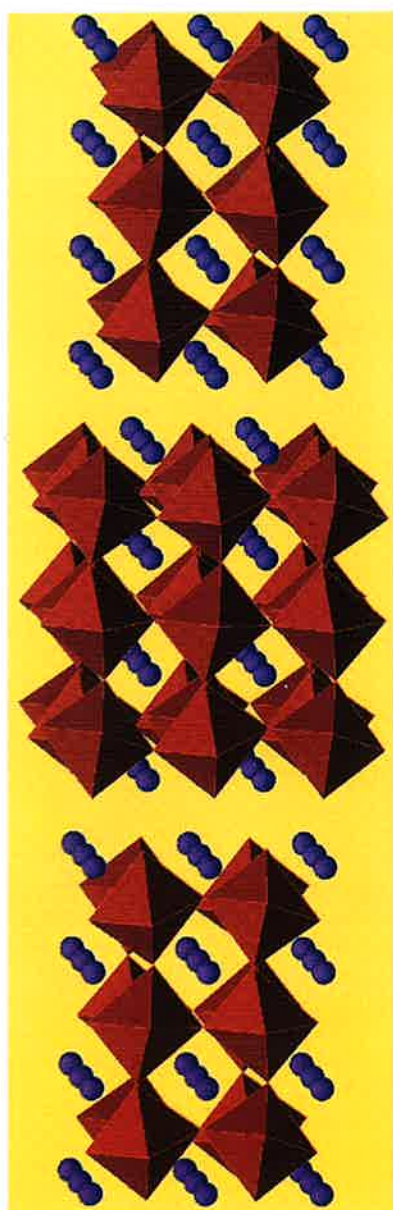


l'actualité chimique

Mars
1995

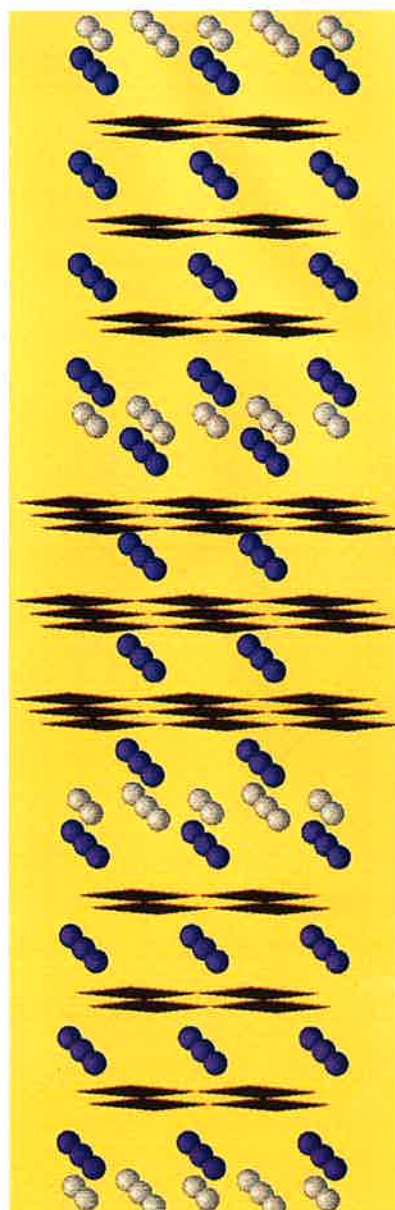
N°2

ISSN 0151 9093



Métal

H_2
→
←
 O_2

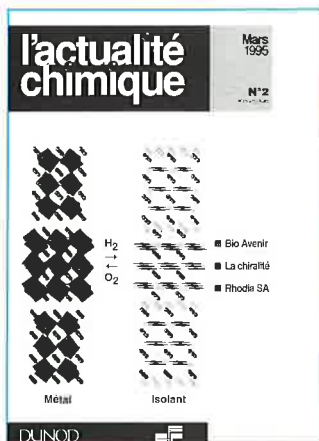


Isolant

- Bio Avenir
- La chiralité
- Rhodia SA

S O M M A I R E

<i>ÉDITORIAL</i>	■ Une opportunité exceptionnelle, par G. Montel	3
<i>COURRIER DES LECTEURS</i>	■	4
<i>RECHERCHE</i>	■ Bio Avenir, bilan à mi-parcours – Le programme Bio Avenir	5
	– Bio Avenir : conclusion des Journées scientifiques (22-25 novembre 1994), par P. Potier	7
	■ Le monde de la chiralité, par C. Gros et G. Boni	9
	■ Oxydes de nickel et terres rares de structures perovskite et apparentées à propriétés originales, par P. Lacorre	16
	■ SFC 94, Lyon - Villeurbanne, 26-30 septembre 1994. Comptes rendus scientifiques des divisions	22
<i>INDUSTRIE</i>	■ Rhodia SA, la filiale brésilienne de Rhône-Poulenc, interview de E.V. Musa	25
	■ Notes de voyage : Brésil. Le complexe de Paulinia (S.P. Brésil), par R. Hamelin	28
	■ Quel devenir pour les déchets plastiques ?, par V. Massardier	31
<i>ENSEIGNEMENT</i>	■ Plaidoyer pour une meilleure prise en compte de l'électrochimie dans les cursus universitaires, par J.-L. Sculfort	35
	■ Notions élémentaires de cristallographie. Sur quelques structures cubiques ou dérivées vues autrement, par J. Gaudé	39
	■ En bref	43
<i>HISTOIRE DE LA CHIMIE</i>	■ Gestation du concept de la réaction chimique entre les affinités électives et l'attraction universelle, par M. Padeloup	45
<i>LIVRES</i>	■	51
<i>SFC INFO</i>	■ Activités de la SFC	I
	■ CNRS	III
	■ IUPAC	IV
	■ Manifestations	IV



Réduction/oxydation des nickelates à couches triples $R_4Ni_3O_{10-d}$ ($R = La, Pr, Nd$) : $d = 0$ (gauche) et $d = 2$ (droite).
 Les oxydes métalliques $R_4Ni_3O_{10}$ ($R = La, Pr, Nd$) appartiennent à la série structurale de Ruddlesden-Popper $A_{n+1}B_nP_{3n+1}$, caractérisée par l'intercroissance de couches type NaCl et de tranches de n couches type perovskite (ici $n = 3$, figure de gauche), où le nickel se trouve en coordinence octaédrique. Le traitement de ces oxydes sous hydrogène à température modérée (environ 300 °C) entraîne le départ d'une partie des atomes d'oxygène et la migration d'une autre partie (sphères blanches sur la figure de droite), laissant le nickel en coordinence plan carré. La structure de ces oxydes isolants $R_4Ni_3O_8$ est donc constituée de l'intercroissance de couches type fluorine et de triples couches plan carré (figure de droite). Cette modification structurale est réversible par traitement sous oxygène à température modérée.

Index des annonceurs

Dunod II ^e , III ^e	couv.
Biowittaker	p. 24
SFC	p. 30
JCO	p. 38
SFC	p. 42
Club Histoire	p. 50

Rédaction

Rédacteur en Chef

Raymond Hamelin

Rédacteur en chef adjoint

Thérèse Chaudron

Rédacteur

Miren Hérou

Secrétaire de rédaction, coordination, réalisation, mise en page

Evelyne Girard

Comité de rédaction

G. Balavoine (CNRS, Toulouse)

G. Bram (GHDSO, Orsay)

J. Buendia (Roussel Uclaf)

P. Caro (Cité des Sciences)

A. Chauvel (IFP)

D. Decrooq (IFP)

J.-P. Foulon (Lycée Henri IV)

G. Gaillard (GFGP)

J.-P. Guetté (CNAM)

R. Hamelin (SFC)

J.M. Lefour (Polytechnique)

J.-C. Mendelsohn (Elf Atochem)

G. Montel (INP, Toulouse)

R. Ouliac (Rhône-Poulenc)

G. Ourisson (ULP, Strasbourg)

A. Picot (Prévention des risques chimiques, Gif-sur-Yvette)

Publication analysée ou indexée par

Chemical abstracts

la base de données PASCAL.

Édition

DUNOD Editeur

15, rue Gossin

F. 92543 Montrouge Cedex

Tél. : (33-1) 40 92 65 00

Fax : (33-1) 40 92 65 97

Coordination éditoriale et fabrication

J.-F. Timmel

Maquette

Andréas Streiff

Imprimerie

AGP - 28240 La Loupe

ISSN 0151 9093

Commission paritaire en cours

Publicité

Groupe Media Communication

23bis bd de la Varenne

94100 St Maur-des-Fossés

Tél. : (33-1) 41.81.01.12

Fax : (33-1) 41.81.01.50

Abonnements

Dunod-Abonnements

15, rue Gossin

F. 92543 Montrouge Cedex

Tél. : (33-1) 40 92 65 00

Fax : (33-1) 40 92 65 97

Prix de vente au numéro : 200 FF

La revue *Actualité Chimique* est une publication de Gauthier-Villars, société anonyme, constituée pour 99 ans au capital de 3 089 600F. Siège social, 17 rue Rémy-Dumoncel, 75014 Paris. P.D.G.: J. Lissarrague. Actionnaire: Bordas S.A. (99,8 % des parts). Direction de la publication: J. Lissarrague.



L'Actualité Chimique

Revue de la Société Française de Chimie

250, rue St Jacques, 75005 Paris,

Tél. : (33-1) 43 25 20 78,

Fax : (33-1) 43 25 87 63,

éditée par Dunod.

Tarifs

L'Actualité Chimique
(7 numéros par an)
1995

Particuliers/Institutions

France	1000 FF
Export	1200 FF

Etudiants*

France	400 FF
Export	600 FF

* Sur présentation de la carte d'étudiant

Membres de la SFC

Tarif préférentiel

pour tous renseignements
contacter la SFC

© DUNOD, 1995

Tous droits réservés

Dépôt légal : Janvier 1995

Toute représentation ou reproduction, intégrale ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur, ou de ses ayants droit, ou ayants cause, est illicite (loi du 11 mars 1957, alinéa 1er 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.

Est-ce le bout du tunnel ? Après ces longues années au cours desquelles la chimie a vu sa place diminuer dans les programmes du secondaire, dans les examens et dans les concours, où elle a été attaquée de toutes parts dans les divers médias, où elle a été chargée de la responsabilité de nombreuses calamités, voici que le vent commence à tourner.

L'action énergique et concertée conduite par des professeurs de l'enseignement supérieur et de l'enseignement secondaire, par la Société Française de Chimie et par l'Union des Physiciens, par l'industrie chimique, par les grands organismes scientifiques - Académie des sciences, CNRS -, par plusieurs ministères, par certaines grandes écoles et universités, dont l'École polytechnique, commence à porter ses fruits. Les lycéens manifestent désormais un intérêt certain pour notre discipline, intérêt qui peut être perçu par l'arrivée dans les universités, les IUT, les écoles d'ingénieurs d'étudiants véritablement motivés pour la chimie ; les nouveaux programmes de chimie des lycées sont conçus pour présenter notre science comme une discipline vivante, en prise directe sur notre vie quotidienne et sur nos problèmes de société, et comme une composante culturelle importante où peuvent s'épanouir l'esprit d'observation, l'intelligence, l'imagination, aux côtés des démarches déductive et inductive.

L'industrie, de son côté, se mobilise à l'échelle nationale et européenne : elle apporte une forte contribution à ce mouvement. Les grands musées européens s'engagent en se concertant, dans une rénovation de leur présentation de la chimie.

Une opportunité exceptionnelle

Toutes ces initiatives créent une opportunité exceptionnelle. Il revient maintenant à l'enseignement supérieur et à la recherche de s'associer encore davantage à cette rénovation de l'enseignement, qui devrait conduire une part plus importante de nos meilleurs étudiants à s'orienter vers nos laboratoires et vers nos industries.

D'ores et déjà, des premiers résultats encourageants, à défaut d'être complètement satisfaisants, ont été atteints par l'élaboration des nouveaux programmes de chimie des

classes préparatoires, où la place de notre discipline est augmentée et où son enseignement s'inscrit bien dans le prolongement de celui des lycées.

La rénovation en cours des premiers cycles des universités devrait permettre d'y améliorer la perception de la chimie par nos étudiants en sachant qu'ils s'engageront ensuite dans différentes directions. A partir de l'année prochaine, ils auront suivi, au moins partiellement, les nouveaux programmes des lycées.

En licence et en maîtrise, nous avons à former, en liaison avec les IUFM, les professeurs du second degré qui devront présenter les nouveaux programmes à leurs élèves, où l'expérimentation et l'ouverture vers les secteurs de production jouent un rôle essentiel.

Certes, un effort considérable de formation initiale et continue, de construction, d'équipement reste à accomplir : il s'étalera sur plusieurs années. Certes, il faudra convaincre ceux qui, encore nombreux, ne perçoivent pas tout l'intérêt de l'évolution en cours.

Mais de multiples volontés convergent. La Société Française de Chimie, pour sa part, qui est étroitement associée depuis leur création aux Olympiades nationales de la chimie, qui organise les Jirec (Journées d'Information sur la Recherche en Enseignement de la Chimie), qui participe par ses membres à de nombreuses autres actions, vient de mettre en place un groupe de travail «Enseignement» interdivisions. Ce groupe de travail a comme vocation de permettre aux divisions de la société de partager leurs réflexions sur l'enseignement de leur domaine, de faire connaître leurs expériences et leurs réalisations, d'engager des opérations communes ou conjuguées en vue de promouvoir, dans l'enseignement supérieur, les initiatives susceptibles de faire progresser nos enseignements.

Le moment est venu de nous faire entendre vraiment.

Gérard Montel

Généalogie de Lavoisier

Dans le numéro 110 (janvier-mars 1989) de *Héraldique et Généalogie*, à la page 43, G. de Villeneuve rapporte la filiation sur six générations de la branche paternelle de Lavoisier. Cette étude, répertoriée dans la «*Revue d'Histoire de la Pharmacie*» (1989, 36, p. 348), précise et complète les données généalogiques précédemment rapportées. Elle semble avoir échappé aux auteurs de la «*Notice anecdotique et généalogique sur Antoine Laurent Lavoisier*», publiée par *L'Actualité Chimique* (1994, 3, p. 56-65). Ainsi, pour G. de Villeneuve, un N... (Nicolas ?) Lavoisier, postillon en 1580 à Villers-Cotterets, serait vraisemblablement un ancêtre direct d'Antoine Laurent Lavoisier, dont le père serait né le 16 janvier 1713 et non le 16 janvier 1715, rectification qu'il conviendrait d'apporter au tableau généalogique présenté dans l'article référencé de *L'Actualité Chimique*.

Claude Viel
Tours

La note généalogique publiée dans la revue *Héraldique et Généalogie* présente, en effet, N. Lavoisier postillon en 1580 comme parent possible pour X. Lavoisier (rien ne prouve que ce soit un ascendant direct).

Quant à la naissance du grand-père de Lavoisier, plusieurs dates ont été discutées et, pour l'instant, nous ne privilégions pas plus 1715 que 1713 ou 1718 (voir généalogie plus approfondie de Lavoisier à paraître). Enfin, dans l'article de Villeneuve, une date doit être corrigée : en effet, le beau-père de Lavoisier est monté sur l'échafaud en même temps que son gendre, soit le 8 mai 1794 et non en 1793.

Catherine Porte
Alain Delacroix

Contamination par le chlore

Le numéro de *L'Actualité Chimique* spécialement consacré au chlore et à ses dérivés a mis à la disposition de tous les enseignants traitant de cet élément, dans les lycées ou à l'université, un grand nombre d'informations leur permettant d'actualiser leur enseignement. En particulier, ils ont pu constater,



par l'article de Naumann (*L'Actualité Chimique*, 1994, 6, p. 11), que le chlore naturel n'est pas uniquement sous la forme d'ions Cl⁻.

L'atmosphère contient évidemment surtout le chlorure de sodium provenant de l'évaporation des embruns, dont le flux est évalué à environ 10¹⁰ t/an. Il contribue à assurer dans tous les sols une concentration suffisante pour que s'exerce l'activité oxydasique de nombreux micro-organismes comme des *Curvularia* ou des *Streptomyces*, transformant le Cl⁻ en Cl⁰. Cette activité a une grande importance, puisqu'elle conduit environ 1 % des noyaux phénoliques des acides humiques à être chlorés, et donc à pouvoir être transformés par incinération en dioxines. Les sols les mieux préservés de toute activité conduisent ainsi à polluer des eaux souterraines «vierges». Ainsi, au Danemark, de telles eaux peuvent contenir de 0,1 à 2,5 ppb de produits chlorés, alors que la réglementation européenne prévoit une valeur cible 0,1 ppb ! Aux Pays-Bas, dont le sol est riche en chlorures (pas seulement à cause des potasses d'Alsace), la teneur en composés halogénés naturels extractibles atteint, dans des terrains vierges, 11 ppm, alors que la réglementation européenne fixe une limite de 8 ppm. Des eaux naturelles pures, sans contamination industrielle, peuvent y contenir 2 ppb de CHCl₃, alors que la limite réglementaire est de 0,1 ppb.

Le ministre néerlandais de l'Environnement, lors du colloque de Delft de septembre 1993 consacré aux dérivés halogénés naturels, a conclu que cette limite posait un véritable problème...

Guy Ourisson
Strasbourg

Documentation pédagogique

Je me permets de vous communiquer ci-dessous quelques remarques ponctuelles concernant la fiche de documentation pédagogique n° 6 (*L'Actualité Chimique*, 1994, 6, p. 96).

Dans les propriétés physico-chimiques se trouvent mélangées celles relatives à l'élément (monochlore) et celles concernant le corps pur simple dichlore. Ainsi, par exemple, les phrases «La masse molaire du chlore est de 35,453. Son enthalpie de dissociation est de 239,44 kJmol⁻¹» doit-elle être interprétée comme suit : «La masse molaire (relative) du chlore (masse atomique) est de 35,453 - l'enthalpie de dissociation du dichlore est de 239,44 kJmol⁻¹».

La valeur numérique de l'entropie standard de Cl₂ me semble inexacte. 5,1171 kJkg⁻¹K⁻¹ correspondant en effet à 363 JK⁻¹mol⁻¹ alors que les tables Codata donnent 223 JK⁻¹mol⁻¹.

Dans ClF₃, le nombre d'oxydation du chlore est III et non -III.

L'affirmation Cl₂ réagit violemment avec NH₃ pour donner NH₄Cl doit être nuancé. Selon les conditions expérimentales, on peut obtenir en effet NH₄Cl, NH₂Cl, NHCl₂, NCl₃, NCl₃H₃, N₂ et même N₂H₄ (Greenwood-Earnshaw, p. 486).

Maurice Bernard
Professeur émérite, Caen

Langue et dessins

Une récente «Chronique Chimio-phile», anonyme comme les précédentes, m'a valu par identité d'initiales des remarques intéressantes. L'auteur de la chronique confessait son incapacité à traduire

simplement «host-guest chemistry». Un de mes correspondants propose la solution évidente : «chimie hôte-invité». Elle me semble parfaite : simple, sans ambiguïté, conviviale en diable. Reste à espérer que les amateurs francophones de cet aspect de la chimie supramoléculaire l'utiliseront : seuls les utilisateurs peuvent normer l'usage, pas les chroniqueurs, les parlementaires ou les administrateurs. On m'a aussi proposé «hôte-hôtesse» (une molécule), mais c'est moins simple et trop sexiste à mon goût.

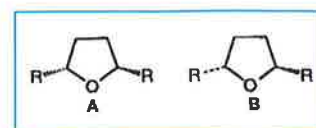
Je pense, d'autre part, que l'auteur de la chronique en question n'aura pas été content de voir les deux dessins ornant la fin de son texte : la typographie excellente de *L'AC* a fait que ni l'un (cité en modèle) ni l'autre (critiqué) ne présentaient l'ambiguïté dénoncée dans le texte. Sensible comme l'auteur de la chronique au style des formules structurales, je pense pouvoir deviner qu'il critiquait l'utilisation des triangles hachurés pour représenter des liaisons α , en arrière du plan de la page : outre qu'elles sont les plus souvent dessinées dans un sens anti-perspectif, leur partie la plus large étant la plus lointaine, il suffit qu'elles soient un peu trop grasses pour devenir ambiguës.

G.O.

PS: «hôte-invité» ? On m'assure que le milieu l'utilise. Tant mieux.

La rédaction de *L'Actualité Chimique* voulant trop bien faire a déformé le message que G. O. voulait faire passer. Nous redonnons aujourd'hui le passage incriminé avec le schéma original qui aurait dû paraître dans la chronique chimio-phile de novembre 1994, p. 90.

«Enfin, attention aux ambiguïtés causées par le choix d'épaisseur de traits et par les subtilités de Chemdraw. Nous avons vu des formules comme A, ambiguës à la projection, alors que l'équivalent B ne l'aurait pas été.



Bio Avenir : bilan à mi-parcours

En novembre 1991, Rhône-Poulenc, associé à de grands organismes de recherche (CEA, CNRS, Inra, Inserm, Institut Pasteur) lançait le programme de recherche Bio Avenir avec le soutien des ministères de la Recherche et de l'Industrie. Trois ans après son lancement, Bio Avenir tient les promesses de ses ambitions initiales (cf. dans *L'Actualité Chimique*, 1993, 4, p. 21-23 : un premier bilan). Au cours de quatre journées scientifiques (22-25 novembre 1994) réunissant l'ensemble des chercheurs participant au programme, les résultats obtenus ont été analysés. Nous rapportons ci-après quelques informations recueillies à cette occasion. Nous remercions le professeur Pierre Potier de nous avoir autorisé à publier les conclusions qu'il a présentées au terme de ces journées.

R. H.

Le programme Bio Avenir

Ce programme comporte quatre volets :

- L'objectif essentiel du programme **Méthodologie** est de développer des techniques pouvant être communes à trois domaines d'applications : agro, santé et chimie.

- Dans le cadre du programme **Santé humaine**, l'objectif est de mettre au point de nouvelles solutions thérapeutiques (médicaments ou thérapie génique) pour certains types de cancers, des maladies liées à la dégénérescence du système nerveux central et l'athérosclérose.

- Les objectifs du programme **Agriculture** sont d'identifier et de développer des produits spécifiques et actifs à faible dose, de mettre au point des plantes génétiquement modifiées utiles pour l'agriculteur et le consommateur et d'analyser les génomes des cultures.

- Dans le cadre du programme **Biochimie**, on cherche à mettre au point des techniques de catalyse enzymatique et à utiliser des micro-organismes industriels.

Chaque volet est suivi par un comité scientifique constitué de responsables de recherche de Rhône-Poulenc et de personnalités scientifiques des organismes publics. A ces comités sont associés un comité de suivi scientifique et technique pour l'ensemble du programme et un comité administratif et financier.

Le budget sur 5 ans est de 1820 MF dont 1 000 MF à la charge de Rhône-

Poulenc, 610 de l'État et 210 des laboratoires publics.

A mi-parcours, un premier bilan peut être dressé sur la base de quelques chiffres.

- Cinq laboratoires ou équipes «mixtes» associant Rhône-Poulenc et le CNRS, l'Inra, le CEA ont été créés ou renforcés. L'objectif initial de 500 personnes (chercheurs, ingénieurs et techniciens) est dépassé et 140 jeunes thésards et postdoctorants ont été formés en 1994 dans le cadre de Bio Avenir.

- La communauté scientifique ainsi créée jouit d'une dynamique exceptionnelle qui se traduit aussi bien dans la qualité et le nombre des résultats scientifiques fondamentaux (environ 110 publications dans des revues internationales et 90 communications), que dans le nombre de brevets (près de 100).

Quelques résultats marquants

Dans le domaine du cancer, il a été démontré qu'une protéine, dite Grb2, contrôlant l'activité de l'oncogène RAS, existe sous une autre forme, dite Grb3-3, qui semble capable de déclencher le programme de mort cellulaire. On peut penser qu'un déséquilibre entre ces deux formes pourrait être à l'origine de plusieurs pathologies autres que le cancer.

Dans le domaine des maladies cardiovasculaires, et notamment de l'athé-

sclérose, il a été montré que des souris transgéniques surexprimant les apolipoprotéines (apoA1 ou apoA1V) impliquées dans le transport inverse du cholestérol, sont protégées contre l'athérosclérose. Ce programme a aussi permis de créer les premiers lapins transgéniques qui ouvrent de nouvelles voies de recherches.

Dans le domaine végétal, de nouvelles cibles biochimiques ont été identifiées, telles que les voies de biosynthèses d'éléments essentiels (acides aminés, lipides) à la survie de la plante ou du parasite ciblé. Ces voies offrent des cibles spécifiques pour les produits de protection des cultures.

L'élucidation des voies de biosynthèse des pristinamycines (antibiotiques) permet d'optimiser la synthèse et de mettre au point de nouveaux analogues.

Dans le domaine du ciblage métabolique, cinq formes de cytochrome P450, enzymes du foie humain, ont été transférées dans la levure. Ce système permet de produire ces enzymes en quantité suffisante pour étudier in vitro le métabolisme de nouveaux produits pharmaceutiques.

Un exemple de biocatalyse

Synthèse des intermédiaires du nylon 6 et du nylon 6.6

Dans une première partie du programme Bio Avenir sur la biocatalyse, les objectifs poursuivis ont été prin-

Témoignages

La biotechnologie à l'aube du 3e millénaire

«Le nom donné au programme mené en collaboration entre la société Rhône-Poulenc et la puissance publique claque comme un étendard et vaut profession de foi : Bio Avenir, l'avenir dans le domaine des techniques du vivant, c'est-à-dire des biotechnologies. Et, de fait, toutes disciplines confondues, le domaine des biotechnologies est l'un de ceux qui caractérise le mieux ce tournant du millénaire sur le plan scientifique et technique...»

«La prochaine décennie sera à l'évidence marquée par une progression impétueuse des connaissances sur les mécanismes des maladies, et sur la possibilité d'en prédire le risque. Cependant, pendant un temps, la médecine ne saura pas bien traiter ces maladies qu'elle comprend et qu'elle sait prévoir, créant à l'évidence un bouleversement dans les pratiques médicales et dans les rapports médecins-malades. C'est certainement un défi redoutable pour une entreprise comme Rhône-Poulenc de s'efforcer que soient abrégés ces temps où le médecin saura, le plus souvent, mais restera encore impuissant à prévenir ou à guérir ! Une mobilisation des énergies est nécessaire pour que le pouvoir de soigner accompagne, ou au moins

succède rapidement à la compréhension des mécanismes des maladies et de leurs bases génétiques. Une telle ambition justifie amplement le lancement de grands programmes coopératifs dont on peut espérer que Bio Avenir ne soit qu'un des premiers exemples».

Prof. Axel Kahn

• Institut Cochin de génétique moléculaire, U 129, Inserm, 24 rue du Faubourg Saint-Jacques, 75014 Paris.

Métalloenzymes et systèmes chimiques modèles

«Les progrès considérables réalisés ces dernières années, à la fois au niveau biologique dans l'expression hétérologue et la purification des protéines et au niveau spectroscopique et chimique dans l'étude des sites actifs des enzymes et leur modélisation, ont permis la détermination de la structure et du fonctionnement détaillé de toute une série de métalloenzymes. Certaines de ces métalloenzymes comme la cyclooxygénase ou les cytochromes P450 jouent un rôle clé en pharmacologie».

«Ces progrès récents, ainsi que les perspectives qu'ils ouvrent, sont illustrés par deux exemples :

• Le premier concerne les cytochromes P450 humains responsables du métabolisme des médicaments mais aussi l'apparition d'effets secondaires toxiques de

certaines médicaments. La compréhension du fonctionnement moléculaire de ces enzymes a récemment débouché sur la mise au point de systèmes biotechnologiques (P450s exprimés sous forme catalytiquement active dans la levure) et chimiques (catalyseurs à base de métalloporphyrine) de prévision du métabolisme des médicaments chez l'homme sans utilisation de tissus humains. Les applications de ces outils, développés à l'heure actuelle dans le cadre d'un programme Bio Avenir, sont à prévoir non seulement dans le domaine du médicament, mais aussi dans celui de l'agrochimie et de la catalyse.

• Le deuxième exemple concerne un travail démarré plus récemment dans le cadre du programme Bio Avenir «Biochimie» sur le mécanisme de fonctionnement d'une classe d'enzymes à fer, les nitriles hydratases. Le but de ce travail est d'appliquer une connaissance moléculaire du mécanisme de ces enzymes à la mise au point de nouveaux catalyseurs biotechnologiques ou chimiques («biomimétiques») réalisant l'hydrolyse sélective des nitriles en amides dans des conditions douces et sans accumulation de sels».

Prof. Daniel Mansuy

• URA 400 université Paris V, 5, rue des Saints Pères, 75270 Paris Cedex 06.

cipalement des réactions enzymatiques pour le développement de nouveaux procédés de synthèse des intermédiaires du nylon 6 et du nylon 6.6 et pour le recyclage par hydrolyse d'un polyamide en ses monomères.

Une nitrilase hydrolysant préférentiellement un seul nitrile dans un dinitrile, l'adiponitrile, a été trouvée par criblage microbiologique. Le cyanovalérate d'ammonium ainsi obtenu - sans coproduction de sel - est un précurseur de l' ϵ -caprolactame monomère du nylon 6.

Pour développer un biocatalyseur industriel, le gène codant pour cette nitrilase a été cloné et surexprimé. La coexpression de chaperonnes a permis d'obtenir majoritairement une nitrilase soluble et active.

Des polyamides hydrolysant les oligomères de polyamides ont été trouvées par criblage microbiologique. Le clonage et la surexpression du gène d'une polyamidase dans un micro-organisme coexprimant des chaperonnes a permis d'obtenir une hydrolyse enzymatique très active des oligomères, ce qui permet d'entrevoir la possibilité d'un recyclage des polyamides par une hydrolyse biocatalysée.

Pour utiliser des micro-organismes génétiquement modifiés à l'échelle industrielle, il est nécessaire de posséder des vecteurs de clonage et d'expression qui répondent à certains critères législatifs dont une mobilisation très réduite et une taille limitée aux séquences génétiques nécessaires. De plus, il est intéressant pour l'industriel d'utiliser des vecteurs stables, c'est-à-dire qui se maintiennent sans pression de sélection.

Un vecteur non mobilisable ayant un nombre de copies élevé a été développé afin d'obtenir une amplification importante des gènes d'intérêt.

La stabilité du plasmide a été éprouvée chez plusieurs bactéries gram négatives où des protéines hétérologues sont exprimées à raison de plus de 10 % des protéines totales.

Bio Avenir : conclusion des Journées scientifiques (22-25 novembre 1994)

Pierre Potier* *membre de l'Institut*

Ces journées scientifiques destinées à faire le point, évaluer et diffuser les résultats des travaux du grand programme Bio Avenir sont symboliques, car elles ont lieu à mi-parcours et présentent déjà des résultats très encourageants.

Bio Avenir est, pour nous, un programme qui a dépassé nos espérances par la rapidité d'obtention de certains de ses résultats et il est exemplaire pour trois raisons :

- stratégiques : le type de partenariat entre recherche publique et industrielle ;
- contractuelles : entre une entreprise industrielle et la recherche « académique » ;
- scientifiques, techniques et médicales.

Raisons stratégiques

Le grand programme Bio Avenir est en réalité une coprogrammation de la recherche académique et de la recherche et/ou développement industriels. C'est un programme, certes, largement soutenu par des impératifs de stratégie industrielle et commerciale. Mais les objectifs techniques ont été traduits en termes de verrous ou de butoirs scientifiques pour la décennie à venir. Il a ainsi conduit à établir des collaborations de haut niveau avec les organismes, en tenant compte évidemment de la straté-



Pierre Potier, membre de l'Institut, directeur de l'ICSN, présente les conclusions des Journées Bio Avenir organisées à mi-parcours du programme.

gie propre de ces organismes et des équipes concernées.

Il s'agissait de mener de front :

- l'avancée des connaissances fondamentales ;
- la formation de jeunes chercheurs et de nouvelles compétences, sur des pistes d'avenir suggérées par la partie industrielle et ressenties comme telles par les laboratoires de recherche publics.

Par la fertilisation croisée entre les secteurs de recherche publique et privée, c'est l'une des réponses perti-

nentes au lancinant problème du transfert de la recherche vers le secteur de développement industriel.

Les coopérations, projet par projet, existent et se développent depuis plus de 20 ans. J'en suis moi-même un témoin et un acteur direct au titre de mes activités de chercheur mais, ici, il s'agit de coordonner un ensemble de thématiques, de mobiliser sur des objectifs communs clairs et porteurs (parfois risqués) - "qui ne risque rien n'a rien" - un grand nombre d'équipes appartenant à plusieurs organismes.

* directeur de l'Institut de Chimie des Substances Naturelles (ICSN) du CNRS, directeur général de la Recherche et de la Technologie au ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche (MESR).
ICSN, avenue de la Terrasse,
91198 Gif-sur-Yvette Cedex 6.
Tél : (1) 69. 82. 30.95. Fax : (1) 64.46. 00.67.

