23,9	37,2	90,0	73,0	98,8

Dans un solide, la seule cause importante de perturbation à l'absorption résonnante des photons γ est l'excitation de phonons. Il existe une probabilité finie f (facteur de Lamb-Mössbauer) pour que la transition se fasse sans excitation de phonons.

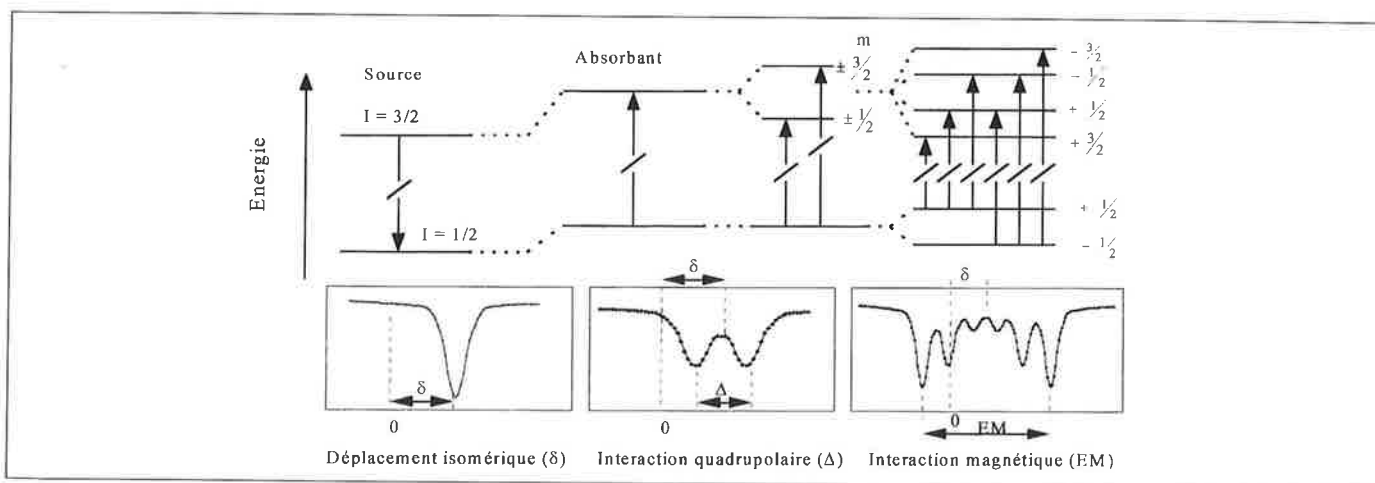


Figure 1 - Action des interactions hyperfines sur les niveaux nucléaires dans le cas d'une transition entre des états de spins 3/2 et 1/2 et leur effet sur les spectres (cas du ^{57}Fe). EM est proportionnel au champ magnétique hyperfin.

Cette probabilité, qui détermine si la technique est applicable, est fonction de paramètres comme la masse du noyau, la température de Debye du solide, l'énergie de la transition et surtout la température. Ainsi si à basse température (4,2 K) la technique s'applique à une cinquantaine d'éléments, à température ambiante ou en conditions de catalyse, seuls Fe, Sn, Eu, Sm, Dy et Ta sont étudiables. A ces éléments on peut ajouter Co s'il est utilisé comme source. Le catalyseur étudié est alors préparé avec l'élément radioactif ^{57}Co .

Paramètres mesurés

On distingue 3 paramètres caractérisant les interactions électromagnétiques entre les distributions de charges nucléaires et électroniques (figure 1).

Le déplacement isomérique (δ)

Il correspond à un décalage entre les raies d'absorption et d'émission dont les niveaux fondamentaux et excités sont déplacés du fait d'une interaction électrique entre la charge du noyau et les charges électroniques environnantes. Il dépend de la densité électronique au noyau qui est liée principalement à celles des couches s, modifiées indirectement par les variations de population des autres couches par effet d'écran. La valeur du déplacement isomérique caractérise l'état d'oxydation de l'atome résonnant.

L'effet quadrupolaire (Δ)

Les électrons au site du noyau crée un gradient de champ électrique qui lève la dégénérescence de chaque niveau de spin I ($I \geq 1$), les $2I+1$ niveaux apparaissant étant caractérisés par les $2I+1$ valeurs du nombre quantique magnétique m . Dans le cas du fer de niveau excité de spin $3/2$ et de niveau fondamental de spin $1/2$, on obtient 2 transitions permises ($m = \pm 3/2 \rightarrow \pm 1/2$ et $\pm 1/2 \rightarrow \pm 1/2$) et donc 2 raies (1 doublet) dont la différence de position est appelée séparation quadrupolaire. L'effet quadrupolaire, influencé par ce qui modifie le gradient de champ électrique au noyau, permet de caractériser des défauts ponctuels et des déformations (orientations préférentielles).

L'effet d'interaction magnétique (EM)

La troisième interaction hyperfine accessible est l'interaction dipolaire magnétique résultant de l'interaction entre le moment magnétique nucléaire m du noyau et un champ magnétique interne (ou externe) au solide. Ce dernier lève la dégénérescence des niveaux de spin I dégénéré ($2I+1$) fois. Dans le cas du fer on aura six transitions permises qui donneront chacune une raie sur le spectre (un sextet). La mesure du champ magnétique au site nucléaire renseigne sur la délocalisation des spins et leur arrangement spatial. Elle permet une caractérisation approfondie du solide.