Une autre de ses qualités primordiales est, comme déjà dit, son rôle pédagogique et formateur. Démarche originale et finalisée pour la recherche, Bio Avenir présente une forte cohérence dans le processus qui lie la découverte et l'invention, l'idée et le développement commercial. Il met en résonance la recherche cognitive et la recherche finalisée.

C'est pour nous, je le répète, un exemple mais aussi un prototype qui doit être évalué, amélioré, voire multiplié.

Raisons contractuelles et organisationnelles

Bio Avenir a donné lieu à un accord cadre en 1992 entre Rhône-Poulenc et les ministères chargés de la Recherche, de l'Industrie et du Budget.

On peut affirmer aujourd'hui que cet accord a été respecté pour l'essentiel :

- au niveau de l'organisation, avec le fonctionnement des 4 comités thématiques, du comité de suivi scientifique et technique et du comité administratif et financier ;
- par une évaluation permanente ;
- par l'ouverture à des tiers prévue contractuellement, en particulier dans le programme méthodologie. La présence dans cette salle d'autres industriels que Rhône-Poulenc en est le témoignage ;
- par la conformité des dépenses aux budgets initiaux : Rhône-Poulenc n'a pas attendu la signature effective de l'accord et a conduit le programme à un rythme satisfaisant, malgré les anomalies de trésorerie publique (FRT à recapitaliser) dont souffre le Fonds de la recherche et de la technologie

L'effort de Bio Avenir s'est développé en plus de l'effort propre de R et D de Rhône-Poulenc :

- 500 personnes affectées, dont 140 doctorants et postdoctorants ;
- 200 publications ;
- 100 brevets.

Il s'agit là de scores plus que respectables, qui doivent convaincre les sceptiques et réduire les critiques a priori émises lors du lancement du programme.

Raisons scientifiques, technologiques et médicales

Vos journées scientifiques révèlent des avancées majeures dans de nombreux domaines ; vous avez pu les percevoir et les apprécier tout au long de ces quatre jours.

Pour ma part, je signalerai brièvement les domaines de la thérapie génique et de l'agrochimie. La thérapie génique et cellulaire correspond à une orientation majeure, nouvelle et risquée de Bio Avenir. Bio Avenir a permis à Rhône-Poulenc Rorer de s'engager dans la création de Gencell, qui rassemble plusieurs équipes parmi les plus performantes des deux côtés de l'Atlantique dans le domaine des études portant sur le génome.

Des percées originales ont également eu lieu en agro-alimentaire avec de nouvelles générations d'herbicides et de nouveaux outils biochimiques d'étude de la germination. Notre appréciation est très positive sur l'ensemble des travaux.

Conclusions

Le XXI^e siècle sera celui des sciences et techniques du vivant ; l'époque moqueuse du «bio is beautiful» est périmée. Nous prenons très au sérieux l'énorme potentiel de développement des sciences du vivant. C'est pour cette raison que les industries de santé, et les industries pharmaceutiques en particulier, doivent être considérées comme stratégiques au même titre que l'aéronautique, l'espace ou l'électronique.

Notre pays doit tenir toute sa place dans la compétition internationale. Notre recherche est performante, notre médecine est de qualité, l'industrie doit se montrer conquérante et...conquérir.

Les recherches académiques en sciences du vivant méritent toute notre attention.

La consultation nationale sur les grands objectifs de la recherche française les a désignés comme prioritaires. Dispersées dans six organismes et plusieurs fondations, ces recherches doivent être coordonnées : c'est pourquoi nous allons créer, au sein du MERS, une mission des sciences du vivant qui me sera rattachée avec pour mission

d'animer ce domaine essentiel.

Dans ce domaine à forte synergie entre recherche et développement industriel, les contraintes réglementaires et de prix doivent être intégrées très en amont. La phase à venir du programme devra tenir compte de ces contraintes importantes, et il sera nécessaire de prendre langue avec les autorités réglementaires, sanitaires ou normatives en termes d'environnement.

Lors de l'ouverture de ces journées, Philippe Desmarescaux et Claude Hélène vous ont demandé vos propositions pour améliorer ce type de grand programme. Je m'associe à cette écoute pour faire vivre et évoluer Bio Avenir et m'en inspirer dans l'élaboration d'autres grands programmes. C'est sûrement un modèle à suivre et à perfectionner. Pour ma part, je suggérerai d'accroître l'effort de diffusion vers l'ensemble du tissu industriel français, et aussi de favoriser la création et/ou l'association de jeunes équipes. C'est la voie que nous nous proposons de suivre dans le projet Chimie Avenir, qui est actuellement à l'examen ! Je ne doute pas que le programme Bio Avenir, auquel nombre d'entre-vous participent, saura mettre en lumière des questions fondamentales à adresser à un programme de recherche en chimie.

On peut beaucoup attendre de ce croisement d'expériences. D'ailleurs je considère, avec d'autres, que la chimie est à la biologie ce que le solfège est à la musique. Des programmes de ce type pourraient se décliner sur différents domaines et je pense, par exemple - sur un tout autre sujet - à la collaboration entre Dassault-Aviation et l'Inria en matière de génie logiciel. La Consultation nationale sur les grands objectifs de la recherche française a d'ores et déjà mis en avant des thèmes transversaux prioritaires où ce type de partenariat pourrait être un élément moteur. Le Comité d'orientation stratégique, qui va se mettre en place d'ici la fin de l'année 1994 auprès du ministre, aura sans doute à se prononcer sur ces orientations et il est clair que l'expérience que vous vivez autour de Bio Avenir, si captivante et si motivante, sera un élément d'éclairage très utile.

Le monde de la chiralité

Claude Gros* *doctorant*, Gilles Boni** *docteur ès sciences*

“Celui qui n’éclate pas de rire, lorsqu’il se penche pour regarder ses pieds nus, celui-là n’a soit aucun sens de l’humour, soit aucun sens de la symétrie”.

C’est par cette phrase humoristique que le mathématicien et philosophe Descartes (1596 - 1650) exprima le premier, sans le nommer, le phénomène de chiralité. Mais qu’entend-on par chiralité ?

Les chimistes du XIX^e siècle observèrent que des structures moléculaires identiques, c’est-à-dire possédant les mêmes enchaînements atomiques, pouvaient se différencier par le fait qu’elles n’étaient pas superposables, l’une étant l’image de l’autre dans un miroir. Le physicien Lord Kelvin (1824-1907) donna, en 1898, un nom à cette propriété : il l’appela “chiralité”. Ce mot vient du grec *Κηειρ* (Kheir) qui signifie la main. Qui n’a jamais remarqué, en effet, que les deux mains d’un individu sont images l’une de l’autre dans un miroir ?

Cette notion de chiralité conduit directement aux notions de “gauche” et de “droite”, notions omniprésentes dans notre vie quotidienne. Nous vivons, en effet, dans une société conçue et réalisée presque exclusivement pour les droitiers.

Ainsi, le pas de vis et le tire-bouchon tournent à droite de telle façon qu’ils s’enfoncent d’un geste naturel de la main droite. Il en est de même pour les casseroles avec un bec verseur : elles sont construites pour les droitiers. Pourquoi les gauchers ont-ils des difficultés à se servir de ces objets ? Parce que, comme dans le cas des mains, il s’agit de systèmes chiraux. On ne serre pas indifféremment la main droite ou la main gauche («la main du cœur») d’un ami. Ce constat n’est pas récent. Dans l’antiquité romaine, les augures dessinaient dans le ciel un rectangle imaginaire pour lire dans le vol des oiseaux. Des oiseaux arrivant par la droite auguraient un bon présage tandis qu’un vol arrivant par la gauche était de mauvais présage. Le pèlerin bouddhiste ou le voyageur doit, lorsqu’il visite un stupa ou tout autre édifice bouddhiste, le contourner dans le sens des aiguilles d’une montre. La religion bouddhiste veut, en effet, que “*tout stupa rencontré sur sa route soit laissé à main droite*”.

On retrouve dans le langage ce déséquilibre entre droite et gauche [1]. Si quelqu’un est habile, on dit qu’il est adroit ou qu’il a de la dextérité ; s’il est malhabile, on dit qu’il est maladroit ou qu’il est gauche. Parfois on va même jusqu’à donner un sens maléfique à ce qui est gauche : c’est le cas du mot *sinistre* qui vient du latin “*sinister*” (gauche) alors que le mot droit représente le Droit, la Justice. Quelques expressions illustrent égale-

ment cette constatation ; ne dit-on pas «être le bras droit de quelqu’un» ou «faire preuve de droiture» ? Ceci n’est pas propre à la langue française : avoir raison, c’est être «right» en anglais et «richtig» en allemand.

Chacun pressent la notion de symétrie cachée derrière ce terme de chiralité, mais rappelons tout d’abord la définition simple qu’en a donnée le mathématicien Weyl (1885-1955) : un objet est symétrique si, après avoir été soumis à une certaine action, son apparence n’est pas modifiée. L’action la plus simple de toutes est le déplacement dans l’espace. On peut ainsi, sans en modifier l’apparence, déplacer une sphère, un cube, un réseau cristallin ; l’objet et l’image coïncident par une simple translation. Par contre, on ne peut pas faire coïncider la main droite et la main gauche par un simple déplacement dans l’espace. C’est donc une autre opération de symétrie qui intervient dans le phénomène de chiralité : la réflexion dans un miroir plan. L’image virtuelle d’une main droite est une main gauche. Les deux mains sont symétriques par rapport au miroir plan. Et, si on parle généralement d’asymétrie, c’est pour indiquer que l’on a perdu la symétrie par déplacement et qu’il ne reste que la symétrie par rapport à un plan.

Cette notion de symétrie ou d’asymétrie apparaît également dans l’écriture.

TÔT | TÔT TARD | ДРАТ

Par exemple, le mot Tard se lit de gauche à droite mais son image dans un miroir se lit de

* Laboratoire d’ingénierie moléculaire pour la séparation et les applications des gaz (LIMSAG, UMR 9953), Faculté des Sciences Gabriel, 6, bd Gabriel, 21 000 Dijon. Tél. : 80.39.61.15. Fax : 80.39.61.17.

** Laboratoire de synthèse et d’électrosynthèse organométalliques (URA 1685), Faculté des Sciences Gabriel, 6, bd Gabriel, 21 000 Dijon. Tél. : 80.39.60.88. Fax : 80.39.60.76.

droite à gauche. Pour le palindrome TÔT, le problème du sens de lecture ne se pose pas. Mais là ne s'arrête pas les différences. Les lettres constituant le mot présentent entre elles également des différences importantes. En effet, si A et T sont identiques à leur image dans un miroir, R et D se transforment en R et Я. Mais par une simple rotation dans le plan C peut redonner D. Par contre, aucun mouvement de rotation ou de translation plane de Я ne permet de retrouver la lettre R. La lettre R est donc un exemple d'objet chiral. On dit alors que R/Я est un couple d'énantiomères¹ (du grec *Ἐναντιος* (Enantios) : opposé et *μηρ* (mère) : partie).

Un autre exemple de chiralité est donné par la coupe du roi (figure 1) : lorsqu'on coupe une pomme selon la 1^{re} voie du schéma, on obtient deux moitiés dissymétriques identiques A. Or, si l'on procède à la même coupe mais dans le sens opposé, il en résulte deux moitiés B identiques, mais différentes de A. Il devient alors impossible de reconstituer une pomme en juxtaposant une partie A et une partie B. En effet, ces deux moitiés A et B sont deux énantiomères du même objet.

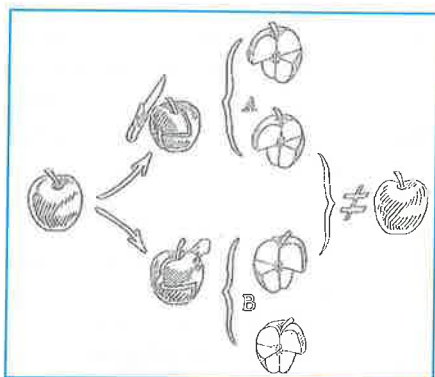


Figure 1 - Coupe du roi. Il est impossible de reconstituer la pomme avec les deux demi-pommes A et B.

Nous allons voir que le phénomène d'énantiomérisation intervient de façon fondamentale dans les processus biologiques et chimiques. Au niveau économique, l'enjeu est important pour les chimistes. Une "chiro-technologie" est née et s'est beaucoup développée, notamment dans le domaine pharmaceutique.

La chiralité dans la nature

Nous vivons dans un monde chiral. La chiralité est, en effet, une propriété qui existe à toutes les échelles de grandeur et



Figure 3 - La chiralité dans l'architecture : colonnes d'un autel baroque.

les formes chirales nous entourent sans que nous en soyons toujours conscients. Par exemple, la rotation des anticyclones se fait dans le sens des aiguilles d'une montre dans l'hémisphère nord et dans le sens contraire dans l'hémisphère sud. De même, on retrouve la chiralité dans l'essence même de la vie puisque la molécule d'ADN enroulée de façon hélicoïdale (hélice α)² est chirale (figure 2 de la page 11).

Nous subissons d'une certaine manière cet état de fait puisque quantité d'objets usuels doivent être ou sont chiraux. C'est évidemment le cas d'une paire de chaussures ou de gants, d'une montre bracelet avec un remontoir, conçue pour être portée à la main gauche et remontée de la main droite. Même les mains sur un piano doivent s'accommoder de leur relation d'énantiomérisation et, si Maurice Ravel (1875-1937) a écrit, en 1931, un concerto "pour la main gauche" c'était à l'intention du pianiste Wittgen-

stein qui avait perdu son bras droit. De même, de nombreux éléments de construction dans l'art ou l'architecture sont chiraux [2] ; c'est le cas des colonnes enroulées d'un autel baroque (figure 3) ou de l'enroulement en spirale d'un escalier, mais également des deux sculptures d'escargots de Bourgogne de la figure 3 bis. Par ailleurs, la symétrie d'un objet ou d'un édifice attire souvent l'attention et c'est l'une des raisons pour laquelle de nombreuses structures chirales apparaissent également par deux en architecture.

Quelquefois, des deux formes énantiomères (objet et image), l'une est plus courante que l'autre. Cette stéréotypie de forme est fréquente dans les règnes animal et végétal. Ainsi, les coquilles d'escargots de toutes espèces et les coquillages spiriformes forment une spirale à droite (figure 4). Seules de très rares variétés présentent une spirale à gauche et, dans ce cas, d'une manière uniforme à l'intérieur de l'espèce. Déjà, dans *Vingt mille lieues sous les mers*, Jules Verne (1828-1905) décrivait une olive porphyre à coquille senestre très rare [3]. En Inde, un coquillage marin, le chank, est sous sa forme senestre l'objet d'un véritable culte et, est même au centre d'une légende [4]. Selon la tradition hindoue, le dieu Vishnu avait retrouvé les livres sacrés, dérobés par les démons, au fond des mers dans un chank senestre *Turbinella pyrum*. En Birmanie, l'un de ces coquillages senestres recouvert d'or faisait partie des bijoux de la couronne.

De même, les plantes grimpantes présentent fréquemment dans leur développement une chiralité bien définie comme, par exemple, le haricot à rame

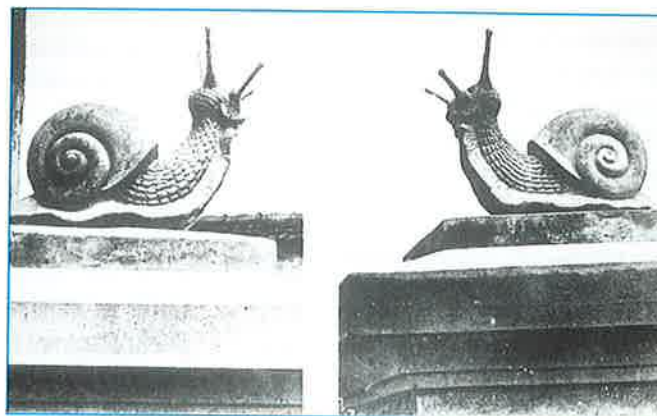
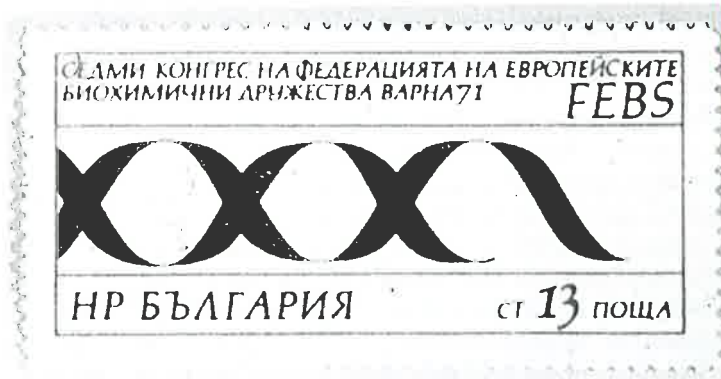
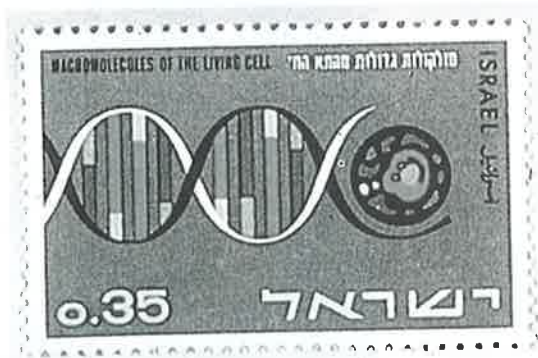
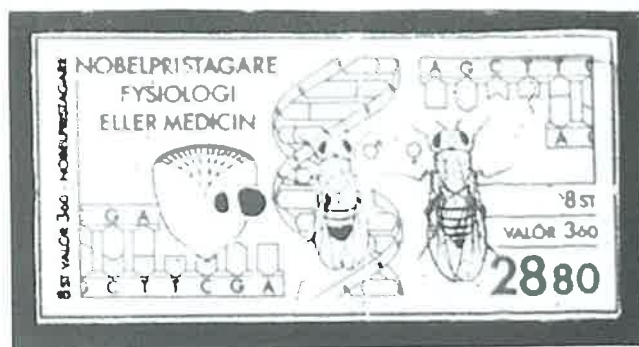
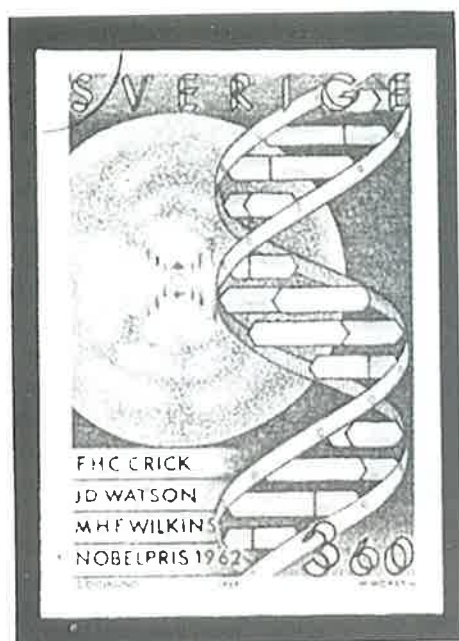


Figure 3 bis - La chiralité dans l'architecture : sculptures d'escargots de Bourgogne.

Enroulement en hélice α rencontrée dans la nature.



Enroulement en hélice β inexistant dans la nature.

Figure 2 - Enroulement de la molécule d'ADN : en hélice α rencontrée dans la nature, en hélice β inexistant dans la nature.

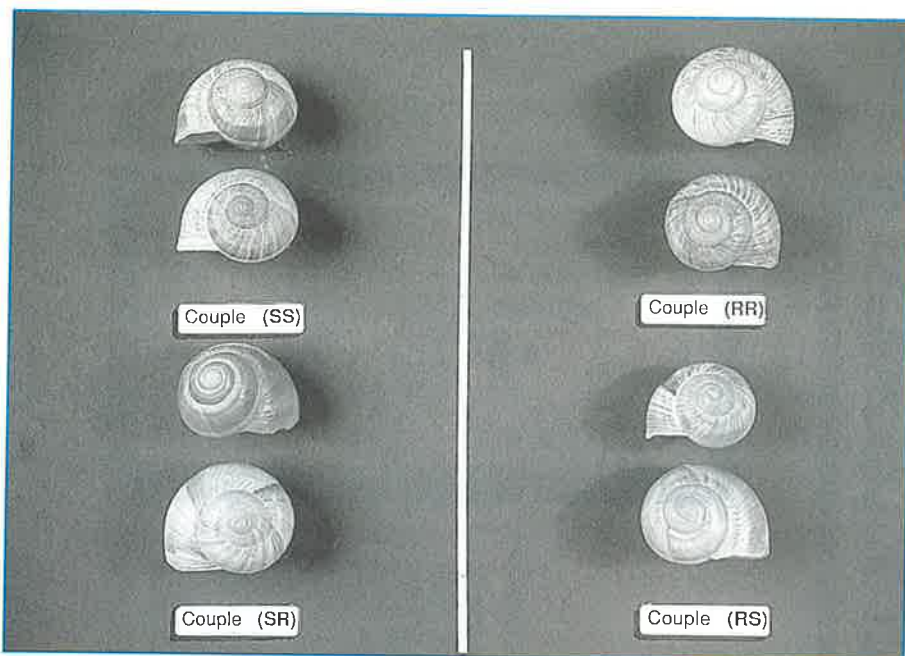


Figure 4 - Enroulement en spirale R (rectus) et S (sinister) de la coquille d'escargot. Un escargot sur 57000 présente en moyenne une spirale gauche. Vingt-deux tonnes de coquilles ont ainsi été traitées pour réunir ces 4 couples.

ou la glycine qui s'enroule en hélice droite tandis que le houblon s'enroule en hélice gauche (figure 5). Aussi, au printemps, les agriculteurs enroulent-ils les nouvelles pousses de houblon autour du fil de fer servant de tuteur en spirale gauche. Ces plantes ne peuvent grimper en spirale droite et les champs de houblon présentent ainsi une série infinie de spirales gauches. On a cherché à expliquer ce phénomène par l'influence du soleil qui se lève à l'est, culmine au sud, et se couche à l'ouest dans l'hémisphère nord [1]. Une plante qui suivrait le soleil (phototropisme positif) s'enroulerait en hélice gauche. Au contraire, une plante qui fuirait le soleil (phototropisme négatif ou photophobie) s'enroulerait en hélice droite. Comme dans l'hémisphère sud, le soleil se lève à l'est, culmine au nord, et se couche à l'ouest, on devrait y observer une inversion du sens des enroulements. En fait, tous les haricots, qu'ils soient du nord ou du sud s'enroulent en hélice droite. Ils sont droitiers à cent pour cent, et c'est une caractéristique génétique de l'espèce donc indépendante du phototropisme.

Les fleurs présentent, elles aussi, de nombreux cas de formes chirales. Chez le cyclamen, non seulement les pétales mais aussi les sépales forment une hélice. D'où vient ce phénomène de chiralité ? Un haricot ou un houblon, qu'il s'enroule dans un sens ou dans l'autre, aurait a priori la même stabilité.

En fait l'explication d'une chiralité est étroitement liée à l'apparition de la vie et aux échanges moléculaires sur le plan des atomes et des molécules [1].

La chiralité joue un rôle déterminant dans les processus vitaux des règnes animal et végétal. Si des composés optiquement actifs participent aux processus du métabolisme, ils ont, en règle générale, une même configuration énantiotopique. Ainsi, tous les acides aminés naturels (20 au total) constituant les protéines ont, sans exception, la même configuration³ gauche, notée L. La vie ne pourrait pas se maintenir actuellement sur Terre avec des acides de l'autre configuration (droite, notée D). La vie a commencé avec des acides aminés gauches et se maintient ainsi. Pourquoi la vie a-t-elle commencé à gauche ? On a des idées assez précises sur l'état de la Terre aux origines de la vie, il y a trois milliards d'années [1]. Sous l'action de la chaleur tropicale, des rayons UV et des décharges électriques dues aux orages, il est possible de synthétiser des aminoacides à partir de l'eau qui contenait, à cette époque, de l'ammoniac et du méthane. En 1952, le chimiste Miller reconstitua les conditions de cette «soupe primitive» et, il obtint, après une semaine, des quantités non négligeables d'acides aminés. Mais c'est le mélange racémique contenant 50 % d'acide aminé gauche et 50 % d'acide aminé droit qu'il avait ainsi reconstitué. Pour-

quoi cette différence entre l'expérience de laboratoire et l'apparition de la vie sur Terre il y a trois milliards d'années ? Tout d'abord, les échelles de temps - une semaine contre un milliard d'années - et d'espace - un laboratoire contre toute la surface de la Terre - ne sont pas comparables. Ensuite, une énorme fluctuation dans la synthèse a peut-être favorisé la forme L qui l'emporta sur la forme D, cette dernière ne pouvant plus se nourrir. Enfin, un processus physique asymétrique, la radioactivité β (de noyaux radioactifs naturels tels le ^{14}C ou le ^{39}K), a pu produire la destruction préférentielle de la forme D dans le mélange racémique, ce dernier s'enrichissant en forme L. La longueur des temps géologiques serait un facteur favorable à cette dernière hypothèse. Il est cependant impossible de conclure et certains préfèrent trouver une solution à ce problème dans le débat philosophique déjà exprimé par le grec Démocrite (v. 460 av. J.C.) "Tout ce qui existe dans la nature est le fruit du hasard ou de la nécessité".

Souvent, deux formes énantiomères d'une même molécule ne se distinguent pas seulement par leurs propriétés optiques. Ainsi, les deux énantiomères de l'asparagine découverts par Puitti en 1866 diffèrent par leur goût : l'asparagine lévogyre a une «saveur indécise» et l'autre énantiomère «est doué d'une



Figure 5 - Exemple d'un double enroulement en hélice. La plante présente des enroulements en sens opposés autour de son propre axe et autour de son tuteur.

saveur nettement sucrée». Pasteur (1822-1895), à cette époque, émettait déjà l'hypothèse que la «matière nerveuse» intervenant dans la saveur était elle-même une «matière dissymétrique comme toutes les substances primordiales de la vie» [5]. Karl von Frisch (1886-1982) a montré, pour sa part, que les abeilles possèdent une sensibilité de goût qui leur permet de distinguer les sucres isomères.

La différence d'odeur entre deux énantiomères est, quant à elle, plus difficile à établir et suscite toujours des controverses. Nous pouvons cependant citer la carvone lévogyre qui possède une odeur de menthe verte tandis que l'odeur de la carvone dextrogyre (extraite du carvis et de l'aneth) se retrouve dans le kummel. De même, un certain nombre de phéromones que les papillons peuvent sentir parfois de très loin et qui les conduisent vers leurs femelles sont chirales. La recherche du rôle de la chiralité dans la reconnaissance de l'odeur présente un intérêt pratique non négligeable dans la lutte contre les insectes nuisibles. Les récepteurs biologiques réagissent à des excitations moléculaires extérieures et à des messages chimiques produits par l'organisme lui-même. On a pu synthétiser des hormones sexuelles normalement sécrétées par les glandes endocrines et montrer que les formes synthétiques étaient bien moins actives que les substances naturelles.

L'omniprésence de la chiralité dans la nature donne une importance économique non négligeable aux molécules optiquement actives. Les aliments pour bétail à base de maïs contiennent fréquemment des quantités faibles d'un acide aminé essentiel (la L-lysine) qui intervient dans la croissance et la prise de poids des organismes [6]. On utilise environ 20 000 tonnes de L-lysine pour améliorer la valeur nutritive du fourrage. Par contre, la D-lysine est totalement inefficace et n'est pas métabolisée par l'organisme des animaux. Nous citerons aussi l'aspartame, substance sucrée introduite désormais dans de nombreux pays. Ce dipeptide, découvert par Masur et ses collaborateurs en 1969, est formé des acides aminés L-aspartique et L-phénylalanine. Il possède un pouvoir sucrant environ 150 fois supérieur à celui du sucre et présente un intérêt économique certain. Masur et son équipe ont

constaté, avec surprise, que l'énantiomère DD (dérivant de la série non naturelle) était amer. Cette même amertume se retrouve d'ailleurs chez les isomères DL et LD.

Quelques données historiques sur la chiralité

Le physicien et chimiste irlandais Robert Boyle (1627-1691) et le chimiste russe Dimitri Mendeleïev (1834-1907) pressentirent l'existence d'une relation entre l'aspect macroscopique d'un solide et sa constitution microscopique. Mais, c'est grâce aux physiciens que les problèmes posés par la dissymétrie cristalline et la dissymétrie moléculaire - implicitement liés depuis le XVII^e siècle - s'éclairèrent. En 1808, un jeune polytechnicien Étienne-Louis Malus (1775-1812) découvrit la polarisation de la lumière. Ses travaux furent poursuivis par l'astronome François Arago (1786-1853) puis, quelques années plus tard, par Jean-Baptiste Biot (1774-1862). Ce dernier trouva, vers 1815, que la déviation de la lumière se produit soit vers la gauche soit vers la droite. Jean-Baptiste Biot observa que non seulement des cristaux, mais aussi des liquides d'origine naturelle ou des solutions de sucre ou d'acide tartrique dans l'eau peuvent dévier le plan de polarisation de la lumière qui les traverse. Ces substances possédaient une «activité optique». Dès lors, il apparaît une scission entre la dissymétrie cristalline et moléculaire. L'action exercée par les corps organiques est une «*action moléculaire, dépendant de leur constitution individuelle*» alors que, pour un cristal, «*le phénomène résulte du mode d'agrégation des particules cristallines*».

En 1820, un problème troublant se posa, par hasard, aux chimistes. Kestner, propriétaire d'une fabrique d'acide tartrique à Thann (Alsace), vit apparaître dans ses préparations un autre acide qu'il appela provisoirement acide thannique. Le physicien français Louis Joseph Gay-Lussac (1778-1850) étudia cet acide rebaptisé racémique (du latin *racemus* : raisin). Il observa que les analyses élémentaires des acides tartriques et racémiques étaient identiques. En 1838, Biot démontra que l'acide tartrique déviait le plan de polarisation de la

lumière alors que l'acide racémique était inactif. Vers 1844, on savait que l'acide tartrique existait sous deux formes, l'une déviant le plan de la lumière polarisée vers la droite, tandis que l'autre était inactive. Puisque les formes de leurs cristaux, donc de leurs molécules, semblaient identiques, comment, mis en solution, pouvaient-ils avoir une action tellement différente sur la lumière polarisée ?

Louis Pasteur (1822-1895) travailla sur cette question au cours de son doctorat. En 1847, il remarqua que les cristaux d'acide tartrique optiquement actifs avaient des facettes particulières qui semblaient absentes des cristaux non polarisants. Les cristaux inactifs sont symétriques, tandis que les cristaux actifs sont asymétriques. Il prépara de gros cristaux d'acide tartrique inactif et remarqua qu'il y avait deux types de cristaux en quantités identiques dans son échantillon. Tous les deux étaient asymétriques et images l'un de l'autre dans un miroir. Pasteur conclut hardiment que puisqu'une partie des cristaux déviait le plan de polarisation de la lumière vers la droite, et l'autre partie vers la gauche, les effets de la déviation s'annulaient. Au moment de découvrir, en 1847, la «dissymétrie moléculaire», Pasteur bénéficie de plusieurs circonstances favorables. Parmi les milliers de composés racémiques cristallisés connus, seuls quelques centaines sont à même de se dédoubler spontanément, et l'existence d'une hémiedrie reste souvent très difficile à mettre en évidence. Pasteur avait pu obtenir des cristaux de tartrate double de sodium et d'ammonium de plusieurs millimètres voire de plusieurs centimètres, ce qui permettait la reconnaissance à l'œil nu des facettes dissymétriques. Par ailleurs, au-dessus de 28 °C, le dédoublement spontané de l'acide tartrique n'est plus observable : le mélange, en parties égales, de cristaux hémiedres gauches et droits séparables mécaniquement fait place à une variété cristalline où les deux espèces sont combinées dans le même réseau solide.

Pasteur montra, par ailleurs, qu'il était possible d'obtenir l'acide tartrique racémique en chauffant à 170 °C pendant 5 à 6 heures du tartrate droit de cinchonine. Victor Dessaignes (1800-1885) observa, quelques années plus tard, que l'acide racémique pouvait être obtenu en chauffant

fant, dans des conditions plus douces, et pendant une longue période, l'acide tartrique dans une solution diluée d'acide chlorhydrique ou même une solution aqueuse. On comprit ainsi que la surchauffe des tartres industriels avait provoqué, quelque trente ans plus tôt, l'apparition du mystérieux acide thanique dans les fabriques de Kestner.

Pasteur s'intéressa également aux cristaux de plusieurs sels d'acide tartrique formés en présence d'alcalis naturels optiquement actifs (tel la cinchonine) ou non. Il rechercha des méthodes chimiques de préparation des isomères purs D et L mais aussi, des réactions de transformation de l'un des isomères en racémique. En utilisant la différence de solubilité des tartrates D et L de cinchonine, il parvint à mettre au point une méthode chimique de séparation des deux isomères à partir du racémique. Le tartrate droit de cinchonine est, en effet, très soluble dans l'alcool alors que le tartrate gauche y est très peu soluble. De plus, le tartrate droit de cinchonine cristallise avec huit molécules d'eau contrairement au gauche qui n'en contient que deux. Lors d'une conférence présentée à la Société Chimique de Paris, le 22 décembre 1883 [7], Pasteur, lui-même, nous explique pour quelles raisons le tartrate droit de cinchonine n'est pas l'image du tartrate gauche de cinchonine : *«Combinons un corps dissymétrique avec un corps ayant un plan de symétrie. Supposons, par exemple, que de ma main droite je tiens ce livre. Il en résulte un assemblage tout pareil, et non superposable à l'assemblage que nous obtiendrions si je tenais ce même livre de la main gauche. [...] Mais supposons l'assemblage d'un corps dissymétrique avec un corps dissymétrique ; supposons, par exemple, que je prenne de ma main droite un pied humain. Cet assemblage n'aura plus une dissymétrie simple, mais double et très différente, au total, de la dissymétrie de l'assemblage de ma main gauche avec le même pied. Dans un cas, la dissymétrie droite de ma main droite s'ajoutera à la dissymétrie droite du même pied, si c'est le pied droit, tandis que ma main gauche étant associée à ce pied droit, les deux dissymétries se contrarieront. Et comme il y a une main droite et une main gauche, un pied droit et un pied gauche, quatre assemblages seront possibles :*

main droite, pied droit ; main gauche, pied gauche ; main droite, pied gauche ; main gauche, pied droit».

Depuis Pasteur, deux théories ont fait progresser la stéréochimie : la théorie de la structure chimique - dont Archibald Scott Couper (1831-1892), August Kékulé von Stradomitz (1829-1896) et Alexandre Boutlerov (1829-1893) ont jeté les fondements vers 1857 - et la théorie du carbone asymétrique quelques années plus tard. Couper, Kékulé et Boutlerov émirent l'idée que les composés organiques résultent de l'enchaînement d'atomes de carbone qui disposent de quatre capacités de liaison dont chacune peut être satisfaite par un élément comme l'hydrogène ou le chlore. En 1874, le Français Achille Le Bel (1847-1930) et le Hollandais Jacobus Henricus Van't Hoff (1852-1911) formulèrent indépendamment la théorie du carbone asymétrique.

A partir de là, la chimie des molécules chirales était née. Toutefois, il faudra encore bien des années de recherches, parfois controversées, pour aboutir à la stéréochimie moderne.

Médicaments racémiques ou médicaments optiquement purs ?

En publicité, on utilise de plus en plus souvent le concept de pureté. Ces dernières années, les directives de la FDA (Food and Drug Administration) ont obligé les groupes pharmaceutiques à fournir des tests de plus en plus sévères pour obtenir leur AMM (Autorisation de Mise sur le Marché) en vue de la commercialisation d'une substance racémique. Ces derniers ont, en contre-coup, développé la fabrication de médicaments dont le principe actif correspond à un seul énantiomère, vulgarisant ainsi le concept de produit optiquement pur [8].

Dans de nombreux cas, l'action souhaitée d'un médicament optiquement actif et prescrit sous forme racémique n'est à attribuer qu'à l'énantiomère ayant la "bonne" configuration. L'autre énantiomère traverse le corps, comme dans le cas de la D-lysine, sans altération et sans effets nocifs. Dans des cas moins favorables, l'énantiomère non actif peut présenter un risque physiologique plus ou moins grave ne jouant plus alors le

simple rôle de lest ou de ballast. Il peut induire des réactions parasites avec des substances chirales de notre corps entraînant des effets secondaires différents de ceux générés par le seul énantiomère actif. Qui se souvient de la tragédie de la Thalidomide au début des années 1960 ? Ce sédatif léger avait été prescrit à des femmes enceintes. Certaines d'entre elles donnèrent alors naissance à des enfants dont les membres étaient atrophiés voire inexistantes [3]. Si la Thalidomide commercialisée sous forme racémique fut aussitôt retirée du marché, ce n'est qu'en 1979 que les deux énantiomères furent séparés. Il apparut alors qu'un seul des deux énantiomères était toxique pour l'embryon, l'autre étant parfaitement inoffensif ! Actuellement, la Thalidomide racémique reste utilisée dans le traitement de la lèpre dans certains pays en voie de développement. Récemment, au Brésil, elle a de nouveau fait la une de l'actualité pour les mêmes causes qui, 30 ans plus tôt en France, la firent immédiatement retirer de la vente.

La question actuellement posée est de savoir si on peut continuer indifféremment à vendre des composés dont le principe actif se présente sous forme racémique ou, s'il est préférable de séparer les énantiomères de façon à prescrire un médicament optiquement pur (une seule forme énantiomorphe pour le principe actif). Les composés dont les deux énantiomères ont des propriétés thérapeutiques identiques ne posent évidemment aucun problème. Leur fabrication sous une seule forme énantiomérique ou leur séparation ne présenterait aucun avantage. Ceux pour lesquels les propriétés des deux énantiomères se distingueraient uniquement d'un point de vue quantitatif ne posent guère plus de problèmes : l'un des deux énantiomères sera simplement plus efficace que le second qui jouera le simple rôle de diluant.

Un énantiomère est-il «supérieur» à un racémique ? Les choses ne sont évidemment pas simples dans l'éventualité où les deux énantiomères d'un même composé ont des propriétés qualitativement différentes. Il n'est pas rare, en effet, qu'une même molécule puisse être physiologiquement polyvalente, à la fois analgésique et antirhumatismale par exemple. Sous forme dédoublée, un seul des énantiomères serait plus particulièrement

rement analgésique et l'autre plus spécifiquement antirhumatismal. Dans ce dernier cas, un dédoublement peut s'imposer car les patients peuvent présenter diverses sensibilités aux effets secondaires. Par exemple, parmi les anti-histaminiques, la terféndine (Teldane), commercialisée sous forme racémique, engendre comme effets secondaires vertiges et dessèchement de la bouche tandis que l'énantiomère S ne produit pas ces désagréments. L'ibuprofen, contenu dans l'anti-inflammatoire Brufen, doit son efficacité au seul énantiomère S tandis que l'isomère R est totalement inactif. Cependant, l'isomère R est converti en isomère S par notre organisme ! Il n'est donc peut-être pas d'un grand intérêt thérapeutique de prescrire des médicaments contenant uniquement le S-ibuprofen. Toutefois certains services commerciaux cherchent à convaincre le public que S correspond à une "Super molécule" pensant ainsi justifier des prix de vente plus élevés ! L'hypertenseur Néбиволол est, quant à lui, un bon exemple de composé pour lequel les deux énantiomères ont des actions pharmacologiques complémentaires. Tandis que le (+) Néбиволол est un agent β -bloquant, le (-) Néбиволол est un agent vaso-dilatant. Ainsi, en soulageant l'hypertension par deux principes actifs différents, le racémique est nettement supérieur à l'une des deux formes énantiomériques.

Souvent, les industriels font remarquer que le dédoublement des racémiques est bénéfique au patient dans le cas où l'efficacité du seul énantiomère actif est telle (comparée à celle du racémique) qu'il est possible de diminuer la posologie par deux. Les chances d'apparition des effets secondaires sont d'autant plus faibles que le patient consomme moins de principe actif. Cependant, cet avis ne fait pas l'unanimité. En l'absence actuelle de toute règle internationalement acceptée, les compagnies pharmaceutiques font souvent elles-mêmes leur choix selon des critères presque exclusivement économiques. Certaines préfèrent la commercialisation d'un racémique à moindre coût ; d'autres ont vu, dans la vente de composés énantiomériques, un avantage commercial certain en termes d'extension de brevets. En obtenant et/ou vendant un brevet sur un énantiomère de leur propre molécule

commercialisée, les groupes pharmaceutiques obtiennent une extension exclusive de leur part de marché. Ils peuvent promouvoir les formes énantiomériques tandis que d'autres firmes produisent seulement le racémique. De plus, en 1992, on estimait qu'il fallait environ 3 ou 4 ans et 3 millions de dollars pour passer de la synthèse d'un racémique à une synthèse univoque conduisant à un seul des énantiomères, comparé à 10 à 12 ans et 240 millions de dollars pour commercialiser une nouvelle entité chimique [8]. On comprend l'intérêt de plus en plus grand porté par les groupes pharmaceutiques à la synthèse asymétrique.

La synthèse asymétrique, c'est-à-dire la synthèse d'une molécule chirale sous une seule forme énantiomérique, n'est pas cependant la seule voie d'accès aux énantiomères désirés, mais ses avantages sont nombreux. Transformer des produits biologiques est onéreux compte tenu du coût de la matière première. Dans la plupart des cas, séparer deux énantiomères élimine la moitié du produit. Enfin, la mise en œuvre des acteurs utilisés par la nature pour ses propres synthèses asymétriques (les enzymes) n'est pas encore très développée. Actuellement, la seule voie rationnelle et économique est et reste donc la synthèse asymétrique.

Conclusion

Le phénomène de chiralité relève de multiples disciplines scientifiques comme la chimie organique, la cristallographie, la biologie. La chiralité est devenue un enjeu très important pour l'industrie pharmaceutique et la catalyse asymétrique est depuis ces dernières années un des domaines de recherche dont le développement est des plus remarquables. Actuellement, on teste de nouvelles techniques de séparation et de synthèse d'énantiomères. Mais, sera-t-il bientôt possible de séparer deux antipodes optiques d'une façon simple, rapide et exclusive de façon à ne conserver que l'énantiomère désiré ? Comprendrons-nous un jour la sélection stéréochimique qui est à l'origine de la vie sur Terre ? L'histoire des sciences nous enseigne que les questions posées trouvent rarement

leurs réponses là où on les attendait. L'essentiel est qu'on les trouve, mais encore faut-il s'y préparer. D'ailleurs Pasteur ne disait-il pas «*Dans le champ de l'observation, le hasard ne favorise que les esprits préparés*» ?

Références

- [1] Ruhla C., Comment faire de la pluridisciplinarité ? L'asymétrie droite-gauche, *Bulletin de l'Union des Physiciens*, **1980**, 74, 620, p. 410-421.
- [2] Brunner H., *Chemie geht alle an, Schriftenreihe des Fonds der Chemischen Industrie*, **1984**.
- [3] Kagan H., La catalyse asymétrique, *Pour la Science*, **1992**, 172, p. 42-49.
- [4] Guiffre P., Le mystère des senestres, *Pour la Science*, **1994**, 195, p. 84-88.
- [5] Jacques J., *La molécule et son double*, Paris, Hachette, **1992**.
- [6] Brunner H., Catalyse asymétrique à l'aide de complexes de métaux de transition, *Kontakte (Merck)*, **1981**, 3, p. 3-11.
- [7] Pasteur L., *Ecrits scientifiques et médicaux*, Paris, GF-Flammarion, **1994**.
- [8] a) Stinson S.C., Chiral drugs, *Chemical & Engineering News*, september 28, **1992**, 46-79.
b) Stinson S.C., Chiral drugs, *Chemical & Engineering News*, september 19, **1994**, p. 38-72.

Remerciements

Nous tenons à remercier A. Pacault, professeur émérite à l'université de Bordeaux I, J. Tirouflet, professeur émérite à l'université de Bourgogne ainsi que les professeurs H. Brunner, R. Guillard et P. Braunstein pour leurs nombreux conseils et l'aide qu'ils nous ont apportés.

Notes

- 1 Énantiomères : se dit de deux objets images l'un de l'autre dans un miroir et non superposables.
- 2 Hélice α : enroulement en sens inverse des aiguilles d'une montre lorsqu'on parcourt l'hélice dans le sens ascendant.
- 3 Configuration : une des deux formes objet et image que peut adopter en théorie la molécule.

Oxydes de nickel et terres rares de structures perovskite et apparentées à propriétés originales

Philippe Lacorre* chargé de recherche

La découverte, en 1986, de supraconducteurs à haute température critique [1] a suscité un regain d'intérêt et d'effort pour l'étude et la compréhension des propriétés métalliques des oxydes de cuivre, et plus généralement des oxydes d'autres métaux de transition. Parmi ceux-ci, certains oxydes mixtes de nickel (élément voisin du cuivre dans le tableau périodique) qui ont des structures cristallines de même type que celles des cuprates supraconducteurs, perovskite ou apparentées, ont fait l'objet de nombreuses études. Cet article présente les résultats les plus significatifs de quelques unes de ces études, concernant les perovskites $RNiO_3$ et les oxydes en couches $R_4Ni_3O_{10-\delta}$ (R = terre rare).

Composés du nickel III : les perovskites $RNiO_3$ (R = La, Pr, Nd, Sm, Eu)

Il est à noter que c'est sur des composés de cette famille que Bednorz et Müller avaient débuté leur quête de nouveaux oxydes supraconducteurs [1b], avant de s'intéresser aux cuprates synthétisés par l'équipe de B. Raveau à Caen [2]. La plupart des perovskites $RNiO_3$ (R=terre rare) sont connues depuis le début des années 70 [3]. Tous ces composés, sauf $LaNiO_3$ qui adopte la symétrie rhomboédrique, présentent une distorsion orthorhombique (groupe d'espace $Pbnm$, figure 1) par rapport à la structure perovskite idéale cubique. La nature des distorsions observées dans des structures de type perovskite dépend, entre autres, de l'encombrement stérique des cations et anions du réseau cristallin. Goldschmidt [4] a défini, à partir des rayons ioniques, un facteur de tolérance

$$t = \frac{r_A + r_X}{\sqrt{2}(r_B + r_X)}$$

qui permet de déterminer dans quel domaine une structure

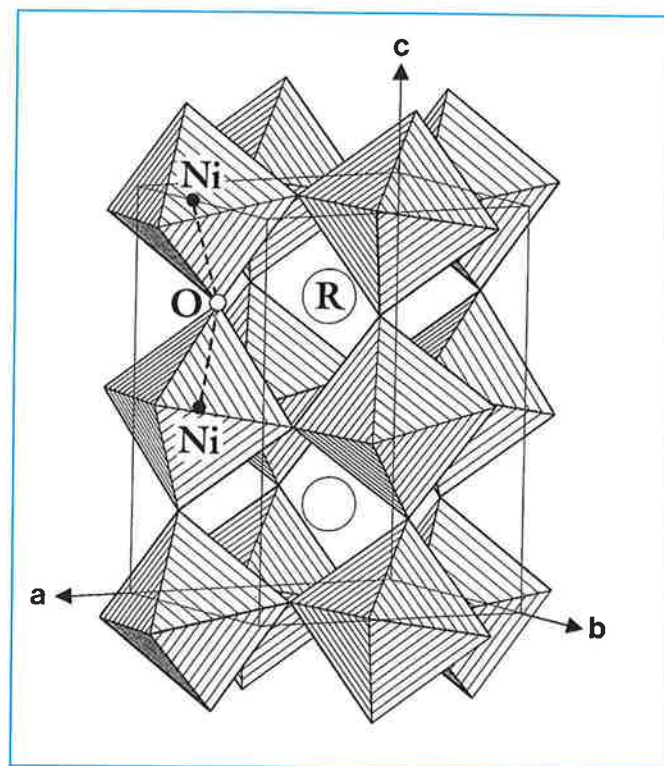


Figure 1 - Distorsion orthorhombique de la structure perovskite, adoptée par les nickelates $RNiO_3$, où R est une terre rare autre que le lanthane. La petite taille de la terre rare induit une distorsion de la charpente octaédrique, avec des angles Ni-O-Ni différents de 180° .

ABX_3 de type perovskite peut exister ($0,75 < t < 1$), ainsi que le type de distorsion. Pour $t=1$, la structure est idéale, de symétrie cubique. Lorsque t est inférieur à 1, mais proche de 1, la distorsion est rhomboédrique : c'est le cas de $LaNiO_3$. Si t est plus petit, comme dans $RNiO_3$ avec $R=Pr-Lu$, la distorsion est de type orthorhombique et d'autant plus marquée que t est plus faible, donc le rayon de R est plus petit. La diminution du rayon de la terre rare s'accompagne donc d'un accroissement de la distorsion de la structure caractérisée par une diminution de l'angle Ni-O-Ni.

Mis à part $LaNiO_3$, préparé sous pression atmosphérique et bien connu pour son comportement métallique (paramagnétisme de Pauli [5]), les propriétés physiques des autres membres de la série étaient très mal connues jusqu'à ces dernières années, probablement en raison des conditions extrêmes de synthèse (à $900^\circ C$ sous 60 kbar d'oxygène). Les

* Prix 1993 de la division Chimie du solide de la Société Française de Chimie.

Laboratoire des fluorures, URA CNRS 449, Université du Maine, 72017 Le Mans Cedex. Tél. : 43.83.33.50. Fax : 43.83.35.06.

courbes de susceptibilité magnétique de YNiO_3 et LuNiO_3 laissaient cependant supposer l'existence d'un ordre antiferromagnétique à basse température dans ces composés, et donc une localisation électronique [3]. Le passage d'un comportement métallique à un comportement plus isolant en réduisant le rayon ionique de la terre rare de $R=\text{La}$ à $R=\text{Y}$ rendait intéressante l'étude des propriétés électriques des composés de terre rare à rayon ionique intermédiaire [6].

De fait, il s'est avéré possible de préparer les premiers membres de la série ($R = \text{Pr}$ pour la première fois, Nd , Sm , Eu), sous une pression d'oxygène beaucoup plus modérée (~ 150 bar) à 1000°C , en partant de nitrates décomposés thermiquement. Ces conditions de synthèse plus accessibles ont permis l'obtention de produits en quantité suffisante (plusieurs grammes) pour autoriser une étude approfondie des propriétés structurales et physiques de ces matériaux.

Propriétés électriques

Les mesures de conductivité électrique ont révélé un comportement thermique très intéressant de ces composés: la présence d'une transition abrupte métal/isolant à des températures d'autant plus élevées que le rayon de la terre rare est plus petit (135 K , 201 K , 403 K pour $R=\text{Pr}$, Nd , Sm , respectivement [7] (figure 2a).

Ce comportement s'interprète naturellement dans le cadre d'un modèle introduit par Zaanen, Sawatzky et Allen (modèle ZSA [8]) pour rendre compte des propriétés métalliques observées pour certains oxydes de métaux de transition, par

exemple. Selon ce modèle, deux paramètres énergétiques U et Δ déterminent la conduction électrique de ces matériaux. Ils représentent l'écart énergétique entre l'orbitale inoccupée du cation métallique d'énergie la plus basse et l'orbitale occupée du même cation d'énergie la plus haute d'une part (paramètre U), et l'écart énergétique entre la même orbitale cationique inoccupée et les orbitales $2p$ pleines de l'oxygène d'autre part (paramètre Δ). La valeur de ces paramètres dépend donc des positions relatives de ces orbitales. Si U (ou Δ) est nul, ou inférieur à une valeur critique de

l'ordre de la largeur de bande W , le recouvrement des orbitales pleines et vides autorise le transfert électronique, et le composé doit être conducteur. Selon ce modèle, deux types de conducteurs électriques peuvent donc exister : les conducteurs à faible U , pour lesquels le chemin de conduction ne concerne que les cations métalliques, et les conducteurs à faible Δ , pour lesquels l'oxygène participe également au chemin de conduction. Si U et Δ sont tous deux supérieurs à W , le composé doit être isolant, de type transfert de charge si $\Delta < U$, ou de type Mott-Hubbard si $\Delta > U$.

Une manière simple d'estimer les valeurs de U et Δ consiste à se placer dans le cadre d'un modèle purement ionique, et de calculer l'énergie nécessaire pour transférer un électron d'un site métallique au site métallique voisin (paramètre U) ou d'un site métallique au site métallique voisin (paramètre Δ) [9]. Ce calcul fait intervenir l'énergie d'ionisation de l'oxygène O^{2-} , l'affinité électronique et le potentiel d'ionisation du cation métallique, dont les valeurs sont normalement connues et répertoriées, ainsi que les potentiels de site de Madelung et un terme d'attraction coulombienne qui peuvent être déterminés à partir de la structure cristalline du composé. Des calculs de ce type [9] ont été entrepris pour un certain nombre d'oxydes d'éléments de transition, métalliques ou isolants, dont en particulier les pérovskites RNiO_3 . Le résultat est présenté sur la figure 3, sous la forme d'un diagramme $U-\Delta$. On note que les

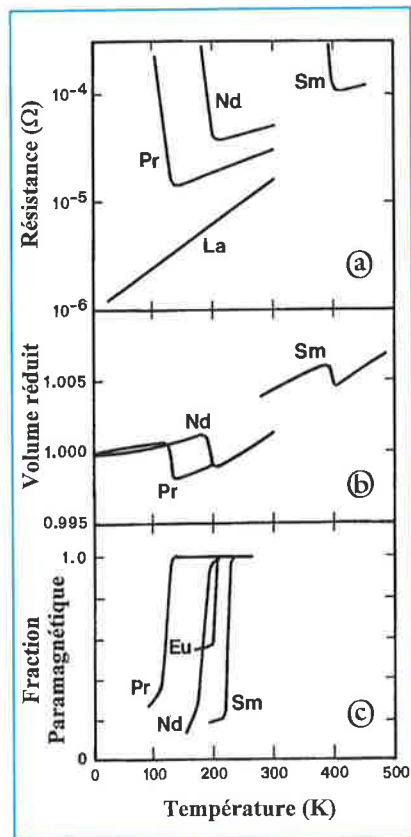


Figure 2 - Evolution thermique des propriétés physiques de RNiO_3 ($R = \text{La}$, Pr , Nd , Sm , Eu), d'après [14] : a) résistance électrique, b) volume de maille réduit, c) fraction paramagnétique mesuré par μSR .

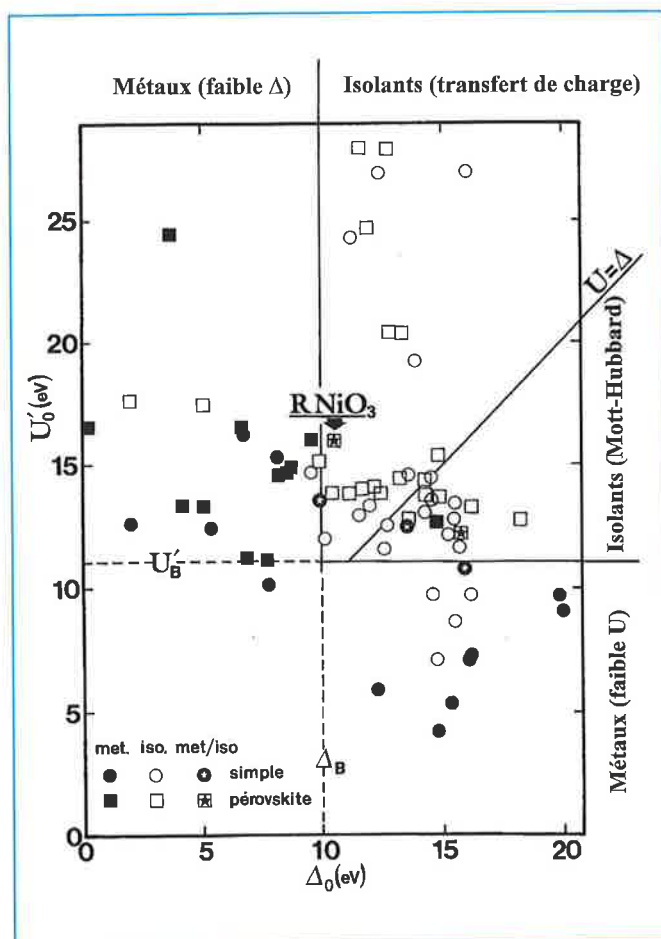


Figure 3 - Positionnement, dans un diagramme $U_0-\Delta_0$ de type ZSA, des points représentatifs d'une série d'oxydes métalliques, isolants ou présentant une transition métal/isolant, dont les coordonnées ont été calculées à partir d'un modèle ionique simple (d'après [9], voir texte). Le point représentatif des pérovskites RNiO_3 se situe à la frontière entre domaines métallique et isolant de type transfert de charge.

oxydes isolants et métalliques se répartissent effectivement dans les zones du diagramme correspondantes, à quelques exceptions près. De plus, les composés présentant des transitions métal/isolant se situent dans des régions intermédiaires. Cette étude montre donc la justesse du modèle ZSA pour l'interprétation des propriétés métalliques des oxydes. De plus elle fournit, grâce à un modèle ionique élémentaire pouvant servir de point de départ pour des études plus raffinées incluant divers termes correctifs, une manière simple d'évaluer les grandeurs énergétiques fondamentales qui contrôlent ces propriétés.

L'exemple des perovskites RNiO_3 est caractéristique, puisque leur point représentatif dans le diagramme se situe juste à la frontière Δ_B entre isolants de type transfert de charge et conducteurs de type faible Δ . L'influence de la terre rare R sur la position du point représentatif dans le diagramme est minimale. Par contre, le paramètre W de largeur de bande en dépend. En effet, la distorsion du réseau perovskite occasionnée par une diminution du rayon de la terre rare entraîne une diminution de l'angle Ni-O-Ni (figure 1), qui contrôle le recouvrement des orbitales de l'oxygène et du nickel : le recouvrement est d'autant plus important que cet angle est proche de 180° , et il diminue lorsque l'angle décroît. Ce comportement est équivalent à une diminution de la largeur de bande W, et donc de la valeur de la frontière Δ_B entre métal et isolant. On peut ainsi penser que, pour LaNiO_3 , Δ_B est suffisamment élevée pour inclure ce composé dans la zone métallique. Lorsque l'on remplace le lanthane par une terre rare plus petite, la distorsion orthorhombique du réseau perovskite entraîne une diminution de W, et corrélativement de Δ_B , laissant le point représentatif de RNiO_3 en deçà de Δ_B , dans la zone «isolant à transfert de charge» du diagramme. La substitution du lanthane par une terre rare plus petite entraîne donc l'apparition d'un «gap» de type transfert de charge entre orbitales 2p pleine de l'oxygène et orbitale vide du nickel, le composé devenant isolant ou semi-conducteur.

Des études complémentaires de diffraction neutronique à basse température (ILL Grenoble), puis de diffraction X à haute température (Laboratoire des fluorures) ont montré que la transition électrique s'accompagne d'une légère, mais abrupte et nette augmentation du volume de maille d'environ 0,2 % à la transition vers l'état isolant (figure 2b), due à une augmentation d'environ 0,004 Å des distances Ni-O durant la localisation électronique [10]. La charpente perovskite de la structure réagit à cette variation par une légère rotation des octaèdres $[\text{NiO}_6]$, qui n'en modifie pas la symétrie orthorhombique.

Propriétés magnétiques

L'étude de diffraction neutronique à basse température a également montré que la transition métal→isolant s'accompagne, dans PrNiO_3 et NdNiO_3 , d'une brusque mise en ordre du moment du nickel III (spin faible) selon une structure magnétique totalement inédite pour une perovskite [11]. La périodicité magnétique implique un quadruplement de tous les paramètres par rapport à la sous-maille pseudo-cubique de base (vecteur de propagation $k = (1/2, 0, 1/2)$ par rapport à la maille orthorhombique). La structure magnétique est constituée de doubles rubans en zigzag de spins en arrangement

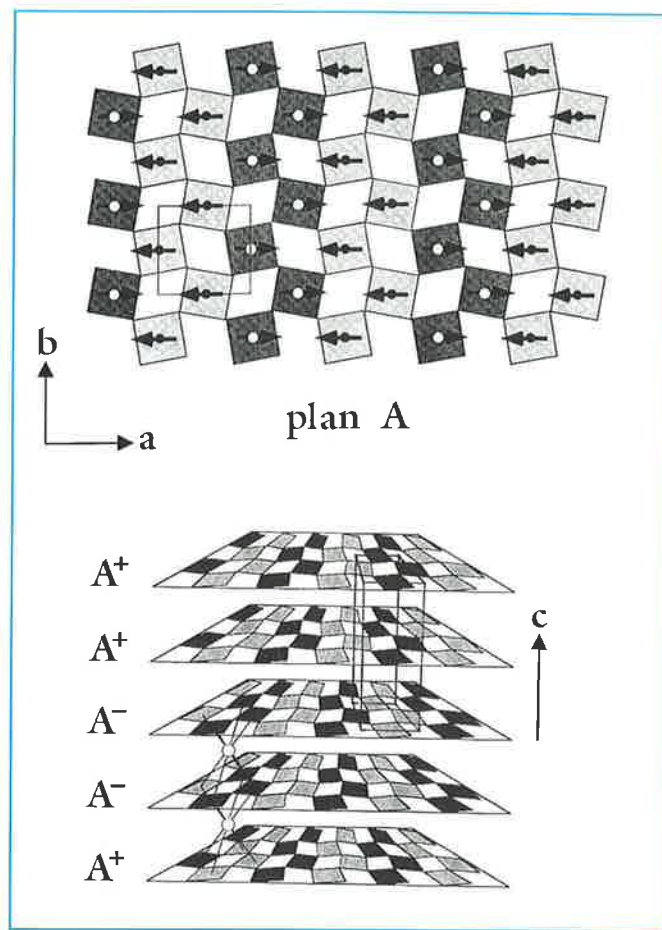


Figure 4 - Structure magnétique du sous-réseau de nickel dans PrNiO_3 et NdNiO_3 (d'après [11]). Les carrés gris clair et gris foncé schématisent des orientations opposées de spins. La maille cristalline est représentée, ainsi que les environnements magnétiques différents de la terre rare, suivant que celle-ci est située entre deux plans identiques ou opposés des spins de nickel.

ferromagnétique, couplés AF avec les rubans voisins (figure 4, haut). La structure magnétique peut être décrite comme la superposition suivant l'axe c de deux types de plans A^+ et A^- (avec spins de direction opposée à ceux de A^+) dans l'ordre $A^+A^-A^-A^+A^+A^-A^-...$ (figure 4, bas). Un tel arrangement ne correspond à aucune configuration magnétique répertoriée jusqu'à présent sur un réseau perovskite. La coexistence d'interactions F et AF suggère l'existence d'un superréseau orbital, résultant de la levée de dégénérescence de l'état $t_{2g}^6 e_g^1$ du Ni^{III} due à des corrélations électroniques. Cependant, la distorsion de l'octaèdre de coordination du nickel occasionnée par cette levée de dégénérescence doit être trop faible pour être mise en évidence par les techniques de diffraction actuelles.

Dans PrNiO_3 , l'ion Pr^{3+} ne s'ordonne pas magnétiquement, en raison de l'état singulet de ce cation. Par contre, dans NdNiO_3 , les cations Nd^{3+} s'ordonnent magnétiquement en dessous de 20 K, au moins partiellement. La faiblesse des interactions antiferromagnétiques Nd-Ni par rapport aux interactions Ni-Ni explique en partie l'importante différence de température d'ordre entre les deux sous-réseaux magnétiques. D'autre part, la structure magnétique très particulière du sous-réseau du nickel induit un arrangement original des spins du néodyme, par comparaison avec des composés plus conventionnels comme Nd_2NiO_4 , par exemple [12]. Dans NdNiO_3 , la moitié des cations Nd^{3+} s'ordonne tandis que l'autre moitié

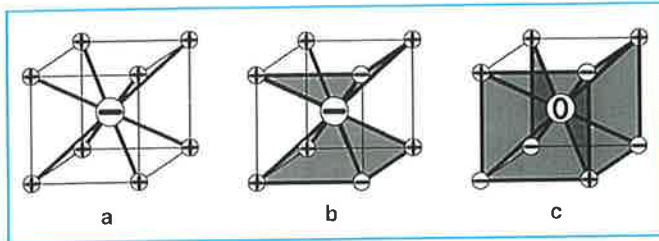


Figure 5 - Schéma d'interactions magnétiques de superéchange à l'intérieur d'une cage de type perovskite. Les traits fin et épais représentent des interactions ferro- et antiferromagnétiques, respectivement. Trois cas de figures plus ou moins frustrés ont été représentés (les plaquettes triangulaires frustrées sont grisées) : a) cas non frustré, hypothétique ; b) 4 plaquettes triangulaires sur 12 sont frustrées (cas de Nd entre A⁺A⁺ ou A⁻A⁻ dans NdNiO₃, Nd s'ordonnant magnétiquement) ; c) 8 plaquettes triangulaires sur 12 sont frustrées (cas de Nd entre A⁺A⁻ dans NdNiO₃, Nd ne s'ordonnant pas magnétiquement).

reste désordonnée, au moins jusqu'à 1,5 K. L'élément déterminant est ici l'environnement magnétique du néodyme. Or deux cas de figure se produisent (figure 4, bas) : le néodyme peut se trouver entre deux couches magnétiques identiques du sous-réseau de nickel (A⁺A⁺ ou A⁻A⁻) ou entre deux couches différentes (A⁺A⁻). Dans le premier cas, le champ d'échange vu par le néodyme a une composante non nulle, impliquant une mise en ordre magnétique à basse température, dans le second cas, la composante est nulle et le néodyme ne peut s'ordonner magnétiquement. Une autre manière de considérer le problème est de raisonner en terme de frustration magnétique. Le néodyme participe, avec ses huit voisins nickel, à 12 cycles (plaquettes) triangulaires d'interactions soit ferromagnétiques, soit antiferromagnétiques. Dans un cas purement hypothétique où toutes les interactions Ni-Ni seraient ferromagnétiques (figure 5a), aucune des plaquettes triangulaires ne serait frustrée (car elles contiendraient toutes un nombre pair d'interactions AF : deux). Dans NdNiO₃, si Nd se trouve entre couches identiques (A⁺A⁺ ou A⁻A⁻), 4 des 12 plaquettes sont frustrées (figure 5b), et si Nd se situe entre couches différentes (A⁺A⁻), 8 plaquettes sur 12 sont frustrées (figure 5c). Or il est bien connu que, d'une manière générale, la frustration abaisse la température d'ordre magnétique. C'est ce que l'on observe effectivement lors de simulations numériques des deux cas de figure précédents, simulations effectuées à l'aide du programme MCMAG [13] : la température d'ordre magnétique du néodyme est d'autant plus basse que la frustration est plus importante, le moment du néodyme ne s'ordonnant pas dans le cas le plus frustré (figure 6). Ce résultat est en très bon accord avec les mesures de thermodiffraction neutronique [11].