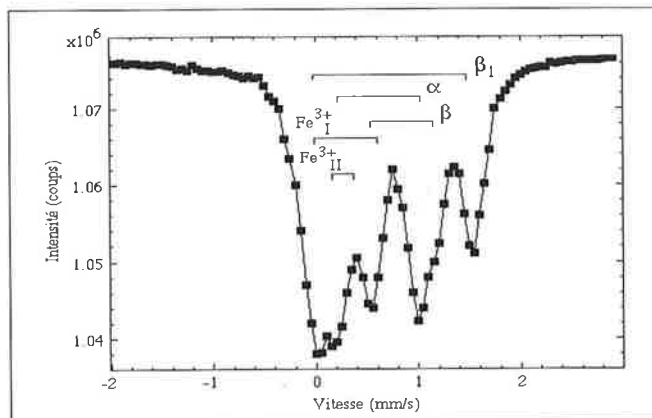
Application à l'étude des catalyseurs

La spectroscopie Mössbauer a montré son efficacité pour caractériser des catalyseurs à base de métaux, d'oxydes, de sulfures ou de composés organométalliques. Ses principales applications pour l'étude des catalyseurs sont :

- l'identification et la quantification relative de phases,
- la détermination des degrés d'oxydation des éléments étudiés,
- l'obtention d'informations structurales,
- la détermination de taille de particules.

Caractérisation *in situ* de catalyseurs à base de molybdates

Un des avantages de la technique pour l'étude des catalyseurs est qu'elle peut être utilisée *in situ*. Le spectre d'un catalyseur multiphasique (FeCoBiMoO) pour l'oxydation du propène en acroléine est présenté ci-dessous.



Le spectre, enregistré à 415 K sous un flux de $\text{C}_3\text{H}_6/\text{O}_2/\text{N}_2$ s'ajuste avec 5 doublets caractéristiques d'ions Fe^{2+} dans $\beta(\text{Co,Fe})\text{MoO}_4$ (β_1 et β_2), d'ions Fe^{2+} dans $\alpha(\text{Co,Fe})\text{MoO}_4$ (α), d'ions Fe^{3+} dans $\text{Fe}_2(\text{MoO}_4)_3$ (Fe^{3+}_I) et d'ions Fe^{3+} en solution solide dans $(\text{Co,Fe})\text{MoO}_4$ (Fe^{3+}_{II}). Toutes les phases contenant du fer ont ainsi été identifiées et quantifiées. Il a été montré que la phase $\alpha(\text{Co,Fe})\text{MoO}_4$ était stabilisée dans le mélange ($\alpha/(\alpha+\beta) = 0,29$) et que, par comparaison avec une étude de catalyseurs sans bismuth, la présence de la phase $\text{Bi}_2(\text{MoO}_4)_3$ évitait la réduction du fer dans la solution solide ($\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{3+}+\text{Fe}^{2+} = 0,17$). A partir d'un seul spectre, il est ainsi possible de déterminer :

- la nature des phases formées contenant du fer,
- le degré d'oxydation du fer dans ces phases,
- la proportion relative de ces phases formées,

L'obtention des mêmes résultats aurait nécessité l'utilisation de plusieurs techniques (XPS, EXAFS, STEM EDX etc.) et n'aurait dans la plupart des cas pas pu être faite dans les conditions de catalyse.

Cette fiche a été préparée avec le concours de **J.M.M. Millet**

Pour en savoir plus :

Imelik B., Védrine J., *Les techniques physiques d'études des catalyseurs*, Ed. Technip, Paris, 1988.
Janot C., *L'effet Mössbauer et ses applications*. Collection de monographies de physique, Masson, 1972.





**SPECIALISEE DANS LA VENTE DE MATERIELS
DE SECONDE MAIN**

• **Ensemble de diffraction X comprenant :**

- Générateurs - Gaines - Tubes neufs (VARIAN) - Câbles H.T.
- Compteurs - Monochromateurs, Baies de mesures et de pilotage - Goniomètres Logiciels.
- Chambres : Laüe, De Bye, Scherrer, etc.

• **Autres matériels :**

- Fluorescence X - I.C.P. - A.A. - U.V.V. - I.R. - Perleuses, etc.

7, chemin du Tour des Haies - 80250 ESTREES/NOYE FRANCE
Tél. : (33) 03 22 09 61 11 - Fax : (33) 03 22 09 60 25 - e-mail : cirana@burotec. fr

Un nouveau nom pour un grand de la Chimie Fine



Issue de la fusion des activités de Spécialités Chimiques de Hoechst avec Clariant, la Division Chimie Fine s'inscrit dans la continuité d'une tradition déjà centenaire. Sa parfaite maîtrise de toutes les grandes réactions chimiques et la diversité de ses productions en font un interlocuteur incontournable pour les industries de la pharmacie, de l'agrochimie, des fibres textiles, matières plastiques, pigments et colorants.



**Dynamisme
et
Créativité**

Clariant France S.A. - 70, avenue du Président Wilson
92800 Puteaux - Tél : 01.46.96.96.00 - Fax : 01.49.96.96.01