Des mesures de rotation de spin de muons positifs (figure 2c) à TRIUMF (Canada) et de calorimétrie différentielle (DSC) ont permis de préciser [14] le diagramme de phase électrique/magnétique de RNiO₃ (figure 7). La transition magnétique, qui est corrélée à (induite par) la transition électrique dans PrNiO₃ et NdNiO₃, en est dissociée dans SmNiO₃ et EuNiO₃.

Une série d'expériences de spectroscopie d'absorption X [15] a confirmé l'état trivalent du nickel dans ces composés, contrairement à ce qui est observé dans les composés dopés Li_xNi_{1-x}O [16] et La_{2-x}Sr_xNiO_{4+δ} [17]. Elles ont montré le caractère partiellement covalent du nickel III dans RNiO₃, cela même dans l'état isolant. Cependant, des ambiguïtés subsistent dans l'interprétation de certains de ces résultats.

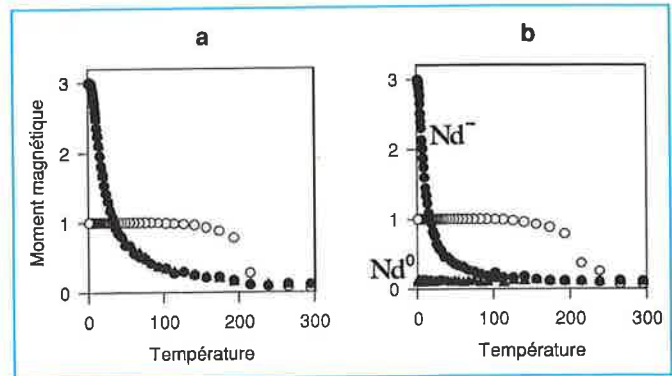


Figure 6 - Résultats de simulations (programme MCMAG [13], sur Silicon Graphics Indigo) de la mise en ordre magnétique des ions A (ou terre rare R, en noir) et B (ou nickel, en blanc) d'une perovskite ABX₃ : a) cas non frustré (topologie correspondant à la figure 5a) ; b) cas frustré, correspondant à la situation rencontrée dans NdNiO₃. Nd⁻ et Nd⁰ correspondent aux situations décrites aux figures 5b et 5c, respectivement.

Paramètres des simulations : interactions B-B (Ni-Ni) = ± 50 K, interactions A-B (Ni-Nd) = -0,5 K, interactions B-B = 0, moments A (Ni) = 1μ_B, moments B (Nd) = 3μ_B, type Ising, échantillon de 256 unités formulaires ABX₃ ; 600 cycles Monte-Carlo par température.

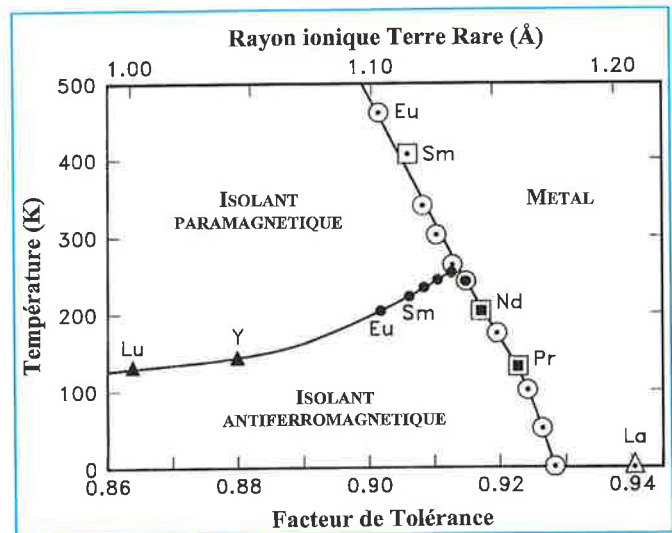


Figure 7 - Diagramme de phase électrique/magnétique de RNiO₃ en fonction du facteur de tolérance (facteur de Goldschmidt) ou, de manière équivalente, du rayon ionique de la terre rare R (d'après [14], les données étant extraites de [3,7,14]).

D'autres travaux effectués dans divers laboratoires européens et américains afin de mieux cerner les propriétés de ces composés, ont fait l'objet de publications. A signaler, par exemple, l'étude des propriétés de transport et de l'hystérèse à la transition M/I dans PrNiO₃ [18,19], ou du comportement électrique sous pression de quelques membres de la série [20,21]. Ces études montrent le caractère électronique des porteurs dans ces composés, ainsi que la vulnérabilité de la transition métal/isolant qui peut être supprimée par l'application de pressions modérées (disparition de la phase isolante).

Composés du nickel (+1, +2, +3) : les oxydes R₄Ni₃O_{10-δ} (R = La, Pr, Nd, δ = 0, 1, 2)

Deux caractéristiques structurales des oxydes de cuivre supraconducteurs sont, d'une part, la bidimensionalité du

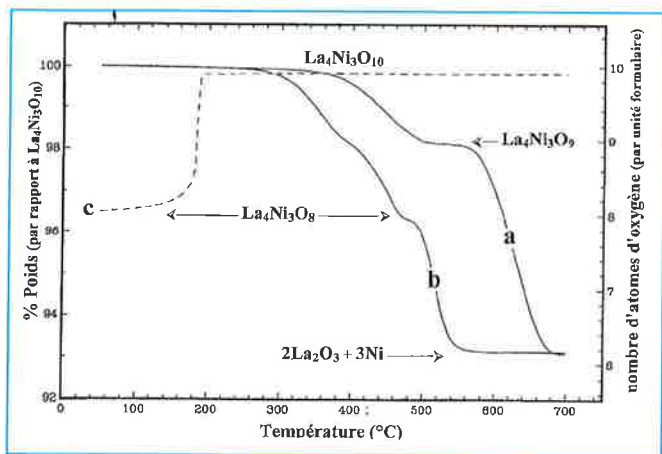


Figure 8 - Analyse thermogravimétrique de $\text{La}_4\text{Ni}_3\text{O}_{10}$ sous hydrogène (a) et hydrogène dilué (b), et de $\text{La}_4\text{Ni}_3\text{O}_8$ sous oxygène (c) (d'après [24]).

réseau de cuivre supraconducteur, d'autre part la coordination des atomes de cuivre, inférieure ou égale à 6. De plus, dans les supraconducteurs dopés trous, le cuivre se trouve dans un degré d'oxydation mixte +2/+3 et une configuration électronique d^9/d^8 . Afin de tester le rôle prépondérant du cuivre dans l'apparition de la supraconduction, une idée consiste à essayer de stabiliser des oxydes de nickel à valence mixte $\text{Ni}^{+1}/\text{Ni}^{+2}$ (d^9/d^8 donc isoélectronique de $\text{Cu}^{+2}/\text{Cu}^{+3}$) avec des structures similaires à celles des cuprates supraconducteurs dopés-trous. Les composés $\text{R}_4\text{Ni}_3\text{O}_{10}$, de la série type Ruddlesden-Popper [22] à triple couche perovskite et valence mixte $\text{Ni}^{+2}/\text{Ni}^{+3}$ [23], semblaient de bons précurseurs, leur réduction pouvant entraîner une diminution à la fois du degré d'oxydation du nickel et de sa coordination (comme dans les supraconducteurs au cuivre). De fait [24], la réduction de ces composés (R=La, Pr, Nd) sous hydrogène à basse température (figure 8) entraîne la

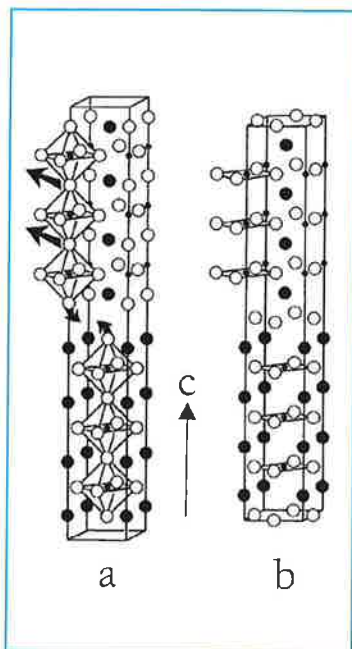


Figure 9 - Structure cristalline de $\text{R}_4\text{Ni}_3\text{O}_{10}$ (a) et de $\text{R}_4\text{Ni}_3\text{O}_8$ (b), avec R = La, Pr, Nd. La réduction a entraîné le départ des oxygènes apicaux de la couche perovskite centrale, et la migration des oxygènes apicaux extérieurs de la triple couche.

perte de deux atomes d'oxygène par unité formulaire (avec palier intermédiaire pour R=La). Cette réduction s'accompagne d'une diminution drastique de l'axe cristallographique d'empilement des couches d'environ 2 Å. Une étude par diffraction des rayons X a permis de montrer que les atomes partants sont les deux oxygènes apicaux de part et d'autre du plan NiO_2 central d'un triple feuillet (figure 9). Corrélativement, les deux oxygènes apicaux restants migrent au cours de la réduction, laissant le nickel (en valence mixte +1/+2) en coordination 4.

La structure de $\text{R}_4\text{Ni}_3\text{O}_8$ est donc constituée d'un empilement de triples

couches $[\text{NiO}_2]$ avec nickel en coordination plan carré, les atomes d'oxygène formant un empilement cubique distordu comme dans la structure fluorine. De la même manière que $\text{R}_4\text{Ni}_3\text{O}_{10}$ est membre de la série de Ruddlesden-Popper $\text{A}_{n+1}\text{B}_n\text{O}_{3n+1}$, $\text{R}_4\text{Ni}_3\text{O}_8$ peut être considéré comme membre d'une nouvelle série structurale $\text{A}_{n+1}\text{B}_n\text{O}_{2n+2}$. En fait, on peut être tenté de regrouper ces deux familles structurales en une «superfamille» de formulation $\text{A}_{n+1}\text{B}_n\text{O}_{(2+p)n+(2-p)}$, où n représente le nombre de couches BO_2 superposées successives, et p la présence (p=1) ou l'absence (p=0) d'atomes d'oxygène apicaux (figure 10). Chaque membre de cette superfamille peut alors être désigné par le couple (n, p) correspondant. Les deux membres origine de cette double série, (1, 0) et (1, 1), ont même formulation A_2BO_4 et ne sont autres que les structures T' et T, prototypes des supraconducteurs monocouche au cuivre, dopés électrons et trous, respectivement. La série de Ruddlesden-Popper (n, 1) se rencontre dans plusieurs métallates de terres rares et d'alcalino-terreux. Ces composés à nombre fini de couches perovskites successives sont d'autant plus difficiles à obtenir que n est plus élevé, et pour $n \geq 4$, le nombre de défauts observés devient important [25]. L'autre membre limite de cette série ($\infty, 1$) est la très fameuse structure perovskite évoquée précédemment. Son vis-à-vis dans la série (n, 0) est ($\infty, 0$), la structure communément appelée «infinite layer», dont des représentants ont été isolés dans les cuprates

$\text{A}_{n+1}\text{B}_n\text{O}_{(2+p)n+(2-p)}$				
p \ n	1	2	3	∞
0	T'- Nd_2CuO_4 	? 		'infinite layer'
1	T- La_2CuO_4 			pérovskite

Figure 10 - Classification des oxydes en couches, en fonction du nombre n de couches superposées BO_2 insérées entre deux tranches AO, et du type des couches p (p = 0 : couches plan carré; p = 1 : couches perovskite).

$\text{Ca}_{1-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_2$ [26] et $\text{Sr}_{1-x}\text{R}_x\text{CuO}_2$ ($\text{R}=\text{Pr}, \text{Nd}$) [27] et le nickelate LaNiO_2 [28]. La structure (2, 0) n'a pour le moment pas encore été observée. Il est à noter cependant qu'une formulation identique à (2, 0) est adoptée par le composé $\text{La}_2\text{SrCu}_2\text{O}_6$ [29], mais sa structure se caractérise par l'existence d'oxygènes apicaux participant au polyèdre de coordination du cuivre (coordination pyramidale). Les tentatives de réduction de $\text{La}_3\text{Ni}_2\text{O}_7$ (2, 1) n'ont conduit qu'à une réduction partielle $0 < p < 1$ [24, 30]. D'une manière générale, des valeurs intermédiaires de p comprises entre 0 et 1 sont possibles pour tous les membres de la série, avec lacunes plus ou moins ordonnées sur le réseau d'oxygène (comme, par exemple, dans les perovskites réduites $\text{ABO}_{2.5}$ ou dans le composé à couche triple $\text{La}_4\text{Ni}_3\text{O}_9$ évoqué précédemment ($p=0,5$)). Finalement, mis à part les composés limites $n=1$ et $n=\infty$, les seuls membres de la série ($n, 0$) connus jusqu'à présent sont les nickelates $\text{R}_4\text{Ni}_3\text{O}_8$ ($n=3$).

Le passage de $\text{R}_4\text{Ni}_3\text{O}_{10}$ à $\text{R}_4\text{Ni}_3\text{O}_8$ est réversible par réduction/oxydation sous hydrogène/oxygène (figure 8). Tous ces composés sont de couleur noire. Les formes oxydées $\text{R}_4\text{Ni}_3\text{O}_{10}$ ($\text{R}=\text{La}, \text{Pr}, \text{Nd}$) ont un comportement métallique, avec un accident déjà signalé [31] dans la courbe de conduction électrique vers 150 K. Les composés réduits $\text{R}_4\text{Ni}_3\text{O}_8$ sont semi-conducteurs. Ils sont stables à l'air à température ambiante.

Conclusion

L'utilisation de méthodes de synthèse autres que les méthodes standard de la chimie du solide permet l'obtention de matériaux à structures et propriétés inhabituelles. Les résultats des études sur les oxydes de nickel, qui ont été résumés dans cet article, en fournissent deux exemples. On peut noter que les composés ayant fait l'objet de ces études sont des oxydes binaires de formulation très simple (RNiO_3 et $\text{R}_4\text{Ni}_3\text{O}_8$), et cela laisse quelque espoir qu'un champ non négligeable reste encore à explorer.

Parallèlement, l'étude des nickelates présentés ici doit être poursuivie. Dans la famille des perovskites RNiO_3 , un des points importants restant à éclaircir concerne l'origine de la structure magnétique très particulière de PrNiO_3 et NdNiO_3 . Dans ces composés, la transition métal/isolant qui induit la transition magnétique pourrait jouer un rôle non négligeable dans la nature de l'ordre magnétique. Si c'est effectivement le cas, un ordre magnétique différent, plus conventionnel, devrait être observé dans les composés pour lesquels transition électrique et transition magnétique sont dissociées, les perovskites de terres rares de rayon ionique inférieur, comme SmNiO_3 , EuNiO_3 ou YNiO_3 . Le problème est alors double : d'une part, la synthèse de ces composés est d'autant plus difficile que le rayon ionique de la terre rare est petit, d'autre part les isotopes naturels de ces terres rares absorbent considérablement les neutrons, or la diffraction neutronique est la technique de choix pour la détermination des structures magnétiques. Une solution à ce dernier problème réside en l'utilisation d'oxydes de ^{154}Sm et ^{153}Eu , les isotopes de ces éléments qui absorbent le moins les neutrons. Une étude par diffraction neutronique des composés $^{154}\text{SmNiO}_3$ et $^{153}\text{EuNiO}_3$ est actuellement en cours [32]. Une étude des phases $\text{R}_4\text{Ni}_3\text{O}_{10-\delta}$ par diffraction neutronique et microscopie électronique est également en cours [33].

Remerciements

Je tiens à remercier chaleureusement tous les collègues qui ont participé, à titres divers, à l'accomplissement de ces travaux, et plus particulièrement le Professeur G. Férey (Laboratoire des Fluorures), ainsi que M. A.I. Nazzal et le docteur J.B. Torrance, du Laboratoire de recherche d'IBM Almaden (San José, Californie) où ces études ont été initiées lors d'un stage postdoctoral.

Références

- [1] a) Bednorz J.G., Müller K.A., *Z. Phys. B*, **1986**, *64*, p. 189. b) Bednorz J.G., Müller K.A., *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.*, **1988**, *27*, p. 335.
- [2] Michel C., Er-Rakho L., Raveau B., *Mater. Res. Bull.*, **1985**, *20*, p. 667.
- [3] Demazeau G., Marbeuf A., Pouchard M., Hagenmuller P., *J. Solid State Chem.*, **1971**, *3*, p. 582.
- [4] Goldschmidt V.M., *Geochemische Verteilungsgesetze der Elemente VII, VIII*, **1927/28**.
- [5] Goodenough J.B., Raccah P.M., *J. Appl. Phys.*, **1965**, *36*, p. 1031.
- [6] Vassiliou J.K., Hornbostel M., Ziebarth R., Disalvo F.J., *J. Solid State Chem.*, **1989**, *81*, p. 208.
- [7] Lacorre P., Torrance J.B., Pannetier J., Nazzal A.I., Wang P.W., Huang T.C., *J. Solid State Chem.*, **1991**, *91*, p.225.
- [8] Zaanen J., Sawatzky G.A., Allen J.W., *Phys. Rev. Lett.*, **1985**, *55*, p. 418.
- [9] Torrance J.B., Lacorre P., Asavaroenchai C., Metzger R.M., *J. Solid State Chem.*, **1991**, *90*, p.168 ; *Physica C*, **1991**, *182*, p. 351.
- [10] Garcia-Muñoz J.L., Rodriguez-Carvajal J., Lacorre P., Torrance J.B., *Phys. Rev. B*, **1992**, *46*, p. 4414.
- [11] Garcia-Muñoz J.L., Rodriguez-Carvajal J., Lacorre P., *Europhys. Lett.*, **1992**, *20*, p.241 ; *Phys. Rev. B*, **1994**, *50*, p. 978.
- [12] Rodriguez-Carvajal J., Fernandez-Diaz M.T., Martinez J.L., Fernandez F., Saez-Puche R., *Europhys. Lett.*, **1990**, *11*, p. 261.
- [13] Lacorre P., Pannetier J., *J. Magn. Magn. Mat.*, **1987**, *71*, p.63.
- [14] Torrance J.B., Lacorre P., Nazzal A.I., Ansaldo E.I., Niedermayer Ch., *Phys. Rev. B*, **1992**, *45*, p.8209.
- [15] Medarde M., Fontaine A., Garcia-Muñoz J.L., Rodriguez-Carvajal J., de Santis M., Sacchi M., Rossi G., Lacorre P., *Phys. Rev. B*, **1992**, *46*, p. 14975.
- [16] Kuiper P., Kruizinga G., Ghijsen J., Sawatzky G.A., Verweij H., *Phys. Rev. Lett.*, **1989**, *62*, p.221.
- [17] Kuiper P., Van Elp J., Sawatzky J.G.A., Fujimori A., Hosoya S., Leew D.M., *Phys. Rev. B*, **1991**, *44*, p. 4570.
- [18] Granados X., Fontcuberta J., Obradors X., Torrance J.B., *Phys. Rev. B*, **1992**, *46*, p. 15683.
- [19] Xu X.Q., Peng J.L., Li Z.Y., Ju H.L., Greene R.L., *Phys. Rev. B*, **1993**, *48*, p.1112.
- [20] Obradors X., Paulius L., Maple M.B., Torrance J.B., Nazzal A.I., Fontcuberta J., Granados X., *Phys. Rev. B*, **1993**, *47*, p. 12353.
- [21] Canfield P.C., Thompson J.D., Cheong S-W., Rupp L.W., *Phys. Rev. B*, **1993**, *47*, p. 12357.
- [22] Ruddlesden S.N., Popper P., *Acta Crystallogr.*, **1958**, *11*, p. 54.
- [23] Seppänen M., *Scand. J. Metall.*, **1979**, *8*, p. 191.
- [24] Lacorre P., *J. Solid State Chem.*, **1992**, *97*, p. 495.
- [25] Drennan J., Tavares C.P., Steele B.C.H., *Mat. Res. Bull.*, **1982**, *17*, p. 621.
- [26] Siegrist T., Zahurak S.M., Murphy D.W., Roth R.S., *Nature*, **1988**, *334*, p.231.
- [27] Smith M.G., Manthiram A., Zhou J., Goodenough J.B., Markert J.T., *Nature*, **1991**, *351*, p.549.
- [28] Levitz P., Crespin M., Gatineau L., *J. Chem. Soc. Faraday Trans. 2*, **1983**, *79*, p.1195.
- [29] NGuyen N., Er-Rakho L., Michel C., Choisset J., Raveau B., *Mat. Res. Bull.*, **1980**, *15*, p. 891.
- [30] Zhang Z., Greenblatt M., Goodenough J.B., *J. Solid State Chem.*, **1994**, *108*, p. 402.
- [31] Tkalic A.K., Glazkov V.P., Somenkov V.A., Shil'shtein S.Sh., Sverkhprovodimost' (KIAE), **1991**, *4*, p.2380. *Superconductivity*, **1991**, *4*, p. 2280.
- [32] En collaboration avec J. Rodriguez-Carvajal (LLB Saclay) et V. Trounov (Institut de Physique Nucléaire, Gatchina).
- [33] En collaboration avec J. Rodriguez-Carvajal (LLB Saclay) et R. Retoux (URA CNRS 449).

SFC 94

Lyon - Villeurbanne, 26 - 30 septembre 1994

Comptes rendus scientifiques des divisions

Division Enseignement de la chimie

La division avait opté pour une réunion de deux jours (mercredi compris) pour permettre aux enseignants du secondaire de participer à ces journées. Malheureusement, il semble qu'il y ait eu mauvaise communication avec la section locale de l'Union des Physiciens, d'où une participation faible de nos collègues.

La session était axée essentiellement autour de trois activités :

Des conférences

L'objectif des conférences était de montrer :

- l'évolution des programmes de la chimie dans le secondaire ;
- comment, à partir de la rénovation des programmes, il était possible de mieux intégrer la chimie dans la société ;
- comment l'histoire permet de rendre compte de l'image de la chimie au fil des siècles.

La triple orientation de cet objectif a été abordé par l'intermédiaire de trois conférences : G. Montel a parlé des Olympiades nationales de la chimie ; R. Viovy a montré que ces Olympiades avaient permis une nouvelle orientation des programmes et a proposé une approche différente par l'enseignement systémique qui peut aider à décloisonner les disciplines tout en conservant leur spécificité ; B. Bensaude-Vincent, par une conférence brillante, a montré que la quête d'identité de la chimie passe par un rapport conflictuel de la chimie à son passé et un rapport de lutte, de rivalité avec les disciplines voisines.

Des tables rondes

Deux tables rondes en séances plénières avaient été programmées pour faire le lien avec les conférences.

- La première portait sur les nouveaux programmes d'enseignement de la chimie dans l'enseignement secondaire et la formation des maîtres afin d'établir un premier bilan après une première année de mise en œuvre. Elle était animée par J. Jourdan (président de l'Association des Professeurs d'Initiation aux Sciences Physiques), A. Gilles (vice-président de l'Union des Physiciens), J.-M. Lefour, (responsable de la commission des programmes de chimie), A. Dumon (responsable de l'IUFM de Pau), M. Chastrette assurant la présidence de la session.

- La seconde portait sur l'histoire de la chimie dans l'enseignement. Elle était animée par J.-C. Compain, enseignant en

classes préparatoires, G. Bram, de l'université d'Orsay, sous la présidence de B. Bensaude-Vincent.

Différentes formes d'expression

Les communications par affiches ont été privilégiées, ce qui a permis aux participants de s'exprimer sur leurs travaux. Les thèmes étaient divers et portaient soit sur une approche conceptuelle de la chimie, soit sur des problèmes d'environnement, soit la coopération enseignement-CNRS, etc.

D. Cros

Division Chimie analytique

La division, renforcée par le Groupe Electrochimie, a contribué activement au

La Société Française de Chimie a bénéficié pour son Congrès SFC 94 de l'aide de :

- Aderly
- Afpic et Interfora
- Aldrich,
- Atochem (Lyon)
- BASF
- Bayer
- Bima 83
- BP Chemical
- CFPI
- Ciba-Geigy
- CNRS
- Conseil général du Rhône
- Conseil régional Rhône-Alpes
- CPE
- Du Pont de Nemours
- EDF/GDF
- Elf Atochem
- ICI

- Itech
- Hoffmann La Roche
- Kodak Pathé
- L'Oréal
- Le Grand Lyon (communauté urbaine de Lyon)
- Lipha
- Maison de la Chimie Rhône-Alpes
- Michelin
- Ministères de l'Enseignement supérieur de la Recherche
- Rhône-Poulenc (Courbevoie)
- Rotary International (1710 e district)
- Sandoz (France)
- Shell Chimie
- SNPE
- Société Française Hoescht
- Solvay
- Sygma
- Total
- Université Claude-Bernard (Lyon I)
- Ville de Lyon
- Ville de Saint-Fons
- Ville de Villeurbanne



Professeur Marc Julia, Bernard Bigot, Sir John Thomas et Jean Bouix.

succès du colloque national de la chimie SFC 94, en organisant différentes manifestations ayant pour objet de démontrer la vitalité de la spécialité.

Le Groupe Électrochimie a pris l'initiative d'inviter une personnalité particulièrement prestigieuse, Rudolf Marcus, professeur au California Institute of Technology, États-Unis, prix Nobel de chimie 1992, qui a présenté devant un amphithéâtre saturé une conférence d'ouverture sur la réaction de transfert électronique. En effet, M. Marcus est l'auteur d'une théorie montrant le parallélisme étroit entre la cinétique de transfert électronique au cours d'une réaction chimique (réaction redox) et lors d'une réaction électrochimique (électron fourni par une électrode).

Parmi les thèmes d'actualité, la division a montré l'importance du rôle des fluides supercritiques dans les méthodes d'analyse et de séparation. Ce domaine a été illustré par quatre conférences, quatre communications orales et douze communications par affiches.

Un domaine particulièrement vivant, rassemblé sous le thème électropolymérisation et polymères conducteurs, a démontré les progrès très rapides de cette spécialité interdisciplinaire, où participent des chimistes des macromolécules, des analystes, des électrochimistes ainsi que des biochimistes. Cette session a donné lieu à trois conférences plénières, dix communications orales et une trentaine de communications par affiches.

Les aspects les plus dynamiques de l'électrochimie ont été abordés dans différentes sessions spécialisées telles que : les mécanismes des étapes élémentaires du transfert électronique, les élec-

trodes modifiées, les sondes électrochimiques et capteurs. Enfin, les séances ont été clôturées par une session spéciale faisant le point sur les batteries à haute densité d'énergie ; ce domaine étant tout à fait d'actualité avec le développement du programme prioritaire du véhicule électrique. On a eu le plaisir d'apprendre, par la suite, la décision de la Société des Automobiles Mercedes-Benz de construction d'une première usine de montage de véhicules électriques en France.

M. Chemla

Division Catalyse

Trois thèmes ont été choisis :

- Les lanthanides et actinides en catalyse avec une conférence invitée par G. Blanchard (Rhône-Poulenc, CRA, Aubervilliers et trois communications orales.
- Modélisation en catalyse, avec une conférence invitée par F. Vigne-Maeder (Institut de Recherches sur la Catalyse, Villeurbanne) et six communications orales.
- Apport du génie des procédés à la catalyse, avec une conférence invitée par D. Schweich (CPE-Lyon, CNRS, Villeurbanne) et trois communications orales.

Une journée fut commune avec les divisions Chimie de coordination et Chimie du solide sur le thème : «Apport de la chimie de coordination aux interfaces avec la catalyse et la chimie du solide». Cette journée avait trois conférences invitées et douze communications orales : «La chimie organométallique de surface : une approche moléculaire de la

catalyse hétérogène» par J.M. Basset, LCOMS-CNRS, CPE-Lyon ; «L'utilisation des métaux de transition pour la préparation de céramiques Si-C» par J. Moreau, Montpellier, et «Les composés microporeux ULM-n : paramètres chimiques influents et approche structurale d'un mécanisme de formation» par G. Ferey, université du Maine, Le Mans.

Une demi-journée fut commune avec la division Chimie physique et portait sur la réactivité des surfaces et interfaces avec deux conférences invitées et quatre communications orales : «Time resolved heterogeneous electron transfer reactions» par F. Willig, Berlin, et Ph. Sautet, IRC-CNRS et ENS-Lyon.

A toutes ces présentations se sont ajoutées une soixantaine d'affiches exposées en deux parties sur deux jours chaque fois et selon les sujets des journées correspondantes.

La division Catalyse a aussi été honorée par la remise d'un diplôme honoris causa, par l'université de Lyon, à l'un de ses pairs les plus connus à l'échelon international : Sir John Meurig Thomas de la «Royal Institution» de Grande-Bretagne (Londres) et professeur à l'université de Cambridge (master of Peterhouse). Dans un style très agréable, Sir John Thomas nous a parlé de Davy et Faraday «A tale of contrasting geniuses», relatant leur vie et leur contribution scientifique dans le contexte du rôle important d'Antoine Laurent Lavoisier.

J.C. Vedrine.

Division Chimie physique

La division est intervenue de plusieurs manières dans le programme scientifique de SFC 94.

Tout d'abord, dans la session 5 (colloque 1) organisée par la division, dont le thème était «Réactivité des surfaces et interfaces», plusieurs conférences invitées ont permis de faire le point sur différents aspects de la caractérisation des surfaces. Citons celles de F. Degreuve (université de Marne-la Vallée, sur les problèmes et limites de l'analyse des surfaces et interfaces), de P. Bertrand (université de Louvain-la-Neuve, sur la SIMS à temps de vol), de E. Papirer (CNRS Mulhouse, sur la chromatographie inverse en phase gazeuse) ou celle de C. Fréty (ESPCI, Paris, sur les microscopies à champ proche). A travers

ces conférences, toutes de grande qualité scientifique et pédagogique, on a pu appréhender la diversité ainsi que la complémentarité des méthodes d'analyse et de caractérisation des surfaces solides.

Dans cette session, les communications orales et par affiches retenues par le comité d'organisation étaient réparties en deux groupes : surfaces solides et systèmes organisés. Ces communications ont permis de faire le point sur des aspects très variés de la physico-chimie des surfaces solides ainsi que d'apprécier les tendances actuelles dans ces deux domaines.

Enfin, deux sessions communes ont été organisées avec la division Catalyse, d'une part, et la division Chimie de coordination d'autre part. Les conférences invitées dans ces deux domaines ont permis de faire le point sur des sujets d'intérêt commun comme les mécanismes du mouillage (A.M. Cazabat, Collège de France), l'utilisation du rayonnement synchrotron (M. Verdager, université P. et M. Curie), les transferts d'électron hétérogènes (F. Willig, Berlin) et l'interprétation des images en

microscopie tunnel (P. Sautet, Institut de Recherches sur la Catalyse, Villeurbanne). Ces sessions communes ont été, de l'avis des participants, d'un grand intérêt et le souhait a été exprimé de les voir renouvelées.

En conclusion, la session organisée en propre par la division comme les sessions communes ont été couronnées de succès. SFC 94 a bien montré la diversité, l'intérêt et le dynamisme de la physico-chimie des surfaces et des interfaces.

M. Delamar

Division Matériaux polymères et élastomères

Le colloque SFC 94 a été, pour la division, l'occasion d'affirmer le rôle de la chimie pour doter un matériau polymère d'une propriété spécifique.

Le temps est loin durant lequel on parlait de manière un peu péjorative d'un objet en plastique et l'on sait maintenant que le polymère est à la base de nombreux matériaux indispensables pour de nombreuses applications.

La division a participé à quatre colloques au sein de SFC 94.

«Les polymères et le choc» et «les polymères et les sciences du vivant» étaient organisés par la seule division Matériaux polymères et élastomères.

Le thème «les polymères et le choc» a permis de souligner certains aspects montrant, par exemple, que le contrôle de la morphologie peut être assuré par des réactions modifiant l'interface.

Le thème «les polymères et les sciences du vivant» a mis l'accent sur les relations entre la chimie des polymères et la biologie.

La participation de la division au colloque «Polymères supports d'informations» avec la division Chimie physique, et au colloque «Polymères conducteurs» avec le Groupe Electrochimie a été à nos yeux importante en soulignant le caractère pluridisciplinaire de la science des polymères.

Les nombreux contacts entre «polyméristes» et collègues des autres divisions pendant SFC 94 montrent, à l'évidence, l'intérêt de colloques communs qu'il faudrait favoriser à l'avenir.

B. Sillion

BIO*WHITTAKER

CULTURE CELLULAIRE A HAUTE DENSITE

Le choix Setec

Bioréacteur MAbMAX™/Tricentric™ : la fibre creuse pleine de promesses

Innovant

✕ Concept des doubles fibres creuses emboîtées.

Performant

✕ Viabilité cellulaire exceptionnelle. Obtention en quantité des produits dérivés.

Avantageux

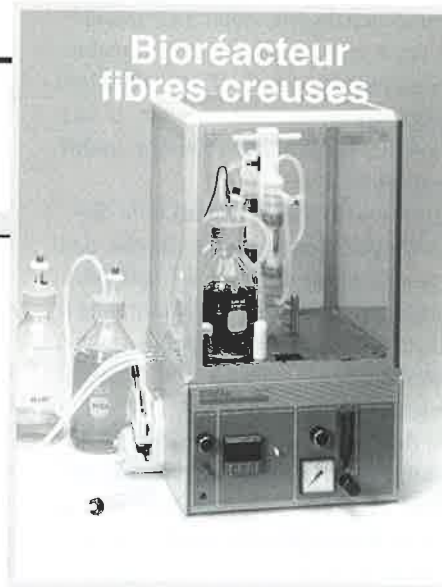
✕ Réacteurs Tricentric™ autoclavables 10 fois.

Souple

✕ Utilisation autonome/sous étuve à CO₂.

Chambres de culture Tricentric™ 1, 4, 73 ml.

1, 4 réacteurs Tricentric™/système.



Tél. (1) 43 94 29 29
Fax. (1) 48 77 81 28

Rhodia SA

la filiale brésilienne de Rhône-Poulenc

Interview d'Edson Vaz Musa* président de Rhodia SA

L'Actualité Chimique : Rhodia SA est l'une des principales filiales de Rhône-Poulenc, peut-être la plus importante implantation française en Amérique latine. Comment doit-on la considérer : comme une réussite d'une politique planétaire de Rhône-Poulenc ou comme une société brésilienne bien adaptée à l'économie nationale ?

Edson Vaz Musa : En effet, Rhodia est la plus importante implantation industrielle française en Amérique latine et occupe la troisième place en matière de production du groupe Rhône-Poulenc dans le monde, après la France et les États-Unis. Indiscutablement, le succès de Rhône-Poulenc au Brésil provient de l'excellente adaptation de sa filiale à l'économie et à la « culture » du pays. La politique de réinvestissement de la quasi-totalité de son cash-flow dans le pays, conjuguée à un développement accru de ses ressources humaines, ont permis à Rhodia de connaître une forte croissance avec une rentabilité appréciable et constante.

L'AC : Les conditions techniques, économiques, humaines du Brésil ne sont pas celles qui prévalent dans les pays plus anciennement industrialisés comme la France. La réussite de Rhodia SA ne suppose-t-elle pas un important effort de recherche spécifique ?

E.V. Musa : Nous avons toujours suivi une politique d'investissements en R & D adaptés aux besoins des clients locaux. L'« orientation-client », concept tant à la



Edson Vaz Musa, président de Rhodia SA, est également directeur général adjoint du groupe Rhône-Poulenc (Photo Rhodia SA).

mode aujourd'hui, a toujours représenté une valeur fondamentale de Rhodia.

L'AC : Les universités et écoles françaises ont pu découvrir la qualité des formations supérieures brési-liennes, grâce, notamment à des échanges d'enseignants et de chercheurs (cf. *L'AC*, décembre 1994, p. 20). Quel est votre jugement d'industriel sur les chimistes, techniciens, ingénieurs et chercheurs, formés par les établissements brésiliens ?

E.V. Musa : Nous avons commencé la « brésilianisation » de nos techniciens et cadres à la fin des années 50. Ainsi, nous n'avons jamais rencontré de difficultés pour obtenir les compétences dont nous avons eu besoin. Aujourd'hui, les expatriés ne représentent que 2 % du total des cadres de la Rhodia. De plus, nous obser-

rons qu'il y a davantage de Brésiliens travaillant dans les entreprises du groupe Rhône-Poulenc dans le reste du monde que de non-Brésiliens occupant un poste à la Rhodia.

Même s'il est avéré que les professionnels brésiliens sont souvent moins bien formés sur le plan scientifique que leurs homologues des pays industrialisés - et principalement français-, cette faiblesse est partiellement compensée par une grande habileté de management, basée sur la motivation des hommes et le sens du travail en équipe.

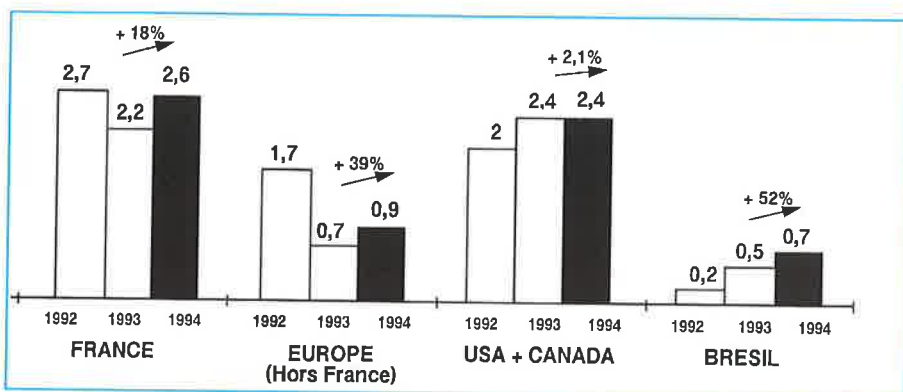
L'AC : Que pensez-vous de la coopération entre laboratoires industriels et universitaires au Brésil ? Est-elle satisfaisante ou insuffisante, auquel cas, pourquoi ?

E.V. Musa : Dans ce domaine, nous avons un énorme retard. Presque tout reste à faire, mais heureusement la situation est en train de changer rapidement. Plusieurs raisons majeures expliquaient ce phénomène :

- Une absence totale de dialogue entre les universités et les entreprises. Pour les industriels, les universitaires étaient des « rêveurs », très éloignés de la réalité et plutôt communistes ! Pour les universitaires, les industriels étaient des « exploiters de la société » qui recherchaient le bénéfice à tout prix et ne pensaient qu'à court terme ! C'est - à peine - une caricature qui illustre bien le climat de méfiance réciproque qui régnait. Heureusement, les contacts maintenant s'organisent et s'intensifient.

- La politique industrielle brésilienne antérieure - fermeture des frontières et remplacement « local » des importations - ne stimulait guère les entreprises à investir en développement technique.

* Rhône-Poulenc, 25, quai Paul Doumer, 92408 Courbevoie.
Tél. : (1) 47.68.03.91. Fax : (1) 47.68.11.50.



La place croissante occupée par la Rhodia SA dans Rhône-Poulenc est bien mise en évidence par cette présentation de l'évaluation du résultat opérationnel (en milliards de francs) du groupe par zone géographique. On remarquera que le Brésil a «pesé» en 1994 autant que l'Europe en 1993 (source Rhône-Poulenc).

La politique était d'acheter ou de copier. A partir de 1990, avec la rapide ouverture des frontières, et en conséquence l'exposition de l'industrie brésilienne à la compétition internationale, et face à une plus grande exigence de la part des consommateurs, les entreprises brésiliennes ont été obligées d'améliorer leur compétitivité, donc leur productivité et la qualité de leurs produits.

Les mentalités changent rapidement, et par voie de conséquence la dialogue est amorcé.

L'AC : Les grands programmes de recherche animés par Rhône-Poulenc (Bio Avenir, bientôt Chimie Avenir) intéressent-ils (concernent-ils) Rhodia ? Rhodia peut-elle envisager une démarche similaire au Brésil, bien évidemment adaptée aux conditions de ce pays ?

E.V. Musa : Non, je ne pense pas que la recherche à long terme est ou deviendra une priorité au Brésil. D'une part, nous n'en avons pas les moyens et, d'autre part, la priorité est la mise à niveau des produits et du parc de production.

L'AC : Les universitaires brésiliens souhaitent que les collaborations avec les laboratoires français soient plus clairement orientés vers les problèmes spécifiques de leur pays et moins vers ceux du laboratoire d'accueil. Une entreprise comme Rhodia SA ne trouverait-elle pas un réel intérêt à s'associer à ces échanges universitaires pour leur donner la pertinence qui semble leur manquer, au moins en partie ?

E.V. Musa : Rhodia participe pleinement aux échanges universitaires et joue un rôle de pionnier dans ce domaine. Nous avons été à l'origine du mouvement. La création de l'institut

UNIEMP* - organisme favorisant le rapprochement université/entreprise - a récompensé notre engagement. Par ailleurs, Rhodia a été la première société à créer au Brésil un conseil scientifique et technologique formé de professeurs universitaires. Enfin, nous avons passé plusieurs accords de recherche avec les universités brésiliennes. Mais, bien sûr, Rhodia a tout intérêt à s'associer aux échanges avec les laboratoires français.

L'AC : Pour conclure, pouvez-vous nous résumer comment vous voyez l'avenir du Brésil, de l'Amérique latine et le rôle de l'industrie chimique dans cet avenir ?

E.V. Musa : L'Amérique latine en général - et le Brésil en particulier - avait 3 grands problèmes à résoudre pour espérer un développement économique viable doté d'une justice sociale. Il lui fallait accéder à :

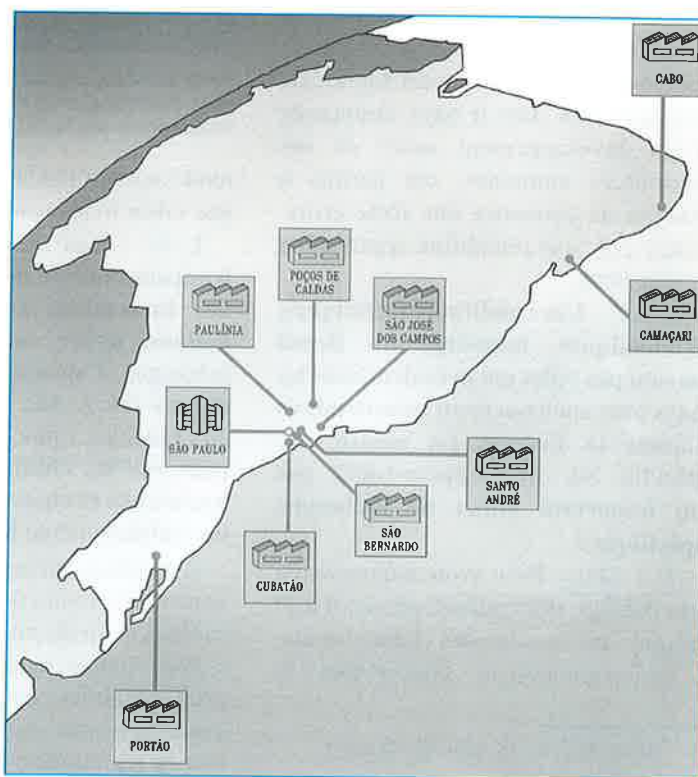
- un régime politique démocratique,
- une stabilité économique avec une inflation contrôlée,
- enfin, une répartition des richesses plus équitable.

Les deux premiers points sont pratiquement acquis dans la majeure partie de la zone, l'entrée d'importants flux financiers en témoigne. Le développement reprend à un rythme comparable à celui des pays asiatiques. Le gouvernement brésilien, récemment élu, dispose de nombreux atouts pour consolider cette situation et assurer une meilleure distribution des richesses qui vont être créées.

De par la diversité de ses produits, la chimie joue un rôle majeur dans la vie économique d'un pays. L'Amérique latine offre un fort potentiel de développement économique et certains pays, dont le Brésil, affichent un taux de croissance soutenu. L'industrie chimique, dans cette zone, pourra, en conséquence, drainer les énergies nécessaires pour tirer bénéfice de la reprise économique, et participer à l'effort de croissance.

Propos recueillis par R. Hamelin

*NDLR : M. Musa a été membre fondateur et premier président de l'UNIEMP (UNiversidade EMPresa).



Implantation de Rhodia SA au Brésil (source Rhodia SA).

Rhodia SA

Rhône-Poulenc est implanté au Brésil depuis 1919. L'histoire de Rhodia SA a déjà été relatée dans *L'Actualité Chimique* (septembre 1987, p. XV-XVIII).

Depuis lors, la première place conquise par cette société chimique en Amérique latine s'est consolidée. La part qu'elle a prise au sein du groupe Rhône-Poulenc justifie une attention particulière qui ne saurait être indépendante de celle que l'on doit accorder au développement remarquable de la chimie brésilienne (cf. *L'Actualité Chimique*, décembre 1994, p. 16-20).

Rhodia SA est structurée afin d'être intégrée au mieux dans le groupe Rhône-Poulenc. On retrouve ainsi les cinq grands secteurs : fibres et polymères, intermédiaires organiques et minéraux, spécialités chimiques, agrochimie et santé.

En 1994, les activités brésiliennes du groupe Rhône-Poulenc ont représenté 32 % du chiffre d'affaires du secteur fibres et polymères et 8 % du secteur IOM.

Au début des années 1990, la crise économique n'a pas épargné le Brésil et donc Rhodia SA, avec un élément supplémentaire spécifique sous la forme d'une ouverture des frontières (Plan Collor, mars 1990) qui, favorisant les importations, a rendu déficitaires bien des productions nationales, notamment celles qui se trouvaient en position de monopole.

Ainsi le nombre total d'employés de Rhodia SA est passé de 14 000 en 1989 à 9 900 en 1991, et les exportations ont chuté de 103 millions de dollars en 1990 à 79 en 1991. Un gros effort de renouvellement des installations industrielles a permis à la société de redresser la situation, comme l'indique le graphique de la page précédente.

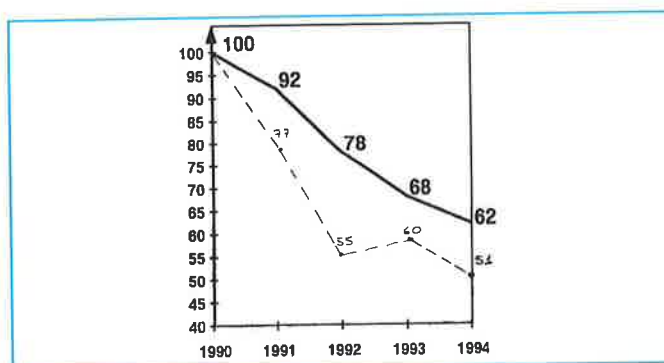
Ainsi, près de 300 millions de francs ont été investis sur le site de Paulinia de 1990 à 1992 dont 20 % seulement pour augmenter les capacités de production.

Au Brésil comme ailleurs, plus peut-être, l'industrie chimique a la fâcheuse réputation d'empoisonner l'environnement. Rhodia SA s'est attachée, ces dernières années, à se donner une image plus flatteuse en

ce domaine, en adhérant au programme «Responsible Care» anglosaxon (nous dirions «engagement de progrès» en France). Écoutons André Trucy, directeur général de Rhodia SA. «Lorsque nous enregistrons des progrès en prévention et en protection de l'environnement, non seulement nous réduisons la pollution, mais nous améliorons le rendement de nos installations. Avec les effluents et les résidus sont perdues des matières premières et de l'énergie. Le coût de ces pertes ne peut évidemment pas être ignoré. Une amélioration de performance vis-à-vis de l'environnement se traduit par des gains significatifs de qualité et de productivité avec des réactions positives de nos clients. C'est une question de survie pour l'entreprise».

Pour illustrer ces propos, prenons l'exemple des effluents liquides. En octobre 1989, fut introduit l'indice Rhodia «du milieu ambiant», pratique inédite au Brésil, mais généralisée à l'ensemble du groupe Rhône-Poulenc. Cet indice résulte de la combinaison de divers paramètres et permet de quantifier par chaque unité le degré de pollution des eaux et d'avoir ainsi une référence globale pour la société (le graphique ci-après représente l'impact de cette initiative).

R.H.



Évolution de l'indice environnement-eau (en trait plein : ensemble du groupe RP, en trait interrompu : la Rhodia).

Productions Rhodia-Brésil

(entre parenthèses, la part correspondante du chiffre d'affaires en 1994)

Fibres et polymères (55 %)

- Fibres et films polyester (dans le cadre de Rhodiaster, filiale Rhodia et Celbras) : Bidim (non-tissé), polyéthylène téréphtalate, films acryliques, fibres viscose.
- Fils de nylon pour usages textiles ou industriels (toile pour pneus).
- Plastiques techniques et divers (filtres de cigarettes).

Intermédiaires organiques et minéraux (19 %)

- Produits acétiques : aldéhyde, acide, acétate de vinyle monomère.
- Phénol et dérivés, acétone, sous-produits du bisphénol.
- Silice, silicoaluminates, pigments.
- Solvants oxygénés : acétates d'éthyle et de butyle, acétone, isopropanal, éthylèneglycol, méthylisobutylcétone...

Santé (14 %)

- Pharmacie humaine
- Rhodia-Mérieux (filiale) : produits vétérinaires, nutrition animale, méthionine.

Spécialités chimique (6 %)

- Latex, émulsions vinyliques, butadiène, styrène (couchage du papier),
- Acide salicylique à partir du phénol.
- Chimie organique fine : produits pour parfumerie.
- Émulsifiants.
- Silicones (surtout formulation).

Agrochimie (5,9 %)

- Uniquement formulation de produits.

Notes de voyage : Brésil

Le complexe de Paulinia (S.P. Brésil)

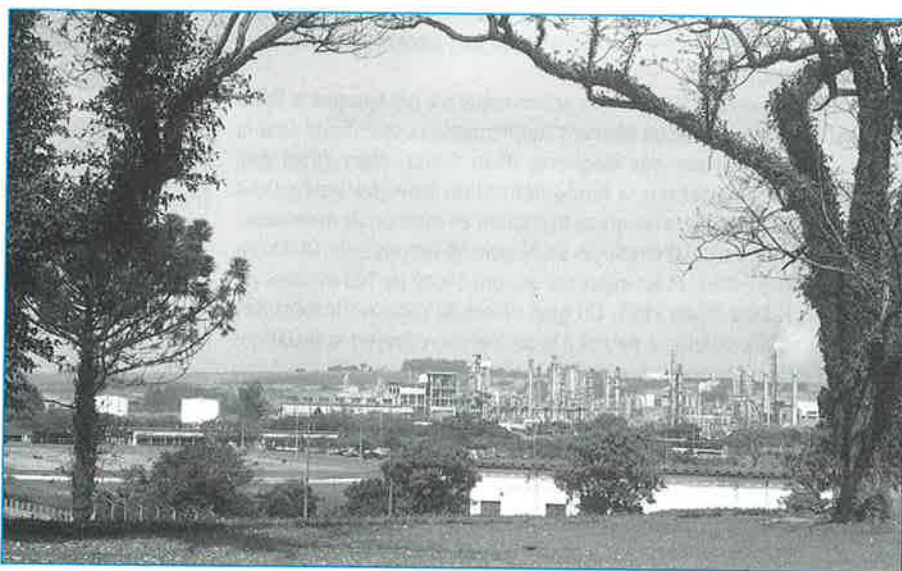
Raymond Hamelin *rédacteur en chef*

Paulinia est proche de Campinas, ville d'un million d'habitants à 100 km au nord-ouest de São Paulo, siège d'une université dynamique, particulièrement dans le domaine de la chimie (cf. *L'Actualité Chimique*, décembre 1994, p. 16-18).

Le complexe constitué par Rhodia SA à Paulinia comprend un important ensemble d'unités de production, un centre de recherche, une station agricole expérimentale, les installations de Rhodia-Méricieux-Veterinaria, et de Rhodiaco (joint-venture de Rhodia et Amoco pour la production d'acide tétréptalique).

Ce n'est pas la plus ancienne implantation de Rhodia, celle-ci se trouve à Santo-André, également dans la région de São-Paulo. La création du complexe de Paulinia est liée à la guerre : au début des années 40, les sous-marins allemands bloquaient les approvisionnements de l'usine Santo-André en alcool de canne à sucre venant de la province du Nord-Est par voie maritime. Rhodia SA décide de fabriquer son propre alcool en achetant en décembre 1942, une «fazenda» de 5 000 ha qui furent plantés en canne à sucre.

Dès 1944 commença une production d'éthanol qui ne fut interrompue qu'en 1967. Une partie de l'espace précédemment utilisée pour la culture de canne à sucre a été cédée d'une part, à Petrobras pour la construction d'une raffinerie, d'autre part, à la ville de Paulinia pour le développement d'une zone industrielle. Remarquons que la ville est plus récente



Vue générale du complexe de Paulinia (photo Rhodia SA).

(30 ans) que l'usine qui a célébré son cinquantenaire en décembre 1992.

Aujourd'hui, avec plus de 1 900 employés, l'usine produit la majeure partie des matières premières de la société "Paulinia é o coração da Rhodia", soit au total plus de 700 000 tonnes des produits fort divers (*tableau I*).

À l'emplacement du premier atelier d'acétate de vinyle a été installée, en 1994, une unité ultramoderne du butadiène-styrène représentant un investissement de 13 millions de dollars US.

Le centre de recherche de Paulinia

Le complexe de Paulinia comprend un centre de recherche* dont l'activité concerne non seulement l'usine voisine, mais l'ensemble de la société.

Lors de sa création en 1975, son objet était l'étude des plantes brésiliennes et l'identification de nouvelles substances

actives pouvant avoir des propriétés pharmacologiques intéressantes. De plus, il devait servir à développer une chimie fine particulière rendue originale par les règles d'un marché brésilien fermé à la compétition internationale : ce furent, par exemple, de grands projets de valorisation de la bagasse de canne à sucre en cellulose et furfural, de valorisation de fèves d'Anta pour la fabrication de Rutine, d'une chimie fine originale...

Depuis lors, le département des Substances Actives a arrêté ses activités et, avec l'ouverture des frontières, cette chimie particulière a perdu de son intérêt.

La mission du centre a été étendue à l'ensemble des activités de la Rhodia, en premier lieu aux besoins des usines, à l'amélioration de la productivité et de la qualité des productions, aux actions de protection de l'environnement.

Le centre a été intégré dans le pôle technique que représente le complexe de Paulina et regroupe ainsi quelque 80



Louis Blavier, directeur du centre de recherche de Paulinia de Rhodia SA.

Tableau 1 : Productions de l'usine Rhodia de Paulinia.

Produits	Applications
Acide téréphtalique Acide acétique, acétates d'éthyle et de butyle, acétaldéhyde, latex	Fils, fibres et films polyester Solvants, aliments, produits pharmaceutiques, peintures et vernis, parfumerie, colles.
Diacétone alcool, méthylisobutylcétone, isopropanol	Peintures et vernis, adhésifs, solvants, parfumerie, produits pharmaceutiques et phytosanitaires.
Sel nylon, acide adipique, acide nitrique, hexaméthylènediamine	Fils et fibres textiles, plastiques techniques, colles, plastifiants, mousses polyuréthanes.
Phénol, cyclohexanol, acide salicylique, bisphénol, bisphénol A, bicarbonate d'ammonium	Résines phénoliques, isolants pour automobiles, produits pharmaceutiques, peintures, colles, vernis, constructions civiles, isolants.
Silice, aluminosilicate de sodium	Caoutchouc, peintures, vernis, dentifrices, phytosanitaires, alimentation humaine et animale, papier.
Furfural, alcool furfurylique, alcool phényléthylrique, citronellol	Traitement du fuel-oil, ciment anti-corrosion, résines de fonderie, cosmétiques, parfums.

ingénieurs et chercheurs en trois départements :

- Assistance technique aux productions de Paulinia.
- Génie chimique.
- Études analytiques.

Ces deux derniers départements assurent des prestations de services au bénéfice de toutes les usines de la Rhodia et accompagnent certaines actions de marketing technique.

Intégré dans la direction scientifique et technique (DCT) de la Rhodia le

centre joue un rôle d'animation des relations avec les universités, principalement pour des sujets ayant trait à l'homologation de produits par les autorités brésiliennes. Il veille à la bonne intégration dans l'entreprise des résultats de laboratoires avancés dans certains domaines spécifiques.

Il est aidé dans cette tâche par le conseil scientifique et technique de la Rhodia, celui-ci est présidé par Carlos Fernando A. Lima, directeur de la DCT, et comprend les directeurs de divers secteurs techniques de

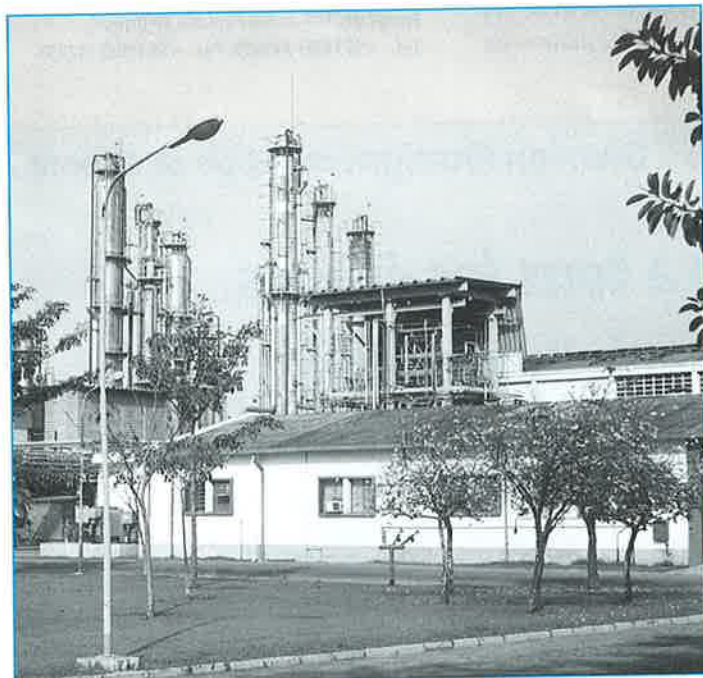
la Rhodia (Fibres et Films, Polymères, Agro, Santé, Ingénierie) et des professeurs d'université. Il est chargé de stimuler les collaborations avec les universitaires. Ce conseil doit alerter Rhodia sur les avancées scientifiques et technologiques susceptibles de la concerner, faciliter l'utilisation des ressources universitaires et orienter les programmes de formation scien-

tifique et technologique des cadres de la société.

Exemples de contacts universitaires du centre de recherche

- Décontamination par voie biologique des sols contaminés par des dérivés organochlorés (UNESP, São Paulo).
- Incinération des résidus dangereux (Unicamp).
- Modélisation d'un réacteur tubulaire multiphasique pour cyclohexanol (Unicamp).
- Étude de la possibilité d'usage agricole des produits de traitements biologiques (université de São-Paulo).

* Pour en savoir plus : Louis Blavier, Centro de Pesquisas de Paulinia (CPP), Fazenda São Francisco, Caixa Postal 07, CEP 13140-000 Paulinia SP, Brésil.
Tél. : +55 (192) 748000. Fax : +55 (192) 748575.



Deux unités de production de l'Usine de Paulinia : hexaméthylènediamine et acide adipique (photo Rhodia SA).

La station d'expérimentation agricole

Le Complexe de Paulinia comprend l'une des 14 stations d'expérimentation agricole de Rhône-Poulenc. Ces stations travaillent en réseau centralisé au niveau du groupe.

Les autres stations sont localisées en Afrique du Sud, Côte d'Ivoire, Espagne, États-Unis (Caroline du Nord, Mississippi et Californie), France (Chazay près de Lyon, Mereville en Béarn et Carcas-



Takashi Nishida, directeur de la station d'expérimentation agricole de Rhodia SA.

sonne), Italie, Japon, Royaume-Uni (Manningtree et Onger).

La station de Paulinia mobilise 22 personnes. Elle a pour mission l'évaluation des produits agrochimiques sur les cultures tropicales et sur les cultures nord-américaines en contre-saison. Créée en 1961, elle s'étend sur 67 ha pour des essais phytosanitaires : herbicides, fongicides, insecticides. Elle étudie plus particulièrement le caféier, l'hévéa, le bananier, le soja, le coton, les agrumes, la canne à sucre.

Sont expérimentés, non seulement les formulations Rhône-Poulenc, mais les

Rhodia-Mérieux Vétérinaire Limitée (RMVL)

RMVL est une filiale 50/50 établie par Rhodia SA et Rhône-Mérieux, division vétérinaire de Rhône-Poulenc.

Cette société a été constituée et implantée à Paulinia en 1972. Le département vétérinaire de Rhodia était antérieurement à Santo André. Son objet principal était de combattre la peste porcine et la fièvre aphteuse. Devenu société, celle-ci s'est ensuite diversifiée en fabriquant des vaccins aviaires et bovins ainsi que des antibiotiques, des parasitocides, des compléments alimentaires et médicinaux pour les animaux.

Récemment RMVL s'est intéressée au marché des animaux de compagnie. D'une manière générale Rhodia-Mérieux-Vétérinaire ne participe qu'exceptionnellement au développement de produits nouveaux (ce qu'elle n'exclut pas cependant pour l'avenir grâce à une active collaboration avec le Centre

produits fabriqués par d'autres sociétés dans le cadre d'accords commerciaux.

La station est actuellement fort active car 7 nouveaux produits doivent être lancés dans les trois ans à venir. Il importe que toutes les normes internationales (toxicologiques, environnementales...) soient satisfaites. L'obtention des autorisations est grandement facilitée par une étroite coopération avec des laboratoires neutres (universitaires ou

de recherche). Sa mission principale est d'assurer, par tous les contrôles possibles, une bonne utilisation de produits existants dans les conditions du marché brésilien ou, plus généralement, sud-américain. Ces produits peuvent être d'origine Rhône-Mérieux, Upjohn (États-Unis), Janssen (Belgique) ou autres (deux "molécules japonaises", par exemple).

Une vingtaine de produits nouveaux ont été commercialisés en 1993.

Ces dernières années Rhodia-Mérieux-Vétérinaire a sans doute été la partie la plus bénéficiaire de Rhodia SA, car elle était la mieux préparée à affronter la crise de 1990. Ainsi, elle a pu assurer, en 1992, 20 % des bénéfices de la société, avec seulement 3,6 % de son chiffre d'affaires.

Les relations universitaires sont actives, notamment avec l'Université Campinas voisine et l'université de Georgie (Athènes, États-Unis).

* Pour en savoir plus : Rhodia-Mérieux Vétérinaire Limitée, rua Fernando Martini, 28-V. Nova, CEP 13073-060 Caixa Postal 1833, Campinas, SP, Brésil. Tél. : +55 (192) 445132. Fax : +55 (192) 44 5204.

centres d'essais nationaux).

Une centaine d'hectares sont consacrés à l'étude de la production des semences. Exemple cité par le directeur Takashi Nishida : «*Par des recherches génétiques sur le maïs, nous mettons au point des hybrides adaptés au marché brésilien*».

* Pour en savoir plus : Rhodia SA, Estação Agrícola Experimental, Fazenda São Francisco, Caixa Postal 07, 13140-000 Paulinia SP (Brésil). Tél. : +55 (192) 741000. Fax : +55 (192) 742259.

SFC

Division Enseignement de la chimie

12e JIREC : Chimie à tous les étages Strasbourg, 31 mai -2 juin 1995

Les 12e Journées de l'innovation et de la recherche dans l'éducation en chimie se tiendront dans l'atrium de l'université Louis Pasteur à Strasbourg.

Au programme : 3 conférences et 3 ateliers.

Renseignements : Michèle Kirch, Institut Le Bel, 4, rue Blaise Pascal, 67000 Strasbourg. Tél. : 88.41.61.10.

Fax : 88.60.75.50.

Quel devenir pour les déchets plastiques ?

Valérie Massardier* docteur-ingénieur

Les déchets plastiques correspondent à des quantités importantes (plus de 2 millions de tonnes par an en France) mais sont dans leur ensemble valorisables et constituent un potentiel considérable de matière et d'énergie. Deux voies peuvent donc être envisagées : régénération des matériaux en de nouveaux objets (moins de 8 % en 1994) [1] et valorisation énergétique (37 % en 1993) [2] avec des contraintes liées à la protection de l'environnement de plus en plus sévères. La politique actuelle met l'accent sur le recyclage des polymères qui devraient maintenant avoir plusieurs vies avant d'être incinérés avec valorisation énergétique.

La société de consommation est productrice de biens très divers parmi lesquels les plastiques occupent une part croissante. Très légers par rapport à leurs équivalents fonctionnels en bois, carton, papier...[3], ceux-ci génèrent des volumes importants de déchets divers (emballages...) souvent issus des ménages. Alors que la valorisation des déchets industriels peut se faire assez simplement, la récupération et le recyclage des ordures ménagères, dispersées dans les foyers, sont beaucoup plus délicats à réaliser. Ainsi, au niveau de la

production et de la transformation de résines, le recyclage interne se fait à des taux élevés, respectivement égaux à 75 et 65 % [2]. Il existe un certain nombre de sociétés spécialisées dans la récupération de chutes de fabrication [4]. Les ordures ménagères contiennent entre 7 et 10 % de plastiques correspondant à des emballages pour les 2/3. Les plastiques, qui permettent de conditionner de plus en plus de denrées, représentaient 11 % de la production totale d'emballages en 1990, soit 1,2 million de tonnes. Toutefois, après avoir rempli leur fonction, ces emballages vont nourrir les flux de déchets ménagers. Ils y occupent une place importante (10 % de plastiques dans les ordures ménagères) mais sont dans leur ensemble valorisables et représentent un potentiel considérable de matière et d'énergie.

En ce qui concerne les déchets plastiques, deux voies peuvent être envisagées : régénération des matériaux en de nouveaux objets et valorisation énergétique avec des contraintes liées à la protection de l'environnement de plus en plus strictes [5].

Si l'on se réfère aux directives de la conférence de Nairobi (1989), de la CEE, du gouvernement français [5] et du Gecom (Groupement d'étude pour le conditionnement moderne) (maintenant Valorplast) [6], c'est la première voie qui devrait revêtir de plus en plus d'importance dans les années à venir. Pour l'an 2000, la politique du gouvernement français vise à accroître la valorisation des déchets ménagers et industriels. Pour les premiers, les objectifs sont de traiter 70 % des déchets solides en vue d'une valorisation énergétique ou d'une récupération de matériaux et,

Sigles et définitions

ABS	Acrylonitrile-Butadiène-Styrène
BMC	Bulk moulding compound
DIB	Déchets industriels banals
Micronisation	Broyage très fin.
OM	Ordures ménagères
PE	Polyéthylène
PEbd	Polyéthylène basse densité
PEhd	Polyéthylène haute densité
PET	Polyéthylène téréphtalate
PP	polypropylène
PPMA	Polyméthacrylate de méthyle
PS	polystyrène
PVC	Polychlorure de vinyle
Recyclage	Moyens de valorisation des déchets dans leur utilisation première ou dans une autre utilisation, à l'exception de la valorisation énergétique.
Régénération	Remise sous forme de matière première, généralement par regranulation.
SBC	Copolymère bloc styrénique
SMC	Sheet moulding compound (moulage de feuilles)

pour les seconds, d'augmenter la part du recyclage de 30 à 50 %. Quant aux industriels de l'emballage [7], ils considèrent qu'il est possible d'atteindre 18 à 22 % de récupération-recyclage et 50 à 55 % de valorisation énergétique sans rejets polluants pour 2002.

Si l'on examine la situation, le recyclage des plastiques comporte des avantages économiques et écologiques par rapport à l'incinération [8], productrice de nouveaux déchets solides (mâchefers, cendres, déchets de neutralisation des fumées) et de dioxyde de carbone

* Laboratoire de chimie physique appliquée et environnement, bât. 404, INSA de Lyon, 69621 Villeurbanne Cedex.
Tél. : 72.43.81.76. Fax : 72.43.85.14.

Tableau I - Valorisation des plastiques séparés.

Objectifs	Filières	Exemples
Valorisation énergétique	Combustion	Incinération en cimenterie de broyats de PEhd .
	Élaboration de combustibles dérivés procédés thermiques (pyrolyse, gazéification)	Décomposition thermique contrôlée en vue d'obtenir des hydrocarbures gazeux, liquides et solides.
Valorisation de matières premières	Matières premières organiques (naturelles et de synthèse)	Décomposition chimique des polyesters, polyamides, polyuréthanes, polycarbonates (au stade pilote). Recyclage chimique des déchets de PMMA.
Valorisation en science des matériaux	Liants hydrauliques et matériaux de structure	Régénération de PE, PP, PVC pour la production de tubes pour le bâtiment Fabrication de piscines avec des chutes et déchets de PP homopolymère Développement d'un procédé pour densifier tous types de déchets d'emballage en PS expansé, pour notamment une utilisation en travaux publics, comme remblai allégé Récupération de PEhd pour faire des tubes pour le bâtiment Régénération des bouteilles de plastique comme additif aux brais servant à fabriquer des bitumes antidérapants
	Matières plastiques et caoutchoucs	Récupération de chutes de fabrication de matières plastiques, broyage éventuel, revente aux régénérateurs Achat de déchets de matières plastiques (ABS, PP, PE, PP...), broyage à façon, revente aux transformateurs de matières plastiques Récupération et recyclage de sacs et housses PE Récupération de toutes matières plastiques si homogènes Négoce et recyclage de déchets polyamide Achat de chutes de fabrication et de matière broyée en PE, PP, PS, ABS, PC, regranulation et régénération Production de granulés de PET régénéré Récupération de bacs de batteries automobiles en PP Reprise, recyclage, compoundage, micronisation de PS et de PVC (dont bouteilles) Régénération de films PEbd agricoles et industriels, et transformation en sacs poubelle Régénération de films agricoles d'ensilage Lavage et revente d'emballage d'occasion en PEhd Récupération de PET pour l'élaboration de fibres, de boîtes et de barquettes

semblant avoir un effet aggravant de l'effet de serre. L'incinération, qui est soumise à des réglementations de plus en plus strictes vis-à-vis de l'environnement, impose également de poursuivre l'équipement des usines, surtout si l'on traite du PVC, générateur d'acide chlorhydrique entraînant des dégradations des fours. Il faut aussi noter que l'incinération d'un kilogramme de PVC entraîne la production d'un kilogramme de résidus chlorés de neutralisation des fumées, déchets spéciaux à stocker impérativement dans des décharges de classe I.

D'une façon générale, le parc des incinérateurs français n'est pas prêt à avaler la totalité des plastiques rejetés chaque année et certains brûlent trop de plastiques, ce qui entraîne des points de

surchauffe. Enfin, un des grands intérêts de l'incinération est la production d'énergie calorifique, pour le chauffage urbain en particulier, plus difficilement valorisable en été. Au vu de ces faits, un nombre croissant d'entreprises sont en train de développer la collecte, la régénération et le recyclage des plastiques issus de déchets industriels et ménagers. Parmi celles-ci, on distingue les sociétés spécialisées dans la valorisation des plastiques triés (*tableau I*) et des plastiques en mélange (*tableau II*) pour lesquels l'utilisation d'agents compatibilisants ouvre des perspectives intéressantes. Le développement des techniques de broyage et de traitement chimique permet aussi à quelques sociétés de développer des activités dans la valorisation des thermodurcissables et composites (*tableau III*).

Avec les perspectives de recyclage, se pose alors la question de la collecte et du tri des emballages plastiques. L'industrie des emballages plastiques détient les techniques et les filières de régénération des matériaux. En revanche, elle n'a ni compétence ni vocation à collecter les déchets à la place des collectivités locales. A l'heure actuelle, Valorplast s'engage à racheter aux municipalités les bouteilles en PVC, collectées et broyées à un prix contractuel. En ce qui concerne le PVC, l'objectif est d'atteindre 600 millions de tonnes de bouteilles recyclées ce qui impliquerait un peu moins de la moitié de la population française [9]. Quelques initiatives de collecte sélective multimatériaux ont été initiées et on peut signaler le cas de Dunkerque où des collectes sélectives multimatériaux en

Tableau II - Valorisation des plastiques en mélange.

Objectifs	Filières	Exemples
Valorisation énergétique	Combustion	Incinération d'ordures ménagères avec récupération d'énergie (l'incinération de déchets trop riches en matières plastiques, à fort pouvoir calorifique, peut poser des problèmes dans la conduite des installations). Broyage de déchets plastiques, sauf PVC, fournis aux cimenteries pour incinération
	Élaboration de combustibles dérivés : procédés thermiques (pyrolyse, gazéification...)	Décomposition thermique contrôlée en vue de l'obtention des hydrocarbures gazeux, liquides et solides
Valorisation en science des matériaux	Liants hydrauliques et matériaux de structure	Régénération de PE, PP, PVC pour la production de tubes pour le bâtiment. Compactage de déchets de plastiques souples et semi-souples contenant moins de 5% de matières putrescibles, puis utilisation comme remblai allégé pour les travaux publics
	Matières plastiques et caoutchoucs	Valorisation des déchets plastiques mélangés (OM et DIB) pour la fabrication de produits finis (profilés, palettes...) Micronisation de plastiques mélangés donnant une matière très homogène Traitement de déchets plastiques mélangés, recyclage en produits finis (piquets de vigne, profilés) Procédé de recyclage de plastiques mélangés pour la réalisation de pièces massives Régénération matière, fabrication de produits finis à partir de mélanges spécifiques et de compatibilisants Conseil, réalisation et vente d'installations clés en main pour la fabrication directe de produits finis à partir de déchets plastiques mélangés.
Valorisation en techniques de l'environnement	Conditionnement de déchets toxiques par d'autres déchets	Inertage de REFIO (Résidu d'épuration des fumées d'incinération des ordures ménagères) dans des plastiques mélangés
Filières d'élimination	Traitements biologiques	Dégradation du PE additionné d'amidon Systèmes à base d'amidon thermoplastique pour la fabrication de montres «biodégradables» et, à terme, la production de films agricoles et d'emballages (engrais, nourriture animale...)
	Photodégradation	Photodégradation du PEbd, du polystyrène et d'autres polymères courants, appliquée aux films agricoles et aux emballages susceptibles d'être dispersés dans la nature

porte-à-porte ont été réalisées. Déposés par les consommateurs dans une seconde poubelle prévue à cet effet, les emballages sont collectés, triés puis dirigés vers des unités industrielles de recyclage. Ce système permet de collecter 8 bouteilles sur 10. Outre le tri manuel, il existe des robots américains qui trient déjà des bouteilles de PVC et de PET (polyéthylène téréphtalate) avec moins d'une erreur sur 10 000. Différentes techniques de séparation des polymères issus de déchets plastiques et, en particulier des procédés de dissolution sélective, ont vu le jour. On peut citer les travaux de C. Gauthier [10] qui présente une importante bibliographie sur les techniques de récupération-triage des polymères et a travaillé sur un protocole de dissolution sélective en vue de la valo-

risation du PVC. Mentionnons aussi les travaux de G. Durand [11] qui a étudié la purification de déchets de polyéthylène téréphtalate, issus de bouteilles usagées polluées notamment par du PVC.

Cependant, l'utilisation d'agents compatibilisants appropriés (copolymères blocs...) permet parfois de s'affranchir des opérations de tri de thermoplastiques. Ainsi, l'addition de SBC (copolymères blocs styréniques) permet d'améliorer significativement les propriétés mécaniques des mélanges de polyoléfines, de polychlorure de vinyle et de polystyrène [11].

Mais les efforts des professionnels de la plasturgie n'ont pas porté que sur l'élaboration de compatibilisants et les recherches entreprises dans ce secteur permettent maintenant des types de

valorisation difficilement envisageables il y a quelques années seulement (en particulier en ce qui concerne les thermodurcissables). Les exemples de valorisation sont maintenant nombreux. Ainsi, le PVC peut être valorisé dans la fabrication de tubes d'assainissement, de profilés bâtiment, de chaussures. Le PET est récupéré pour l'élaboration de fibres, de boîtes, de barquettes...et le PEhd sert à faire des tubes de bâtiment et des flacons [1]. On peut aussi citer le cas de Coca-Cola qui utilise des bouteilles constituées de 25 % de polyéthylène téréphtalate recyclé, mélangé à la résine de la bouteille neuve [12]. Les bouteilles de plastique peuvent aussi être valorisées comme additif aux brais servant à fabriquer des bitumes antidérapants.

Tableau III - Valorisation des thermodurcissables et composites

Objectifs	Filières	Exemples
Valorisation énergétique	Combustion Élaboration de combustibles dérivés : procédés thermiques (pyrolyse, gazéification...)	Incinération en cimenterie Recyclage par alcoolise des polyesters, polyamides et polyuréthanes en mélange
Valorisation en science des matériaux	Liants hydrauliques et matériaux de structure	Broyage puis incorporation dans des bitumes ou des bétons
	Matières plastiques et caoutchoucs	Broyage puis incorporation dans de nouvelles pièces composites Unité industrielle de broyage, micronisation des polyesters SMC et BMC Traitements thermo-mécaniques des polyuréthanes, qui permettent de mouler des produits directement à partir de déchets Production de produits d'emballage et d'isolation (semblables au polystyrène expansé) obtenus à partir de déchets de mousses de polyuréthane, éventuellement multicouches

Le groupe 3M (produits adhésifs...) se donne pour objectif de développer le recyclage et la valorisation [13]. En 1990, PSA s'est fixé comme objectif d'atteindre 85 % de recyclage des véhicules hors d'usage en 2002, et ensuite, le «zéro décharge». Dans cette optique, des collectes de pare-chocs en plastique ont démarré dans la région lyonnaise, permettant de mieux cerner les limites du recyclage et d'adapter les méthodes de conception et d'assemblage afin de faciliter l'éventuel démontage en fin de vie pour un recyclage optimal.

La même démarche est entreprise par les fabricants d'appareils ménagers.

Dans la perspective où l'on exclut tout type de valorisation, il peut être intéressant d'élaborer des polymères photo- et biodégradables et certains objets ont déjà été commercialisés. Bien que séduisants à première vue, ces matériaux ne risquent-ils pas de se décomposer de manière mal contrôlée, la dégradation pouvant être influencée par l'humidité, la température, les radiations lumineuses, etc.? Ils risquent alors de disperser des produits de dégradation nocifs...

Compte tenu de tous les problèmes précités, une des voies les plus prometteuses semble être la production d'hydrocarbures à partir de plastiques [14]. La société Toshiba affirme même qu'elle a produit des fiouls à partir de PVC, mais il semble a priori que ce polymère ne soit pas le plus indiqué pour ce genre de valorisation puisqu'il contient 58 % de chlore et d'hydrogène (en poids) qu'il libère sous forme d'acide chlorhydrique lors de sa dégradation thermique (même contrôlée) [14]. Il semble que la

voie de la décomposition thermique contrôlée des polymères avec production d'hydrocarbures valorisables, qui avait été étudiée puis abandonnée en raison du faible coût des produits pétroliers, suscite à nouveau un grand intérêt. Ce type de valorisation pourrait prendre de plus en plus d'ampleur et compléter les modes de réutilisation précités et la conversion thermique. Toutes ces transformations auront donc pour effet de réduire notre consommation pétrolière et vont dans le sens du Plan national français pour l'environnement [5] et de la politique de la CEE [15]. Signalons que les orientations européennes vont dans le sens de celles des États-Unis qui ont pour objectif de recycler 75 % de leurs déchets plastiques [15].

Alors, quel devenir pour les déchets plastiques ? Recyclage ou incinération ?

Il est clair qu'il est aberrant d'essayer de recycler des emballages trop souillés, tels que les pots de yaourts qui contiennent plus de yaourt que de plastiques !

Dans les autres cas, pourquoi ne pas procéder à des recyclages successifs avant d'incinérer ?

Alors, incinération ou recyclage ? Les deux, en harmonie, bien sûr !

Références

- [1] Blouet A., *Décision Environnement*, mars 1994, 24, p. 37-43.
- [2] Pietrasanta Y., *Livre blanc sur le recyclage des plastiques*, Ed Erec, mars 1994.
- [3] Leblanc L., *L'Actualité Chimique*, Mai-Juin 1994, p. 19-24.
- [4] *Guide 1994 de la valorisation des*

déchets plastiques en Rhône-Alpes.

- [5] Plan national français pour l'environnement, *Waste Management and Research*, 1993, 11, p. 171-176.
- [6] Brochure " *Plastiques ménagers : la gestion des déchets d'emballages* " du Gecom (Groupement d'étude pour le conditionnement moderne) -11bis, avenue V. Hugo, 75016 Paris, juillet 1994.
- [7] APORA Liaison, bulletin n°44, 1994, p. 2.
- [8] Wagner J.P., El Ayyoubi M. A., Konzen R. B., Krohn J. L., «Quantitative identification of antimony, barium, cadmium and tin during controlled combustion of plastics», *Polym.-plast. technol. eng.*, 1992, 31, 182, p. 73-101.
- [9] Duprez N., *L'Actualité Chimique*, nov. 1994, p. 68-70.
- [10] Gauthier C., Étude des techniques de séparation des polymères issus de déchets plastiques en vue de la valorisation du PVC - Procédé de dissolution sélective, Rapport de DEA «*Polymères, interfaces, états amorphes*», Université de Montpellier, École nationale supérieure de chimie de Montpellier, 1993.
- [11] Colloque GFP «Polymères et civilisation», Pau, France, 23-25 nov 1993.
- [12] *L'environnement*, octobre 1992.
- [13] *Décision environnement*, Nord-Pas-de Calais, février 1994, p. 43.
- [14] *L'environnement magazine*, Juillet/Août 1993, n°1519, p. 39.
- [15] Alter H., *Waste management and research*, 1993, 11, p. 319-332.

Plaidoyer pour une meilleure prise en compte de l'électrochimie dans les cursus universitaires

Jean-Lou Sculfort* professeur

L'électrochimie est une science à part entière, comme le montrent son histoire et son développement, au croisement de nombreuses disciplines scientifiques (chimie, physique, biologie). Elle n'a pas à l'heure actuelle la place qu'elle mérite dans les cursus universitaires français.

Cet article constitue un plaidoyer pour que cette science prenne toute sa place au niveau de la formation dans les différents cycles de l'enseignement secondaire et postbaccalauréat qu'ils soient technologiques (IUT, BTS, écoles d'ingénieurs, IUP, MST, DESS...), ou généraux (Deug, licence, maîtrise ou DEA), comme au niveau de la formation continue. Après avoir démontré l'intérêt de l'électrochimie dans le domaine de l'industrie chimique, un appel à toutes les bonnes volontés sera lancé et des propositions pour améliorer la situation actuelle seront faites.

Un constat

Quel que soit le cycle de formation, qu'elle soit initiale ou continue, l'électrochimie est enseignée sous forme fragmentée, voire fragmentaire.

Rappelons l'état des lieux en fonction des cycles.

Enseignement secondaire

L'électrochimie semble actuellement bien représentée dans les programmes de chimie et physique des lycées. Mais si l'ensemble du programme paraît satisfaisant, certains points délicats sont exposés de manière trop simplifiée.

Parmi ces points, on peut citer les processus réactionnels lors de l'électrolyse, l'utilisation de la pile Daniell comme seul exemple de transformation de l'énergie chimique en énergie électrique, ou même la synthèse de matériaux comme l'aluminium sans tenir compte de la limitation du solvant.

Enseignement supérieur

L'électrochimie est enseignée dans tous les cycles des universités comme dans une grande partie des écoles d'ingénieurs, et certains départements d'IUT. Néanmoins, le programme proposé dépend fortement de la nature de la formation :

Formations générales

- *En premier cycle* (CPGE, Deug, IUT), quelques heures lui sont réservées et les programmes portent essentiellement sur les propriétés des solutions. Si dans certaines classes préparatoires scientifiques, le programme semble ambitieux (détermination des constantes d'équilibre, d'acidité, ou de formation des complexes, les diagrammes potentiel-pH ou même potentiel-pX), la manière d'aborder ces thèmes ne correspond pas toujours à la réalité des phénomènes physiques et chimiques mis en jeux. Ainsi, la notion de potentiel électrochimique est souvent occultée et les activités se réduisent aux concentrations sans préciser les domaines de validité de

cette simplification. Les principes des interactions ion-ion et ion-solvant ne sont pas envisagés, tout comme les propriétés de transport de matière au sein des solutions électrolytiques ou l'influence du solvant. Aucune notion ne concerne les mécanismes intervenant dans les systèmes réels, c'est-à-dire l'étude des cellules électrochimiques parcourues par un courant, comme les problèmes liés au contact entre deux phases solide/liquide. La sensibilisation aux applications industrielles est absente de tout cursus, même en IUT où l'électrochimie se résume souvent à une application simplifiée des courbes intensité-potential dans le domaine de l'analyse chimique des solutions, ou à quelques notions qualitatives dans le domaine de la corrosion.

- *En deuxième cycle* (licence, maîtrise, écoles d'ingénieurs...), l'électrochimie figure explicitement dans tous les programmes.

Cependant, dans la plupart des cas, les enseignements de l'électrochimie constituent des modules d'une vingtaine d'heures ne permettant de couvrir qu'un programme limité traitant les aspects fondamentaux les plus traditionnels.

Cette manière d'aborder l'électrochimie n'entraîne pas les étudiants à poursuivre dans cette discipline, pourtant très formatrice. D'ailleurs, un certificat de maîtrise spécialisé en électrochimie existe uniquement à Paris, Grenoble et Toulouse.

Les cours d'électrochimie des maîtrises générales concernant l'ionique (propriétés des solutions électrolytiques) ou l'électrodique (électrochimie des réactions aux électrodes, c'est-à-dire l'électrochimie interfaciale) sont alors souvent limités à quelques notions et à

* Département GMP, IUT, Troyes, 9, rue de Québec, 10026 Troyes Cedex. Tél. : 25.42.46.46. Fax : 25.49.37.03. LEI, CNRS, 1, Place Aristide Briand, 92190 Meudon. Tél. : (1) 45.07.54.83.

l'étude de quelques concepts de base utiles dans d'autres domaines comme la synthèse de produits organiques, la préparation de métaux purs, la corrosion des matériaux qui sont étudiés dans des cursus parallèles (chimie organique, chimie des matériaux, métallurgie...). Dans ces conditions, l'électrochimie est alors considérée comme une technique et non comme une science à part entière.

Formations spécialisées

Il existe très peu de formations spécialisées en électrochimie en France. Citons :

- Une licence d'électrochimie appliquée (Besançon). Cette licence n'est pas suivie d'une maîtrise, ce qui limite son impact en recherche et dans le domaine industriel.
- La formation des électrochimistes est assurée à partir des certificats C4 de maîtrise suivies de DEA d'électrochimie. Les cursus complets existent uniquement à Paris, Toulouse et Grenoble.

Aucun DESS n'existe à ma connaissance, et pourtant les techniques électrochimiques sont largement utilisées par les industriels, notamment dans le domaine de la synthèse de matériaux organiques et inorganiques, des traitements de surfaces... D'ailleurs, ces industriels, surtout les cadres et dirigeants des PME et PMI, sont très demandeurs de conseils et ont souvent besoin d'électrochimistes compétents.

Ces centres ne forment qu'un très faible nombre d'électrochimistes tout comme les écoles d'ingénieurs (Insa, Ensi, Enseeg Grenoble) ou même le Cnam puisque le nombre total n'excède pas quelques dizaines. Ces organismes forment néanmoins des électrochimistes possédant un excellent niveau scientifique.

Ce constat montre que la France ne forme pas d'électrochimistes en nombre suffisant. De plus, les formations en électrochimie des chimistes, physiciens et biologistes ne sont pas suffisantes et, ainsi, les industriels ne voient pas l'intérêt de développer les concepts électrochimiques dans leur domaine de recherche.

Des causes

Les causes de ce constat proviennent d'origines diverses. On peut les trouver

au niveau de l'historique et des concepts de la recherche fondamentale comme au niveau des objectifs et de la réalisation des recherches appliquées de la discipline.

Historique

Il y a toujours eu vis-à-vis de l'électrochimie, et principalement de la part des physiciens et des physico-chimistes, une attitude réservée. En effet, le développement des théories concernant les solutions électrolytiques ont encore à l'heure actuelle un certain retard par rapport aux modèles concernant les autres phases condensées et les progrès sont très lents, simplement eu égard à la complexité du système solide/liquide.

Concepts

Les méthodes électrochimiques sont très simples à mettre en œuvre ; ce sont des méthodes *in situ* et les grandeurs que l'on peut mesurer sont d'une grande précision car elles sont généralement de nature électrique (courant, tension, impédance...), ou optique (réflectivité, indice...). Elles ont pour origine l'interface ; ce sont donc des grandeurs de volume intéressant une épaisseur variable pouvant aller de quelques μm à quelques centièmes de monocouche, ce qui correspond aux précisions atteintes par certaines méthodes d'analyse de surface. Malheureusement, elles restent souvent aveugles quant à la détermination de la nature chimique de l'espèce impliquée dans la transformation de la surface. Les méthodes électrochimiques doivent alors être couplées avec d'autres techniques caractérisant la chimie de surface, mais ce sont généralement des méthodes *ex situ*. Les résultats obtenus par les méthodes électrochimiques sont le plus souvent des valeurs moyennes obtenues sur toute la surface réactionnelle, ce qui a fait dire à certains que l'électrochimie ne permettrait jamais d'atteindre des renseignements à l'échelle atomique à propos de la détermination des sites réactionnels même sur des surfaces monocristallines parfaites. Des progrès considérables ont été obtenus dans ce domaine, mais il faut bien reconnaître, à l'heure actuelle, qu'ils restent une exception. On citera les couplages électrochimie/microscopie à effet tunnel et électrochimie/microscopie à force atomique.

Objectifs et réalisation des recherches appliquées

Les recherches extrêmement nombreuses, qui chaque jour se développent dans des directions nouvelles, n'ont pas toujours été à la hauteur de l'attente des industriels.

On peut citer, à ce propos, quelques «échecs» qui ont coûté très cher à la communauté des électrochimistes.

- La mise en place de la filière des piles à combustible lors des années soixante qui n'a conduit à aucune application pratique rentable.
- Les travaux concernant les photopiles électrochimiques qui n'ont pas obtenu le succès espéré mais débouchent actuellement sur d'autres applications plus fondamentales, tournées vers la physique du solide et l'électronique.
- Enfin, plus récemment encore, la fusion froide qui a mis en émoi de nombreux électrochimistes et qui a encore exacerbé la critique, voire la raillerie de la part des physiciens vis-à-vis de l'électrochimie.

Ces raisons ont conduit certains chercheurs à se tourner vers les applications de l'électrochimie en laissant de côté les problèmes de concepts et les études fondamentales. L'électrochimie étant devenue une technique, son enseignement a été morcelé. Ainsi, les processus de corrosion sont étudiés dans les cours de métallurgie, les courbes intensité-potentiel dans les cours de chimie analytique, les générateurs électrochimiques en énergétique et en génie chimique, la synthèse des corps organiques en chimie organique, la production de métaux et les traitements de surface en chimie industrielle...

Tout ceci a fait que l'électrochimie n'est pas considérée comme une discipline scientifique à part entière.

Une réalité

Malgré tout, l'électrochimie reste bien vivante et se développe constamment en s'ouvrant vers des horizons extrêmement variés.

L'électrochimie

Une grande tradition française

- Dans le domaine de la recherche fondamentale ou appliquée

De nombreux laboratoires universitaires ou associés au CNRS comptent dans leurs rangs des chercheurs ou des équipes utilisant les concepts de l'électrochimie ou les techniques électrochimiques. Ainsi, il y a une grande reconnaissance au niveau international des travaux fondamentaux effectués dans les domaines de l'énergétique, de la corrosion, de la synthèse, de l'électrocatalyse et de la caractérisation de matériaux nouveaux (applications des interfaces métal-électrolyte et semiconducteur-électrolyte)...

• *Dans le domaine de l'application technologique*

L'industrie électrochimique est vivante et son développement actuel est encourageant. De nouveaux débouchés s'ouvrent dans le domaine de la biologie, de l'environnement, du traitement des déchets et de la pollution, de l'industrie électronique, des traitements de surface, des capteurs, de l'obtention de générateurs électrochimiques d'une autre génération (véhicules électriques), de la catalyse... De nombreux chercheurs sont attirés vers l'électrochimie par cette explosion d'applications potentielles et les industrielles sont très demandeurs de formation. La fabrication de structures à l'échelle du nanomètre (nanostructures) nécessite l'utilisation de techniques *in situ* performantes, et détectant des ions en surface, ce qui met en avant, une fois de plus, l'intérêt de l'électrochimie.

Un science à part entière

- Elle étudie le passage, d'une phase à une autre, de charges de natures différentes et, dans tous les domaines scientifiques, il existe des interfaces chargées.
- Elle permet des transformations d'énergie directes et étudie ces transformations.
- Elle donne le pouvoir à l'expérimentateur de moduler à souhait la thermodynamique et la cinétique des réactions.
- Elle possède des techniques expérimentales propres et diversifiées permettant une étude *in situ* des phénomènes,
- L'électrochimie est une science au carrefour de nombreuses disciplines fondamentales, ayant de multiples applications dans des domaines variés, allant de l'électronique au traitement des déchets, de la biologie à la synthèse de matériaux, de la métallurgie à l'ingénierie, de la chimie à la géologie, les nanotechnologies...

• Elle a des applications multiples liées à sa spécificité de science de l'interface.

• Toutes ces applications utilisent des concepts macroscopiques simples et des techniques expérimentales ultrasensibles et faciles à mettre en œuvre.

Un science du XXIe siècle

- L'électricité provenant des transformations énergétiques utilisant l'électrochimie sera l'énergie la moins chère, ce qui rendra toutes les applications électrochimiques, généralement grosses consommatrices d'énergie, beaucoup plus rentables
- L'homme deviendra dépendant de l'énergie et contraint à recycler les produits comme à traiter les problèmes de pollution, et l'électrochimie lui sera d'une aide considérable à la fois pour synthétiser les produits comme pour les recycler ou éliminer les déchets.
- Les concepts de l'électrochimie des interfaces et des propriétés des membranes en particulier seront utilisés de manière plus intensive dans les domaines biologiques, dans le traitement des déchets, dans la conversion d'énergie, dans les nanostructures...

Des propositions

Pour lutter contre une situation qui semble défavorable alors que nous disposons, en France, d'un tissu dense d'hommes de qualité et de projets d'études dynamiques, il est nécessaire de modifier fortement les structures actuelles afin d'éviter la fuite du savoir et du savoir-faire actuel de nos chercheurs et enseignants, et de créer un nouveau vivier d'électrochimistes pouvant répondre à la demande des industriels et former les électrochimistes du XXIe siècle.

Pour réaliser ces objectifs, quelques mesures doivent être prises le plus rapidement possible si l'on veut enrayer cette spirale. Il faudra bien entendu choisir l'ampleur de ces mesures, les domaines dans lesquels il faudra investir des idées, des hommes et de l'argent en tenant compte des potentialités actuelles dont nous disposons et qui sont importantes, comme nous venons de le démontrer. Pour que ces propositions ne restent pas lettre morte, il est nécessaire d'agir dans plusieurs direc-

tions. Ainsi, il est nécessaire que tous les scientifiques concernés par ces problèmes se sentent motivés et agissent afin de mettre en œuvre une véritable politique de développement de la formation en électrochimie.

Ce plaidoyer est un appel à toutes ces bonnes volontés car il est nécessaire, tous ensemble :

D'agir

- Au niveau des organismes nationaux (Dred, CNRS) pour amplifier la formation à l'électrochimie...
- Au niveau du patronat PME, PMI, afin de faire connaître les spécialistes en électrochimie, l'état de leurs connaissances et les moyens de formation continue dans cette discipline. Il serait également important de connaître les besoins de ces entreprises dans les domaines scientifiques concernés par l'électrochimie afin de mettre en œuvre une véritable politique de recherche appliquée dans ces directions.

Afin de montrer :

- Notre dynamisme dans tous les domaines en faisant connaître nos objectifs vis-à-vis des autres sciences, en développant des synergies au niveau des programmes de recherches amenant les jeunes, provenant d'horizons divers, vers notre discipline.

Pour refondre ou créer :

- Les cursus d'enseignement universitaires en mettant en place des enseignements d'électrochimie comme des certificats C4 dans les maîtrises de chimie physique et de sciences physiques, des options «lourdes» au niveau des écoles d'ingénieurs ou même des cycles de spécialisation au niveau des IUP et IUT. Enfin, il sera nécessaire de créer un véritable enseignement d'électrochimie au niveau des formations d'IUFM.
- La formation continue des enseignants, des ingénieurs, des techniciens dans le domaine de l'électrochimie en impliquant tous les partenaires (enseignants, chercheurs, industriels).
- La synergie entre les disciplines en mettant en place des réunions thématiques en relation avec les autres disciplines (électronique, biologie, chimie, environnement...).
- Une structure du type de celles existant...

tant dans les pays anglo-saxons et permettant l'édition d'ouvrages traitant de l'électrochimie en langue française à tous niveaux.

Ces propositions peuvent paraître trop imprécises et mal définies, mais le but de cet article est simplement de mettre l'accent sur les problèmes existants et de créer une dynamique de la part des scientifiques français afin qu'ils s'engagent pour développer la formation et l'enseignement de l'électrochimie au sein des organismes d'éducation.

Conclusion

Il existe un très grand nombre de chercheurs, ingénieurs et enseignants chercheurs en France qui se disent concernés par l'électrochimie. Il leur appartient de faire effort pour développer cette science qui a une potentialité de développement énorme tant sur le plan fondamental que dans le domaine des applications ! Les propositions qui ont été présentées ici seront alors mises en place par les autorités concernées (ministère de la Recherche et de la Technologie, ministè-

re de l'Industrie, ministère de l'Éducation nationale, collectivités territoriales, groupes industriels, PME, PMI...) et permettront de hisser l'électrochimie française au niveau qu'elle mérite !

Si vous êtes convaincu de la nécessité de regrouper toutes les forces pour promouvoir l'électrochimie, vous pouvez écrire à la Société Française de Chimie, à l'attention du groupe Electrochimie.

Toute initiative qui contribuerait à promouvoir l'électrochimie sera bien accueillie par la SFC.

SFC

Division de Chimie Organique

JCO 95

JOURNEES de CHIMIE ORGANIQUE

Ecole Polytechnique - Palaiseau, France
12 au 15 Septembre 1995

Le programme comprendra dix conférences, des communications orales et par affiches.

Liste des conférenciers invités :

Sir D. Barton (Texas A & M University, USA); P. Boger (Scripps Research Institute, USA); A. Commerçon (R.P. RORER, France); H.J. Cristau (ENSC Montpellier, France); A. Fürstner (Max-Planck Institut für Kohlenforschung, Mülheim, Allemagne); J. Goré (Université Claude Bernard Lyon I, France); P. Knochel (Philipps Universität Marburg, Allemagne); R.A. Lerner (Scripps Research Institute, USA); P. Metzner (ISMRA Caen, France); L.E. Overman (University of California Irvine, USA).

JOURNEE PASTEUR : Mercredi 13 Septembre, sous le patronage de la Société Française de Biochimie et Biologie Moléculaire, la Société de Cristallographie et Minéralogie et la Société française de Chimie.

Liste des conférenciers invités :

A. Collet (ENS Lyon, France); E.N. Jacobsen (Harvard University, USA); J. Jacques (Collège de France, Paris); M. Lahav (Weizman Institute of Science Rehovot, Israël); P. Ribereau-Gayon (Université Bordeaux II, France); D. Thibaut (R.P. RORER, France).

Inscriptions date limite : 30 Juin 1995

S'adresser à : JCO 95 ; Congrès Scientifiques Services
Mme C. IANNARELLI
2, Rue des Villarmins ; B P 124 ; 92 210 SAINT CLOUD ; France.
Tel. (33 1) 47 71 90 04 Fax (33 1) 47 71 90 05

Communications par affiches date limite : 30 Avril 1995.

Société Française de Chimie - Division de Chimie Organique - 250 rue Saint Jacques - 75005 Paris
Association loi 1901 reconnue d'utilité publique

Notions élémentaires de cristallographie

Sur quelques structures cubiques ou dérivées vues autrement

Jean Gaudé* maître de conférences

Dans la découverte des empilements et structures dérivées que nous faisons [1, 2], nous proposons une vision des mailles cristallines plus « proche » de la réalité que ce qu'il est habituel de trouver dans les manuels de cours. Il en résulte une exposition de l'architecture cristalline plus satisfaisante pour un lecteur novice. Le troisième et dernier volet de cette présentation va concerner quelques réseaux essentiellement cubiques avec, pour premier exemple, une structure qu'il n'est pas facile de trouver illustrée dans son intégralité, la structure spinelle, qui comporte il est vrai ... 56 atomes ! Notre façon d'aborder ce genre d'étude y démontre son intérêt.

Descriptions et illustrations

Le spinelle AB_2O_4

Pour comprendre le dessin représentant ce réseau (figure 1), il faut savoir que le cube renferme 8 molécules AB_2O_4 , et que l'empilement originel, à partir duquel se réalise le remplissage des sites tétraédriques et octaédriques par, respectivement, les atomes A et B, est basé sur l'oxygène. La figure présentée est le résultat de cette occupation.

Soit un cube à faces centrées (CFC) d'atomes A et d'arête a divisée dans les trois dimensions en huitièmes (symbole : le petit cube au premier plan).

Décalsés de cette façon de chaque face du grand cube, 8 cubes d'arête $2a/8$ sont disposés comme indiqué. Chacun de ces cubes contient, agencés de la même manière tétraédrique

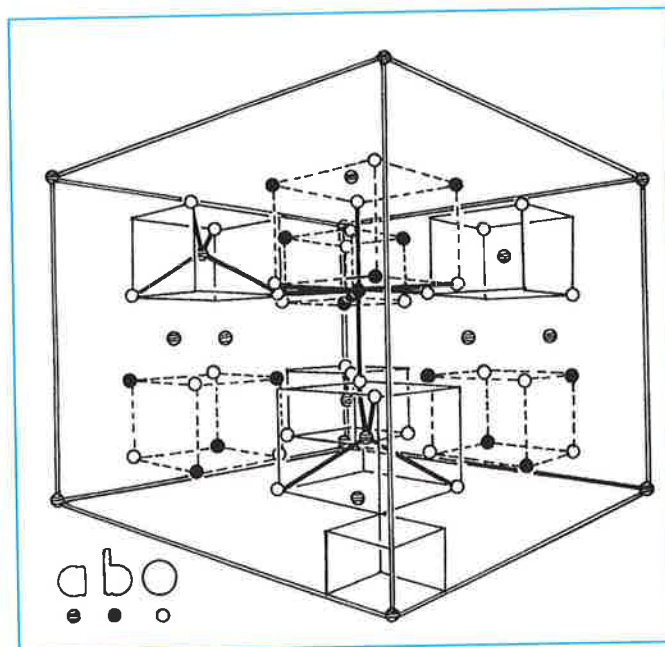


Figure 1 - Représentation de la structure spinelle (8 molécules AB_2O_4) sur la base d'un cube à faces centrées d'atomes de type A. Le petit cube d'arête $a/8$ au premier plan permet de mieux situer les autres cubes internes d'arête $2a/8$ qui, tous, contiennent les atomes d'oxygène selon la même disposition (celle-ci est au total de type CFC). Noter les tétraèdre AO_4 et octaèdre BO_4 . Voir texte pour l'environnement et la mesure de la place exacte de O.

partout, 4 atomes d'oxygène. Tout l'oxygène est ainsi représenté : $8 \times 4 = 32$ atomes.

Chacun de ces petits cubes incorpore en fait, alternativement, les motifs AO_4 et B_4O_4 comme parfaitement visible sur le croquis : A au centre de 4 cubes et B venant occuper les sommets restés libres auprès de l'oxygène dans les 4 autres cubes. D'où : $4 \times 1 = 4$ atomes A et, $4 \times 4 = 16$ atomes B.

En prenant en compte les 4 atomes A de l'empilement d'origine, la formule de la maille élémentaire est bien $A_8B_{16}O_{32}$.

Les traces de l'origine CFC de l'empilement des atomes d'oxygène sont visibles sur le dessin sous la forme d'un cube d'arête $6a/8$ (cf. face de droite).

La nature tétraédrique de l'environnement des atomes A étant définie et évidente sur le croquis, celle, octaédrique, des atomes B, qui possèdent donc 6 voisins O à une distance égale à $2a/8$, est précisée également sans difficulté.

* Université Rennes I, Laboratoire de chimie du solide et inorganique moléculaire, URA 1495, Groupe de cristallographie, UFR/SPM, campus de Beaulieu, avenue du Général Leclerc, 35042 Rennes Cedex. Tél. : 99.28.69.73. Fax : 99.63.57.04.

Par ailleurs, en prenant en compte le cube AO_4 au premier plan et ses voisins immédiats, qui tous possèdent 4 sommets occupés par B, chacun peut voir (cet arrangement n'est pas tracé pour ne pas alourdir le dessin) que l'atome O est entouré par 1 A et 3 B.

Cette structure idéale n'est pas celle qui se rencontre dans la réalité, et ceci pour deux raisons :

- Les sites tétraédriques accueillent, en fait, des ions plus gros que l'espace offert, en conséquence de quoi, les tétraèdres gonflent, repoussant ainsi les O, d'où une déformation interne que l'on mesure selon la distance séparant un ion O de la face du grand cube, voisine donc de $3 a/8$, telle que celle qui apparaît sur le dessin, en juxtaposant sur la même verticale les arêtes $a/8$ et $2 a/8$ au premier plan.
- La disposition rigoureuse expliquée plus haut (A dans un tétraèdre, B dans un octaèdre) est qualifiée de directe ou normale. Lorsque, pour diverses raisons qu'il n'est pas utile de présenter ici, ce genre d'ordre ne se réalise pas, il se produit un échange *partiel ou total* des atomes A avec B caractéristique d'un type qualifié d'inverse ou indirect. Cette structure varie donc entre les formules moléculaires unitaires limites $A_{\text{tétra}}(BB)_{\text{octa}}O_4$ et $B_{\text{tétra}}(AB)_{\text{octa}}O_4$ avec un facteur d'inversion, que l'on introduit alors, égal au maximum à 0,5.

NaCl et CdCl₂

Il existe une filiation directe entre ces deux structures. La mettre en évidence est très simple si l'on aborde la première sur la base d'un empilement CFC d'ions métalliques (et non d'anions comme il est de règle - cf. ci-après) en considérant donc les couches caractéristiques de ce type ABCA..., ce qui amène à observer le cube selon une diagonale [1].

La structure NaCl

Elle dérive du remplissage de tous les sites octaédriques d'un empilement CFC d'ions Cl^- par des ions Na^+ . Le dessin de la figure 2, dans l'optique de la description de la structure $CdCl_2$, présente les divers plans parallèles occupés alternative-

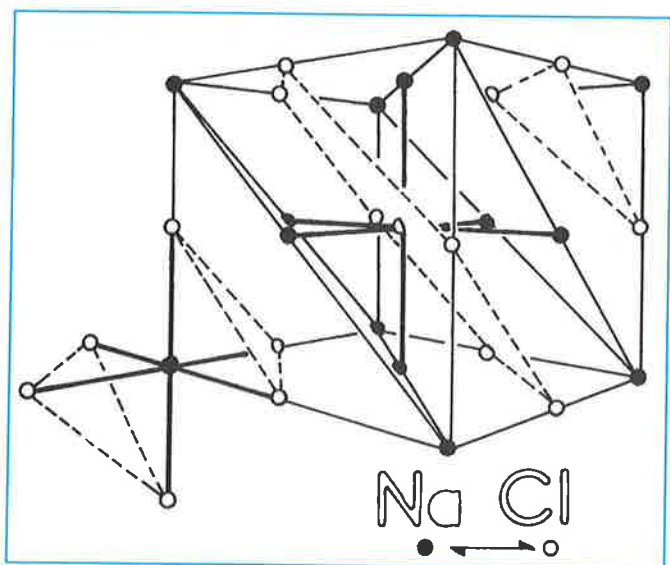


Figure 2 - Structure NaCl. Le cube est illustré de manière à faire apparaître les divers plans permettant de générer la structure $CdCl_2$ de la figure 3 (voir texte). Les environnements octaédriques des 2 types d'atomes sont indiqués.

ment par les anions ou les cations, en montrant que ceux-ci sont chacun en sites octaédriques de l'autre espèce (coordinences 6 : 6) tant et si bien qu'il est possible de prendre l'un ou l'autre des ions pour bâtir l'empilement originel, d'où le préambule à l'étude des deux structures.

Le cube $NaCl$ renferme 4 molécules.

La structure $CdCl_2$

La formule de ce composé montre, par rapport à celle qui vient d'être décrite, qu'il y a 2 fois plus de Cl^- que de Cd^{2+} , soit, en se référant à la structure $NaCl$, une succession des plans cations-anions qui de $Na Cl Na Cl Na Cl Na...$ se transforme en $Cd Cl \diamond Cl Cd Cl \diamond.....$ dans laquelle \diamond indique l'absence d'un plan métallique. Il apparaît ainsi des entités $[Cl Cd Cl]$ que l'on qualifie du nom de feuillet.

Afin de retrouver un plan Cd final identique au plan Cd initial il est nécessaire de parcourir 2 cubes ainsi que le montre la figure 3. Celle-ci, pour des raisons de clarté et de vérité, est tracée en ne faisant figurer que les ions participant à l'édification de la maille c'est-à-dire que la succession des plans a été réduite de la manière suivante:

$Cd (Cl) \diamond Cl Cd (Cl) \diamond (Cl) Cd Cl \diamond (Cl) Cd$
 (Cl) étant un plan dont aucun ion n'est inclus dans le prisme référence. Comme on peut le voir, celui-ci est de type rhomboédrique (toutes les faces sont des losanges) et ne renferme qu'une molécule $CdCl_2$. Les voisins immédiats de Cl sont 3 Cd, et Cd est par définition dans un octaèdre de Cl (cf. maille $NaCl$). La structure est dite feuilletée et met en jeu des liaisons fortes ($Cd^{2+} - Cl^-$) intrafeuilletés et des liaisons plus faibles ($Cl^- - Cl^-$) interfeuilletés.

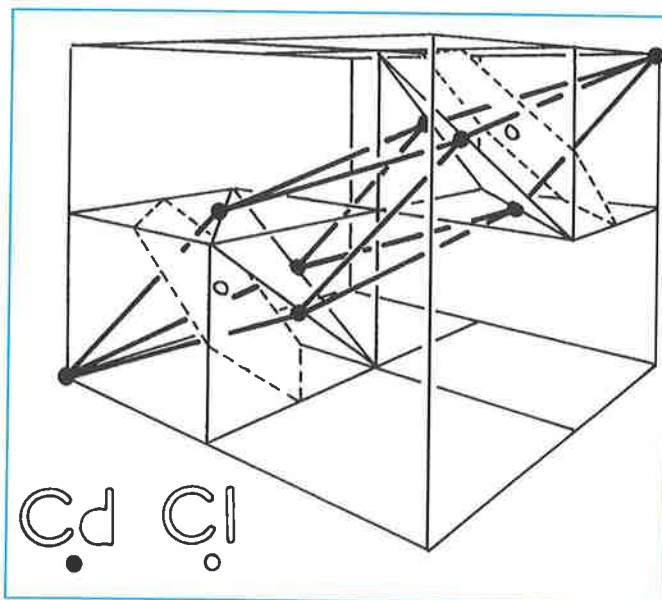


Figure 3 - Illustration de la façon de dériver la structure $CdCl_2$ de celle de $NaCl$. Comparer les divers plans avec ceux de $NaCl$: ceux qui sont montrés sont en partie dépouillés de leurs atomes, ceux qui sont absents le sont pour deux raisons (voir texte).

La structure blende ZnS

Il s'agit d'un cube de type CFC (contenant donc 4 molécules) dans lequel les deux éléments sont en sites tétra-

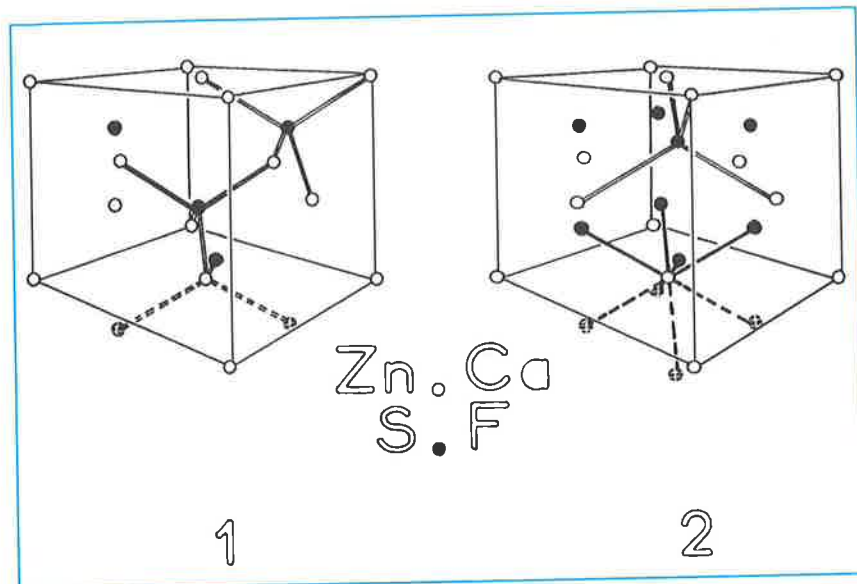


Figure 4 - Vue comparative de la géométrie cubique des structures ZnS blende (gauche) et CaF₂ (droite).
 1 : La blende est un réseau CFC dont la moitié des sites tétraédriques est occupée (coordinances 4 : 4). Si, en lieu et place de Zn et S, il n'y avait que des atomes de carbone, la structure diamant apparaîtrait.
 2 : La fluorine est un réseau CFC de Ca dont tous les sites tétraédriques sont occupés par le fluor, d'où les coordinances (dans l'ordre) 8 : 4.

édriques (alternativement 1 plein et 1 vide, le nombre égal d'anions et de cations imposant une occupation de la moitié des sites). La figure 4-1 illustre cette disposition qui est aussi celle du diamant lorsque tous les atomes sont du carbone.

La fluorine CaF₂

La maille élémentaire de ce fluorure est présentée habituellement comme résultant du remplissage, par les ions fluor, des sites tétraédriques d'un empilement CFC d'ions calcium. Le réseau cubique comporte donc 4 molécules, et le calcium est entouré par 8 ions fluor. C'est ce que montre le dessin de la figure 4-2 très proche sur le plan géométrique de la figure 4-1.

A l'origine de ce réseau on trouve, en fait, un empilement de plusieurs cubes simples d'ions fluor renfermant en leur centre, une fois sur deux (respect du rapport Ca²⁺/F⁻ = 1/2), un ion calcium.

Nous vous proposons de réaliser, sous la forme d'un petit exercice, le passage de la seconde forme à la première, simplement à l'aide d'une projection sur un plan côté 0.

Imaginer une espèce de «Rubik's cube» constitué par 3x3x3 cubes simples de fluor dont les centres sont occupés comme précisé plus haut par les atomes métalliques.

Projeter successivement chaque ensemble de 9 cubes de fluor (3x3x1), avec leurs ions calcium.

En reliant ceux-ci entre eux :

a - La première projection fait apparaître un carré de type centré.

b - La seconde montre que les ions calcium, situés donc uniquement au-dessus des centres des petits carrés de fluor restés vides en a forment eux aussi un carré dont les coins sont projetés au milieu des arêtes du carré premier formé de Ca.

c - La dernière, strictement identique à la première, dessine

un carré de Ca centré, exactement superposable au premier tracé.

Cet ensemble génère dans l'espace un cube à faces centrées d'ions calcium qui emprisonne 4 ions fluor (**par plan en gras**) dans la succession cotée (de bas en haut) résumant les projections effectuées :

O(F), 0,5(Ca), **1(F)**, 1,5(Ca), **2(F)**, 2,5(Ca), 3(F)

Remarque: il existe une variante de cette structure dans laquelle l'occupation cations anions est inversée (ex. : Li₂O). L'appellation est alors *anti-fluorine*.

Le structure CsCl

On la représente habituellement (figure 5) sous la forme de 2 cubes simples de césium et de chlore imbriqués l'un dans l'autre (coordinances 8 : 8). Ce type de réseau est dit simple (et non centré) car les atomes à l'origine du prisme n'ont pas leur équivalent au centre du cube.

Il y a (d'ailleurs) 1 seul motif CsCl dans un cube.

La structure perovskite ABO₃

Les deux représentations que nous avons faites sur la figure 6 permettent de mettre en évidence la façon de les déduire l'une de l'autre en même temps que les environnements de chaque espèce atomique. Il s'agit d'une structure cubique dans laquelle l'élément B est en site octaédrique d'oxygène (cube en traits pleins), tandis que (cube en pointillés) l'oxygène a pour voisins 2 atomes B, et A possède 12 voisins oxygène.

Cette deuxième représentation permet aussi de montrer la parenté étroite d'une autre espèce structurale, le type ReO₃, qui est en fait une perovskite lacunaire en A (suppression de l'atome A du centre du cube).

Ces deux structures ABO₃ et δ BO₃ renferment 1 seule molécule par maille.

Conclusion

La présentation de la genèse et de l'aspect de quelques types structuraux de base en cristallographie que nous avons voulu

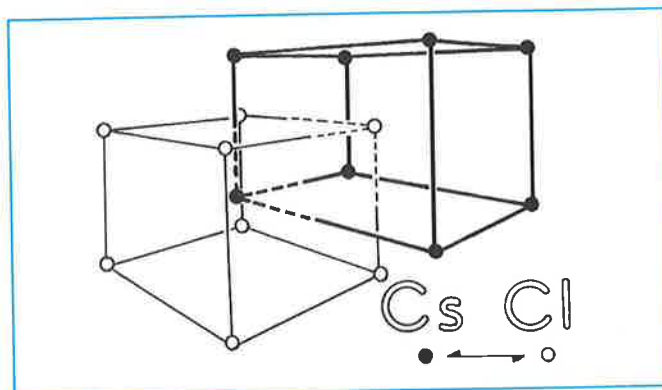


Figure 5 - Structure CsCl sous son double aspect à coordinances 8 : 8 ; cube simple de Cs⁺ (ou Cl⁻) dont le centre est occupé par Cl⁻ (ou Cs⁺).

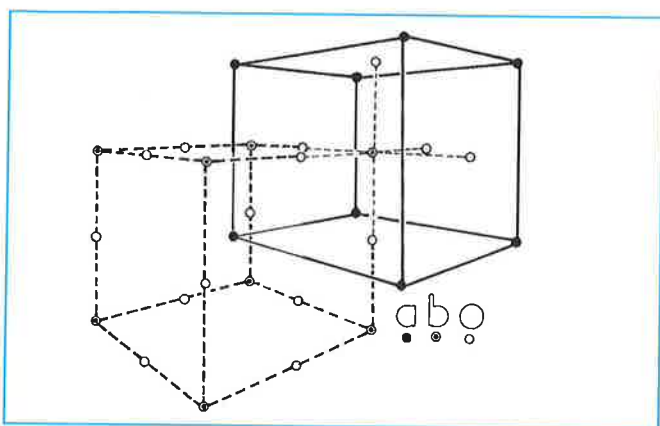


Figure 6 - Double représentation de la structure perovskite cubique ABO_3 permettant de découvrir toutes les coordinences : B dans un octaèdre de O (cube en traits pleins) et (cube en pointillés) O entre 2 B et A avec ses 3 x 4 premiers voisins O. L'absence de A au centre de ce second cube génère un réseau apparenté : $\emptyset BO_3$, (avec \emptyset = lacune de A) dont le prototype est ReO_3 .

concise, claire et avant tout explicite, se termine avec cette troisième partie.

Le moyen envisagé à l'origine était de proposer des schémas (empilements et occupations des sites qu'ils offrent) qui mettraient l'observateur, en l'occurrence l'étudiant, dans un contexte, lui permettant, moyennant un petit temps d'accoutumance quelquefois, de recevoir une information pratique aussi peu équivoque que possible.

Ce travail ne prétend pas être autre chose qu'une présentation parmi d'autres, mais il a pour lui le double mérite de la rigueur et du souci esthétique.

Références

- [1] Gaudé J., *L'Actualité Chimique*, 1989, novembre-décembre, p. 159-163.
 [2] Gaudé J., *L'Actualité Chimique*, 1994, juillet-août, p. 16-18.

SFC

Division Chimie du solide

Vth European Conference on Solid State Chemistry

Le Corum-Montpellier

4-7 septembre 1995

Cette Conférence se situe dans la continuation d'un cycle de conférences qui ont lieu tous les deux ans et permettent à la communauté des chimistes européens du Solide de se retrouver et de faire l'état de l'art dans leur champ d'activité. Tous les domaines de la chimie du solide seront donc abordés, qu'ils concernent les aspects expérimentaux, théoriques ou appliqués.

Deux types de communications seront présentées : 9 conférences plénières et des conférences de 20 minutes. Langue officielle : français (l'anglais pourra être utilisé).

Date limite de soumission des résumés de communications : 30 avril 1995.

Conférenciers pléniers : Jan Otto Carlson (Upsal, Suède), Stephen R. Elliot (Cambridge, Royaume-Uni), Arne Kjekshus (Oslo, Norvège), Philipp Gütlich (Mayence, Allemagne), Rüdiger Kniep (Darmstadt, Allemagne), Arndt Simon (Stuttgart, Allemagne), Clément Sanchez (Paris), Bernard Raveau (Caen), Claude Delmas (Bordeaux).

Une exposition de matériels, équipements, publications est prévue.

Renseignements : Secrétariat «Vth European Conference on Solid State Chemistry», Réf. : H 373, Laboratoire de physicochimie des matériaux solides, Université de Montpellier II, CC003, 2, place E. Bataillon, 34095 Montpellier Cedex 5. Tél. : 67.14.33.43. Fax : 67.14.42.90.

L'ENSEIGNEMENT DE LA CHIMIE EN EUROPE : ERASMUS ET SOCRATES

Les programmes Erasmus qui existaient depuis 1987 seront remplacés prochainement par les programmes Socrates. La Commission des Communautés européennes fait le bilan des différents programmes qui ont fonctionné pour certaines matières. En octobre 1994, le fonctionnement des programmes de droit a été évalué. La prochaine évaluation concerne la chimie et c'est à CPE Lyon* que la Commission des Communautés européennes a confié l'organisation scientifique et logistique d'un colloque, les 23 et 24 mars 1995 sur le thème : «la chimie en Europe : bilan et perspectives». Ce colloque a pour mission de faire le point sur les programmes passés et de dresser un état des exigences à prendre en compte pour la formation des chimistes dans l'Europe de demain. Un comité scientifique a été chargé d'élaborer des rapports nationaux, point de référence des débats qui se dérouleront tout au long des deux journées. Un compte rendu de ce colloque sera publié dans *L'Actualité Chimique*.

Rappelons qu'Erasmus signifie European Action Scheme for the Mobility of University Students. Ces programmes avaient pour mission d'encourager les initiatives de coopération entre les établissements d'enseignement supérieur : échange de professeurs, d'étudiants, mais aussi méthodes pédagogiques communes, organisation conjointe de conférences ou de séminaires.

Chaque année, les établissements d'enseignement supérieur soumettaient à la commission des Communautés leurs programmes parmi lesquels elle choisissait en fonction de critères imposés. L'établissement recevait alors une aide financière et des bourses pour ses étudiants souhaitant bénéficier des programmes d'échange.

Rappelons l'existence d'autres programmes tel que Lingua (langues), Comett (échanges industrie/universités)...

En bref

Durant l'année 1995, Erasmus sera remplacé par les programmes Socrates. La Communauté a alloué 850 millions d'Ecu pour les 5 ans à venir, avec une possibilité de révision dans deux ans.

Les actions prioritaires de Socrates sont au nombre de trois :

- promouvoir la dimension européenne dans les établissements d'enseignement supérieur,
- bâtir des réseaux universitaires européens,
- financer les subventions pour la mobilité étudiante.

Une partie du budget sera consacrée au primaire et au secondaire ce qui n'était pas jusqu'à présent une des préoccupations de la Communauté.

* CPE Lyon, 43, bd du 11 novembre 1918, BP 2077, 69616 Villeurbanne Cedex (prof. J. Huet). Tél. : 72.43.15.25. Fax : 78.93.13.96.

MICHEL BOYER PRÉSIDENT DES OLYMPIADES NATIONALES DE LA CHIMIE

Michel Boyer, professeur à l'université P. et M. Curie (Paris VI) a été nommé président des Olympiades nationales de la chimie. Il succède au professeur Gérard Montel, cofondateur de ces Olympiades, qui en reste le président d'honneur. Michel Boyer dirige le Laboratoire d'enseignement de chimie inorganique de l'UPMC, il est délégué régional des Olympiades nationales de la chimie pour l'Académie de Paris et responsable scientifique de l'Archimium, le projet du Muséum de la chimie de Saint-Fons en région Rhône-Alpes (cf. *L'Actualité Chimique*, 1994, 5, p. 7-9).

DEVENIR DES DIPLOMÉS 1992 DES IUT «CHIMIE» ET «GÉNIE CHIMIQUE»

L'Union des Industries Chimiques* a publié les résultats de son enquête annuelle sur le devenir des diplômés (DUT) des départements «chimie» et «génie chimique» des IUT.

Le taux des DUT qui poursuivaient leurs études au moment de l'enquête est important : 45,3 % pour la chimie, 47,5 % pour le génie chimique.

Ces chiffres dépassant - de loin - ceux relatifs aux entrées des têtes de promotions de DUT dans les écoles d'ingénieurs.

Ils correspondent à une réelle déviation du rôle des IUT dont la vocation est de déboucher directement dans le milieu professionnel. La moitié des DUT de chimie qui poursuivent des études se sont inscrits à l'université. Le rapport de l'UIC insiste sur les dangers d'une telle situation : «Les jeunes qui espèrent sans doute trouver de meilleurs débouchés en poursuivant cette voie devraient faire l'objet d'une sérieuse mise en garde concernant les fortes désillusions auxquelles ils s'exposent dans l'industrie». Pour les titulaires d'un DUT de génie chimique, la situation est moins inquiétante car les poursuites d'études sont plus professionnelles, avec seulement 3 % de «maîtrises générales». Notons encore cette remarque du rapport UIC : «Une information sur les possibilités de développement des qualifications par la voie de la formation continue durant la vie professionnelle devrait être mieux faite auprès des étudiants et une politique des entreprises dans ce domaine mieux affichée. Il faut

espérer que les possibilités de formations complémentaires, et entre autres les filières de «nouveaux ingénieurs», permettront à moyen terme de stabiliser et mieux encore de diminuer la part des poursuites de la formation initiale.

* Ce rapport peut être demandé à l'UIC. Département scientifique et de la formation, 14, rue de la République, Puteaux Cedex 99, 92909 Paris La Défense. Tél. : (1) 46.53.11.00. Fax : (1) 46.53.11.04

STATISTIQUES SUR LES DIPLOMES DE CHIMIE

L'Union des Industries Chimique a fait paraître, fin 1994, le recueil des statistiques des diplômés intéressant plus particulièrement l'industrie chimique, diplômés délivrés en 1993 par l'Éducation nationale.

Le recueil a été établi par l'UIC en s'adressant directement aux rectorats, IUT et écoles d'ingénieurs concernés.

La statistique des certificats délivrés par l'Association Nationale pour la Formation Professionnelle des Adultes est également jointe.

* Union des Industries Chimiques, 14, rue de la République, Cedex 99, 92909 Paris-La Défense. Tél. : (1) 46.53.11.00. Fax : (1) 46.53.11.04.

MASTÈRE SPÉCIALISÉ PROCÉDÉS EXTRACTIFS

Au vu du succès de la première année du mastère spécialisé «procédés extractifs», Archimex (centre de recherche et de formation en chimie extractive) et l'École Nationale Supérieure de Chimie de Rennes renouvellent ensemble cette formation en 1995. Accrédité par la Conférence des Grandes Écoles, ce mastère forme des spécialistes en chimie extractive, directement opérationnels dans les industries alimentaires, pharmaceutiques, cosmétiques et chimiques. A l'issue de cette formation, les participants sont

capables de maîtriser l'ensemble des procédés de fractionnement, d'extraction et de purification pour le développement de nouveaux produits (ingrédients, colorants, arômes, principes actifs...) à partir de matières premières d'origine naturelle et de coproduits industriels. Le mastère est accessible aux diplômés bac + 5 minimum en chimie, biochimie, agro-alimentaire ou pharmacie, ainsi qu'aux cadres de l'industrie (niveau bac + 4) en formation continue. Pour ces derniers, un aménagement plus souple des cours est proposé.

Date de clôture des inscriptions : 9 juin 1995

Début de la formation : 2 octobre 1995

- **Renseignements : Archimex, PIBS, CP n° 31, 56038 Vannes Cedex. Tél. : 97.47.06.00. Fax : 97.47.56.90 ; ou ENSCR, avenue du général Leclerc, 35700 Rennes Beaulieu. Tél. : 99.87.13.02. Fax : 99.87.13.99.**

ÉDITION 1994 DU GUIDE DES AIDES AUX FORMATIONS DOCTORALES OU POSTDOCTORALES

L'édition 1994, 9e édition, du Guide des aides aux formations doctorales ou postdoctorales paraît en trois parties. Le MAE (ministère français des Affaires étrangères) a confié l'ANDÈS (Association Nationale des Docteurs ès Sciences) mission de rechercher une plus grande exhaustivité dans l'inventaire des accords bilatéraux qui constituait le chapitre II dans les éditions précédentes. L'étude faite par l'ANDÈS a semblé une excellente base de départ. Aussi une enquête cosignée ANDÈS/MAE a été adressée à l'ensemble des postes diplomatiques culturels et scientifiques, accompagnée d'un exemplaire du Guide 1993 et d'un calendrier. En juin 1994, 31 postes avaient répondu. Cette collaboration prévoit l'édition séparée de cette partie du Guide, en co-édition ANDÈS/MAE/MESR/ministère de la Coopération. La conséquence de cet accord a

En bref

été un retard dans la publication du guide complet.

La partie I (72 pages) recense les bourses doctorales et postdoctorales des organismes publics français, au nombre de 36 dont 4 nouveaux : CSTB, ENST, HEC et LCPC. Elle a été éditée en premier, en juin 1994. La partie II rassemble les aides proposées par 29 organisations internationales, 20 collectivités territoriales, des industriels, 76 associations, fondations et institutions privées, ainsi qu'un nouveau chapitre décrivant plus de 150 prix scientifiques du secteur biomédical. Cette partie constitue un fascicule de 172 pages ; elle est parue en septembre. La partie III vient de paraître : 138 pages. Elle décrit les accords intergouvernementaux gérés par le MAE, le MERS, la DGA et le ministère de la Coopération, les accords interorganismes, bilatéraux (51 pays) et interuniversitaires.

Chaque partie contient son propre index.

Pour l'ensemble de l'ouvrage, le prix est de 175 F plus 30 F de port ; pour les membres de l'ANDÈS, un tarif préférentiel est consenti, à savoir : 150 F plus 30 F de frais de port.

- * **ANDÈS, 16, rue Claude Bernard, 75231 Paris Cedex 05. Tél. : (1) 43.37.51.42. Fax : (1) 43.37.18.42.**

CRÉATION D'UN ORGANISME PARITAIRE COLLECTEUR

Les organisations professionnelles des industries chimiques, pétrolières et pharmaceutique, ainsi que l'ensemble des organisations représentatives de salariés dans ces trois branches, ont signé en

décembre dernier un important accord en matière de formation professionnelle créant un organisme paritaire collecteur agréé (OPCA) commun.

L'organisme paritaire mis en place concerne plus de 300 000 salariés. Il a pour mission, grâce notamment à la mutualisation des fonds de la formation professionnelle (alternance, apprentissage, capital temps de formation...), de participer au développement de politiques actives dans les domaines de l'insertion des jeunes et de la formation continue.

Il délèguera les missions nécessitant une relation directe avec les entreprises à une association émanant des organisations professionnelles des trois branches qui assurera la mise en œuvre des dispositions définies nationalement, en s'appuyant, en fonction des besoins, sur des représentations régionales.

Dans le cadre de cet accord, les partenaires sociaux doivent ouvrir des négociations, dans chaque branche, sur les conditions de mise en œuvre du capital temps de formation au cours du premier semestre 1995.

PROGRAMME DE FORMATION POUR MANAGERS EUROPÉENS AU JAPON

Le Centre EU-Japon pour la coopération industrielle organisera, du 8 août au 24 novembre 1995 au Japon, son 17e programme de formation destiné aux cadres européens expérimentés commerciaux/administratifs et techniques (ingénieurs). Il offrira aux participants une présentation large et approfondie d'aspects techniques et de gestion du commerce et de

l'industrie du Japon. Les questions abordées auront un intérêt direct pour les entreprises européennes désireuses de faire des affaires au Japon ou avec des sociétés japonaises dans d'autres régions du monde.

La formation prendra la forme d'exposés, de visites, de séminaires, etc., au cours de la phase «théorique» initiale de 12 semaines, complétée par une phase «finale», d'une durée de 4 semaines, que les participants passeront dans une entreprise japonaise. Ils pourront ainsi acquérir une connaissance approfondie des questions qui les intéressent plus particulièrement. Ces stages seront organisés par le Centre compte tenu des préférences des participants. En fin de formation, les participants devront établir un rapport.

La deuxième partie sera divisée en une option «management» et une option «ingénieurs».

Les visites de 20 à 30 installations industrielles constitueront un élément essentiel de la formation et permettront aux participants de voir la mise en application des méthodes étudiées. Les entreprises constitueront un échantillon très représentatif de l'industrie japonaise ; le programme dépasse ainsi largement le niveau du «tourisme industriel».

Le coût de la participation est pris en charge par le Centre. Les entreprises devront normalement prendre à leur charge les frais de voyage, ainsi que les frais de séjour. Des bourses couvrant la majeure partie de ces derniers frais sont disponibles pour les petites et moyennes entreprises.

Les participants doivent être ressortissants d'un État membre de l'Union européenne et maîtriser suffisamment l'anglais pour pouvoir suivre le programme, qui se déroulera dans cette langue. Ils doivent être âgés d'au moins 35 ans.

- * **Patricia Lafage, Daniel Porte Consultants, Tour Franklin, La Défense 8, 92042 Paris-La Défense Cedex. Tél. : (1) 41.25.01.00. Fax : (1) 41.25.01.01.**

Gestation du concept de réaction chimique entre les affinités électives et l'attraction universelle

Maurice Padeloup* maître de conférences

Clov. : ... Tu m'as posé ces questions des millions de fois.
Hamm. : J'aime les vieilles questions. (Avec élan) Ah les vieilles questions, les vieilles réponses, il n'y a que ça !

Samuel Beckett
Fin de partie, Les Éditions de Minuit, 1957

Le XVIII^e siècle est le siècle de la chimie, celui au cours duquel, de Stahl à Lavoisier, se sont accumulés les résultats et déroulés les affrontements qui ont permis de construire des bases solides pour cette science devenue autonome.

La chimie se définit comme la science de la matière et de ses transformations. Si ces deux aspects se concilient bien aujourd'hui, ils apparurent au début comme devant s'exclure mutuellement.

Les transformations qu'étudie la chimie, à savoir les réactions chimiques, sont radicalement différentes de celles qui s'observent le plus couramment dans la nature. Leur caractère singulier vient de ce qu'elles sont limitées dans le temps, souvent violentes et brutales, irréversibles spontanément. Elles manifestent des capa-

cités particulières d'interaction entre certaines substances, irréductibles aux lois de la dynamique des processus continus et réversibles (tels que par exemple les changements d'état).

Cette spécificité des réactions chimiques parmi les transformations reconnues dans le monde matériel a fait problème pendant tout le XVIII^e siècle.

Un grave dilemme pour la chimie débutante : sera-t-elle une science de la matière ou bien une science des réactions ?

La mécanique des forces d'attraction de Newton s'affirmant comme triomphante, certaines tendances de la chimie cherchent à l'aligner sur une science de la matière d'obéissance newtonienne. Tout se ramènerait alors à des attractions variables entre les particules constitutives, dont il suffirait de reconnaître les différents modes d'arrangement possibles. Les réactions chimiques seraient alors des processus parmi les autres interactions de la mécanique, et de même nature.

Cette voie, qui s'est développée à la fin du siècle, s'oppose à celle qui s'est affirmée depuis son début et qui prend en compte le caractère spécifique des réactions chimiques par rapport à

l'ensemble des transformations de la matière. L'orientation initiale fut en effet donnée, en 1718, par la première version des tables d'affinités établies par Geoffroy. Remaniées et améliorées par la suite, en particulier par le chimiste suédois Bergman, il ne faut pas se méprendre sur l'intitulé que ce dernier leur a donné (*affinités chimiques* ou *attractions électives*). Bien que leur auteur se déclare acquis à la théorie de la gravitation universelle, ces attractions électives ne sont pas celles que décrivent les fonctions continues de Newton ou de Laplace. Elles traduisent au contraire la nécessité de traiter chaque réaction chimique comme un état discret, reproductible mais spécifique. La chimie serait alors une science des réactions, plutôt qu'une science de la matière.

Remarquons, dans cet ordre d'idées, que nous savons aujourd'hui que les propriétés chimiques (et la plupart des propriétés physiques) des substances viennent de la distribution des électrons à l'intérieur des atomes et des molécules. Or, dans les atomes des éléments de l'écorce terrestre, c'est en moyenne

Affinités électives

Appellation popularisée par l'essai de Goethe sur les *Affinités électives* (1809).

* Laboratoire d'étude des méthodes modernes d'enseignement (LEMME), Université Paul-Sabatier, 118, route de Narbonne, 31062 Toulouse Cedex. Tél. : 61.55.68.87. Fax : 61.55.83.19.

** Nous remercions l'École Nationale Supérieure de Chimie de Toulouse pour son aimable autorisation de reproduction de son article publiés dans sa revue *Fréquence Chimie*, 1994, 2, p. 18-25.

99,97 % de la matière qui se trouve concentrée dans les noyaux. C'est donc avec une minorité agissante de seulement 0,03 % de la matière qui entraîne le reste que se réalisent les transformations de la chimie !

La chimie sera-t-elle une branche de la physique newtonienne ou une science autonome non newtonienne ? Telle est donc la question décisive qui se pose vers les années 1800.

Le phlogistique, les affinités et les nombres proportionnels

La doctrine des affinités, concept clé qui spécifie la chimie et dont l'idée remonterait à Albert le Grand, s'est développée parallèlement à celle du phlogistique. C'est en effet Stahl, le père du phlogistique, qui prend en compte le fait que de nombreux corps se combinent alors que rien ne semble les y prédisposer. En particulier, ils échappent au fameux principe de similitude (le semblable va vers le semblable... depuis Empédocle, 450 avant J.C.) auquel on se réfère encore volontiers à cette époque. C'est donc que lorsque deux corps réagissent chimiquement, ils échangent quelque chose de matériel qui est de l'ordre de ce qu'on appellera, à la suite de Stahl, l'élément-principe *phlogistique* qui se dégage lors des réactions de combustion ou de calcination des métaux. Car on admet très tôt que le phlogistique peut simplement s'échanger au cours de certaines réactions chimiques, sans se dégager.

Très tôt également on remarque les réactions de déplacement des acides ou des métaux dans leurs sels, et de double décomposition réciproque des sels en solution. L'idée s'affirme que certains éléments tendent systématiquement à s'apparier, jusqu'à se séparer d'un partenaire qui les attire moins dans une autre combinaison. Le concept d'affinité naît du souci des premiers chimistes de déchiffrer les règles de ce jeu des amours et des haines moléculaires (invoquées aussi par Empédocle...) qui leur paraissent stables, précises et compréhensibles.

Les tables d'affinités qui furent élaborées au cours du XVIIIe siècle sont qualitatives, mais suffisamment

The table consists of a grid of 16 columns and 10 rows. Each cell contains a chemical symbol representing a substance. The symbols are arranged in a way that shows their relative affinities for different acids. The legend below the table identifies the symbols:

- ~ Eprits acides
- ⊕ Acide du sel marin.
- ⊖ Acide nitreux.
- ⊗ Acide vitriolique.
- ⊙ Sel alcali fixe.
- ⊘ Sel alcali volatil.
- ▽ Terre absorbante
- SM Substances métalliques
- ☿ Mercure
- ♁ Regule d'Antimoine.
- ♃ Or
- ♄ Argent
- ♁ Cuivre
- ♂ Fer
- ♁ Plomb.
- ♁ Etain.
- ♁ Zinc.
- PC Pierre Calaminaire.
- ♁ Soufre minéral
- ♁ Principes huileux ou sels principes
- ♁ Esprit de vinaigre
- ▽ Eau.
- ⊖ Sol.
- ♁ Esprit de vin et Esprits ardens

Figure 1 - Table d'affinités de Geoffroy (*Mémoires de l'Académie royale des sciences*, 1718, p. 212).

explicités pour pouvoir être utilisées à la manière de nos actuelles échelles d'électronégativité par exemple. La *table des différents rapports observés entre différentes substances* de Geoffroy (figure 1) se présente sous forme d'un tableau à 16 colonnes dans lesquelles les corps figurés par leurs symboles alchimiques sont rangés par ordre décroissant de leur affinité pour celui qui est en tête de chaque colonne.

Le succès de ces tables culmine avec celles qui furent établies par Bergman en 1775, et qu'il tira de la comparaison de nombreuses réactions effectuées par voie sèche (entre solides ou corps fondus) et par voie humide (en solution) et de résultats d'analyses quantitatives sur 59 substances représentant un potentiel de 30 000 expériences distinctes. Macquer introduisit les tables de Bergman dans l'édition de 1778 de son *Dictionnaire de chimie*, et Guiton de Morveau traduisit ses *Opuscules chimiques et physiques* en 1780.

Il y eut en outre, au cours de ce même XVIIIe siècle, plusieurs tentatives faites en vue de mesurer les affinités. Ceci dès 1700 où Homberg essaya de mesurer les quantités de base nécessaire pour neutraliser différents acides. En 1777, Wenzel essaya de déterminer les proportions de métaux dans les acides pour qu'il y ait dissolution. Enfin, Kirwan en 1781 avance l'idée que les

poinds de base nécessaires pour neutraliser un poids donné de différents acides pourraient être une mesure de l'affinité de ces acides pour les bases.

C'est Richter qui structura et systématisa ces ébauches de lois pondérales. Il dressa une table des nombres des parties des différents acides nécessaires pour neutraliser 1 000 parties de base. L'attention très poussée qu'il porta à l'étude des réactions de double décomposition entre sels neutres le conduisit à poser des équivalences entre les parties acides et les parties basiques à l'intérieur d'un même sel et d'un sel à l'autre. Et, peut-être à cause de sa volonté affirmée de tout ramener à des relations mathématiques, il forgea le mot et le concept de stoechiométrie ainsi que sa fameuse loi dite des nombres proportionnels : les quantités de deux corps A et B qui se combinent à un troisième corps C sont dans un rapport simple avec les quantités de A et B qui se combinent entre elles.

Le calorique, les masses chimiques et les proportions continues

Se pose alors le problème de la place que devrait prendre la théorie des attractions universelles de Newton dans cette approche des phénomènes chimiques.

Un courant pour transcrire les affinités chimiques en fonction des attractions purement newtoniennes s'était déjà dessiné avant Lavoisier, dans les positions des encyclopédistes comme d'Alembert et même d'un chimiste comme Macquer. En revanche, d'autres chimistes de l'époque défendirent la conception d'une chimie des réactions se situant en dehors des lois de l'attraction universelle. Ce fut le cas de Rouelle, auprès duquel se forma Lavoisier, et surtout de Venel, qui s'opposa à d'Alembert dans sa rédaction du chapitre chimie de l'*Encyclopédie*.

Lavoisier lui-même reste prudent. Dans son célèbre *Traité élémentaire de Chimie* publié en 1789, il élude la question des affinités au même titre que celle de l'élément chimique, en alléguant l'état d'avancement insuffisant de la chimie de son époque par rapport à l'idéal mathématique qu'il lui propose, et lui oppose...

Ce qui ne l'empêche pas de développer largement, et particulièrement dès le début de ce même *Traité*, sa théorie du calorique comme matière de la chaleur alors que la chimie n'est pas plus avancée dans ce domaine (le calorimètre de Lavoisier et Laplace a fourni des données mais aucune indication sur la nature de la chaleur, sinon qu'il confirme le paradoxe d'une matière de la chaleur que les deux auteurs sont bien obligés de considérer comme impondérable).

Pour quelle raison un scientifique aussi brillant et intransigent que Lavoisier a-t-il pu se contenter de substituer au phlogistique, qu'il avait si implacablement discrédité, cette hypothèse si peu justifiée du calorique comme fluide matériel cause de la chaleur ?

Apparemment, parce qu'elle prenait place dans le cadre de la théorie des attractions newtoniennes. Pour lui, les molécules des corps peuvent être considérées comme obéissant à deux forces, l'une répulsive, l'autre attractive, entre lesquelles elles sont en équilibre. Cette force répulsive qu'il faut bien faire intervenir comme antagoniste de l'attraction universelle pour expliquer les changements d'état ainsi que l'ensemble des réactions chimiques (décompositions et synthèses) n'est pas pour Lavoisier une action à distance comme l'attraction de Newton, mais

résulte des efforts du calorique qui tend à écarter les molécules de tous les corps de la Nature, tout en suggérant plus loin qu'il est probable que l'écartement des molécules des corps par le calorique tient de même (que l'attraction réciproque des molécules) à une combinaison de différentes forces attractives...

Lavoisier distingue le calorique libre, qui n'est engagé dans aucune combinaison, de ce qu'il appelle le calorique combiné, qui est enchaîné dans les corps par la force d'affinité ou d'attraction, et qui constitue une partie de leur substance... N'oublions pas que, pour lui, les gaz résultent de la combinaison d'une base hypothétique avec le calorique. C'est le cas en particulier pour l'oxygène qui, lors des combustions, libère son calorique.

Lavoisier reste cependant suffisamment substantialiste pour ne pas abandonner la chimie à l'interactionnisme radical impliqué par la mécanique newtonienne et qui subvertirait nécessairement les tables d'affinités.

L'une des objections faites à l'assimilation des forces chimiques aux attractions de la mécanique et de la physique se fondait sur la conviction que les entités élémentaires qui réagissent en chimie ne sont pas des masses au sens newtonien, et qu'il fallait trouver des lois spécifiques aux interactions de la chimie.

Pour répondre à cette objection, Berthollet inventera la notion de masse chimique, et ira jusqu'au bout de l'option mécaniste et physicaliste que Lavoisier n'avait pas menée à son terme.

Berthollet définit la masse chimique comme le produit de l'affinité (qui lui paraît être une force de même nature que la gravitation) par la quantité de substance mise en jeu (sens qui perdure partiellement dans l'appellation actuelle de loi d'action de masse). Les actions chimiques dépendent de la grandeur des masses chimiques en présence, mais aussi des forces de cohésion entre les molécules, elles-mêmes variables suivant les conditions dans lesquelles la réaction chimique est réalisée : état physique, solubilité, concentration, température.

Ceci conduit Berthollet à deux conclusions qui sont en rupture avec la chimie de son temps comme avec la nôtre :

- les tables d'affinités sont inutiles ou illusoire, puisque le résultat d'une

réaction chimique ne dépend pas de propriétés propres aux réactifs mais des conditions physiques suivant lesquelles ils sont mis en présence ;

- les réactifs peuvent se combiner en proportions variables, et la composition des produits obtenus est, elle aussi, variable suivant les conditions de la réaction.

Berthollet énonça sa théorie dans son *Essai de Statique chimique* publié en 1803. Par ailleurs excellent chimiste, le premier rallié à la nouvelle chimie qu'avait fait triompher Lavoisier, et bénéficiant de l'estime de Napoléon, sa conception de la réaction chimique pesa lourdement sur l'évolution de la chimie au début du XIXe siècle.

C'est un autre chimiste français, Proust, élève de Rouelle comme Lavoisier, qui réfuta méthodiquement la loi des proportions continues de Berthollet au moyen de résultats d'analyses très soignées effectuées dans son laboratoire de Madrid sous le mécénat du roi d'Espagne.

Au terme d'un affrontement qui dura de 1801 à 1808, Proust réussit à faire prévaloir que deux corps simples se combinent toujours dans les mêmes proportions pour former un même composé, de composition fixe. La chimie retrouvait ainsi la règle fondamentale de la stoechiométrie qui avait été pressentie au siècle précédent.

Mais les errements de la théorie de Berthollet ont bénéficié d'une grande indulgence dans la mémoire de la communauté scientifique. En lui attribuant l'intuition des équilibres chimiques, on oublie sa négation de la stoechiométrie des réactions, et on enseigne encore sous le nom de lois de Berthollet (réaction complète en solution si l'un des produits est insoluble ou volatil) ce qui pour lui ne constituait que des exceptions à sa théorie des combinaisons en proportions variables. Et son refus de faire la distinction entre dissolution et combinaison a conduit à donner son nom aux alliages et composés non stoechiométriques, les berthollides, qu'on distingue ainsi des composés chimiques normaux qu'on nomme daltonides en mémoire du chimiste anglais Dalton, promoteur de la théorie atomique.

Les atomes, les équivalents et les proportions définies

La tendance à développer la chimie comme science de la matière avant de chercher à expliquer les réactions vient d'Angleterre avec Boyle, Newton et Dalton.

Boyle (1627-1691) concevait la matière comme entièrement corpusculaire, à la manière de la théorie atomique des anciens Grecs. Les atomes, entités ultimes insécables, étaient les mêmes pour toutes les substances, et la matière se trouvait donc transmutable. Cette option n'était pas compatible avec celle de la majorité des chimistes de son temps, qui cherchaient à reconstituer les composés connus à partir de leurs éléments considérés déjà comme non transmutables.

C'est une explication mécanique des propriétés physiques et des réactions chimiques que Boyle chercha à substituer aux vieux concepts d'amour et de haine animant les substances. Pour lui, l'affinité découlait de la mutuelle adéquation de la forme et du mouvement des particules.

Newton adopta les théories de la matière de Boyle, en y ajoutant l'attraction à distance entre les particules (qu'il n'appellera cependant pas atomes). Le génial fondateur de la mécanique classique s'intéressa beaucoup à la chimie, qu'il a pratiquée pendant toute sa carrière jusqu'à en compromettre sa santé par une intoxication au mercure, comme l'ont montré des analyses récentes faites sur une mèche de ses cheveux [1]. Si sa contribution à la chimie est loin d'avoir été aussi décisive, il n'a cependant pas été l'alchimiste crédule dépeint par certains auteurs.

Ses conceptions sont exposées dans un appendice à son ouvrage d'Optique publié en 1710. Elles visent, d'après le titre, à expliquer la nature des acides à partir d'une vision hiérarchisée de la structure de la matière suivant différents degrés de composition. Les réactions chimiques correspondent à la dissociation des agrégats d'un certain degré, jusqu'au terme ultime qui soit accessible à la chimie. Il ne se prononce pas sur la nature des forces attractives propres à la

chimie, mais invoque un esprit universel d'origine électrique.

Bien que pour Newton la lumière soit de nature matérielle et corpusculaire, la chaleur pour lui est due aux mouvements violents des particules qui se trouvent projetées, en particulier lors des réactions chimiques.

Mais ses raisonnements sont développés sous forme d'une suite d'interrogations et de doutes sur les phénomènes de la chimie, qui tranchent avec la rigueur et les certitudes des *Principia*. Newton ne parvint pas à dériver les lois de l'attraction chimique, ni même les relations numériques simples la concernant.

Bien que n'ayant pas conduit à une explication satisfaisante de la réaction chimique, ces théories ont contribué à réactualiser la question de la structure de la matière, quelque peu éclipsée en chimie par le problème de l'affinité et par la controverse phlogistique-oxygène. Elles consacrent le renouveau des conceptions corpusculaires et la renaissance du concept d'atome élaboré 500 ans avant J. C. dans une synthèse audacieuse réalisée par une école de philosophes matérialistes présocratiques.

C'est Dalton qui exhume complètement à la fois le nom et le concept d'atome : ce n'est plus simplement un être abstrait conçu à l'appui d'un raisonnement, il est pour lui un objet physique à part entière, l'unité minimale de matière, qu'il pose d'emblée comme différent d'un élément à l'autre, ce qui exclut la transmutation. La réaction chimique se traduit alors par un nouvel arrangement entre les atomes, qui ne subissent eux-mêmes aucune modification. Dalton exposa les détails et les applications de ce qu'on allait appeler ensuite en chimie la théorie atomique, dans son livre *A New System of Chemical Philosophy* publié en 1808.

Pour Dalton, un composé se forme par union d'un nombre entier d'atomes d'un élément avec un nombre entier d'atomes d'un autre élément, mais il pose en plus que, lorsqu'on ne connaît qu'un seul composé de ces deux éléments, il est obligatoirement binaire. De sorte que si on transcrit les symboles qu'il a introduits et qu'on a utilisés pendant un temps pour représenter les éléments dans les listes de poids atomiques et dans les composés, l'eau s'écrivait OH et

l'ammoniaque NH. Ce n'est que lorsqu'on connaît plusieurs composés de deux mêmes éléments qu'il y a combinaison en proportions multiples, mais toujours définies par des rapports simples, contrairement à Berthollet.

Dalton pose aussi que la masse de l'entité élémentaire d'un composé est égale à la somme des masses des atomes qui la constituent. Mais il appelle encore atome l'entité ainsi formée, de sorte que pour lui il n'y a que des atomes, que les corps soient simples ou composés!

Les résultats tirés de l'étude des réactions chimiques entre réactifs gazeux menée par Gay-Lussac entre 1805 et 1808, dans la ligne de la chimie des gaz brillamment engagée à la fin du XVIII^e siècle, confirmaient les proportions définies, mais sans privilégier les composés binaires. Aussi, Dalton n'accepta jamais que l'eau se forme par combinaison d'un volume d'oxygène avec deux volumes d'hydrogène. D'autre part, Berthollet affirmait que si son élève Gay-Lussac trouvait que les gaz se combinaient suivant des rapports simples pour donner des composés de composition définie, c'était simplement parce que la réaction entraîne généralement une contraction par diminution de volume du mélange !

Un pas décisif fut franchi en 1811 quand Avogadro tira la loi qui découlait des considérations de Dalton sur l'état gazeux mais que celui-ci refusait, à savoir que des volumes égaux de différents gaz contiennent, dans les mêmes conditions, le même nombre de molécules. Car pour Avogadro, il n'y a que des molécules : molécules intégrantes (pour nous les molécules tout court), et molécules élémentaires (pour les corps simples dont il postule que, dans le cas des gaz courants, ils peuvent être sous forme d'atomes doubles). Les réactions se font molécule à molécule, et il semble qu'alors tout aurait dû s'éclaircir, les théories de la structure de la matière et celles de la réaction chimique se rejoignant harmonieusement.

Mais il se trouva que les hypothèses d'Avogadro, pourtant publiées en français (*Essai d'une manière de déterminer les masses relatives des molécules élémentaires des corps, et les proportions selon lesquelles elles entrent dans les combinaisons*) et formulées indépendamment par Ampère en 1814, restèrent complètement ignorées jusqu'en 1860

quand Cannizzaro les explicita brillamment au Congrès international de chimie de Karlsruhe.

D'autre part, une majorité de chimistes s'obstinèrent à refuser la validité de la théorie atomique. Ce fut le cas de J.-B. Dumas qui, ayant échoué dans sa détermination des poids atomiques, refusa catégoriquement toute pertinence à la notion d'atome en chimie. Ignorant l'hypothèse d'Avogadro et se référant seulement à Dalton, Dumas enferma la théorie atomique dans son fameux paradoxe, en déniaut au niveau microscopique tout parallèle possible avec la loi des combinaisons en volume :

1 volume d'hydrogène + 1 volume de chlore = 2 volumes de HCl

qui impliquerait :

1 atome d'hydrogène + 1 atome de chlore = 2 molécules de HCl

D'où les sarcasmes de Dumas fustigeant une théorie qui, après avoir posé les atomes comme insécables, les oblige à se partager pour expliquer les réactions chimiques. Dumas ignore aussi, comme la plupart des chimistes, qu'un de ses collègues a tout compris : le chimiste français Gaudin a en effet proposé, dès 1833, une interprétation parfaitement cohérente et rigoureuse des réactions de ce type, en même temps qu'une définition précise des mots atome et molécule qui permet de les distinguer clairement (figure 2).

S'enfermant dans une attitude stricte-ment positiviste, les chimistes français suivent Dumas dans son refus de la théorie atomique qui, vers 1840, est délaissée au profit de raisonnements qui ne se basent que sur les résultats d'analyse pondérale et sur la loi des nombres proportionnels, évitant ainsi toute hypothèse sur la structure corpusculaire de la matière. Cette démarche conduit à différents systèmes d'équivalents chimiques dont on ne parvient pas à déterminer la bonne base, ce qui entraîne une confusion croissante jusque vers 1865 où les résultats d'une grande précision obtenus par Stas stabilisent enfin les données de référence.

De concurrents qu'ils furent d'abord, les équivalents chimiques devinrent progressivement synonymes des poids atomiques, ce qui permit aux antiatomistes attardés comme Berthelot de ne pas perdre la face.

Remarquons que Dumas rêve quand

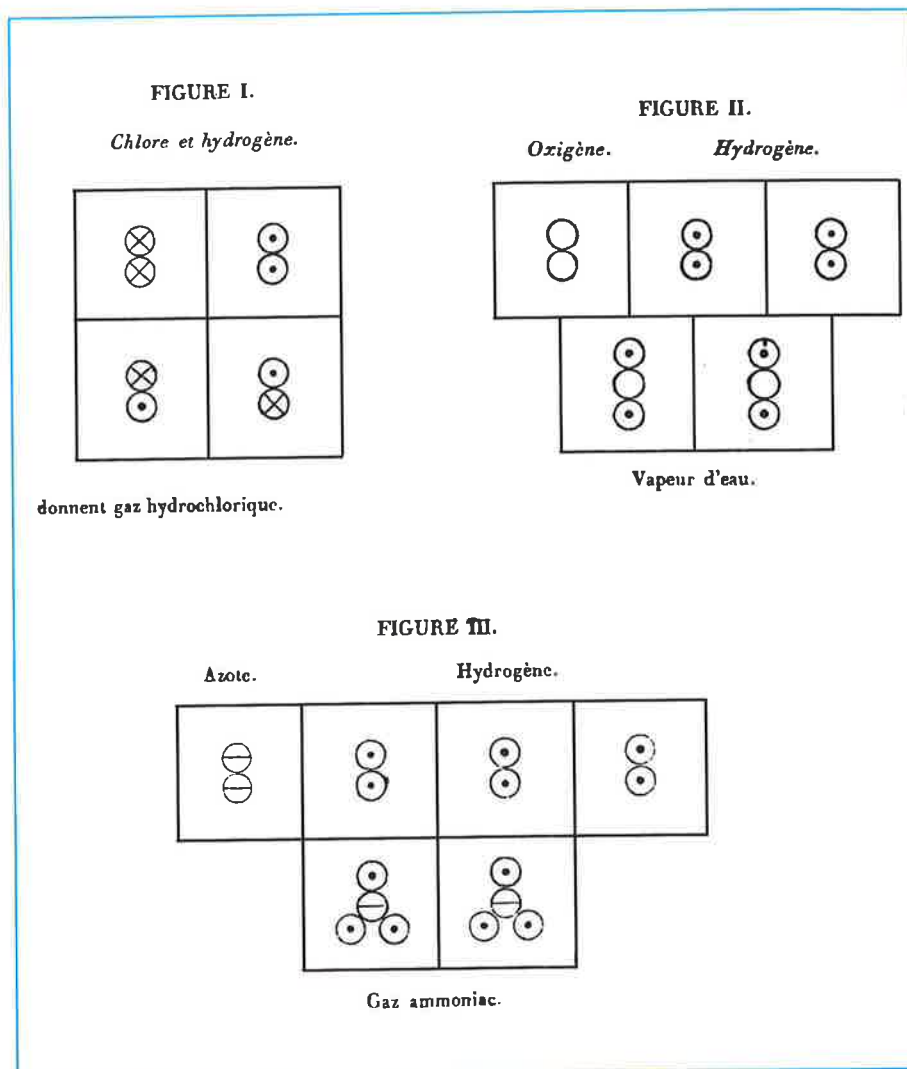


Figure 2 - Proposition d'interprétation des mots atome et molécule par un chimiste peu connu : A.M. Gaudin utilise les symboles de Dalton.

«Nous établirons donc une distinction bien tranchée entre les mots atome et molécule, et cela avec d'autant plus de raisons, que si jusqu'à ce jour on n'est pas parvenu aux mêmes conclusions que moi, c'est uniquement faute d'avoir établi cette distinction.

Un atome sera pour nous un petit corps sphéroïde homogène, ou point matériel essentiellement indivisible, tandis qu'une molécule sera un groupe isolé d'atomes, en nombre quelconque et de nature quelconque.» (Annales de Chimie et de Physique, 1833, 52, p. 132-133).

même de reconnaître les mouvements des petits systèmes qui constituent les corps et de soumettre ces petits mouvements au calcul, comme Newton l'a fait pour les corps célestes. Alors les réactions des corps dans des circonstances données se prédirent comme l'arrivée d'une éclipse, et toutes les propriétés des diverses sortes de matière ressortiront du calcul.

Mais les phénomènes physiques qui focalisent l'attention à cette époque sont beaucoup plus du côté de l'électricité que de la gravitation. C'est ce qui conduisit Berzelius, maître à penser universel de la chimie pendant la première moitié du XIXe siècle, à élaborer et maintenir sa théorie électrochi-

mique dite dualistique. Pour lui, l'affinité chimique, qui conduit deux corps à réagir, a pour origine des attractions électriques entre atomes chargés qui tendent à se neutraliser. Vers 1830, les raisonnements de Berzelius parviennent à englober de façon cohérente toute la chimie minérale, mais ils ne pourront pas s'appliquer à la chimie organique. On peut cependant estimer que ses conceptions trouvent certains prolongements dans la notion d'électronégativité et dans l'interprétation actuelle de certains mécanismes réactionnels.

Si malgré les aléas des affrontements entre atomistes et équivalentistes, la loi des combinaisons en proportions définies confirmée par Proust ne fut plus

remise en cause, la notion d'affinité restait mal acceptée par des chimistes qui y voyaient la survivance de principes occultes incompatibles avec l'idéal d'une science positive et rationnelle. C'est ce que manifeste un Sainte-Claire Deville, autre antiatomiste acharné, quand dans ses *Leçons sur l'affinité* il affirme en 1867 : «*l'hypothèse de l'affinité ne nous sert donc à rien, si ce n'est à nous faire oublier notre profonde ignorance sur la cause des combinaisons chimiques ; et en nous cachant cette ignorance, elle nous empêche de la percer*».

L'affinité, l'énergie libre et la dynamique moléculaire

Dans la deuxième moitié du XIX^e siècle, la thermodynamique, affranchie de l'impasse du calorique, s'affirme comme science typiquement newtonienne. Et ce sont les lois tirées du deuxième principe qui permettent de prévoir et calculer les réactions chimiques au niveau macroscopique, ceci sans tomber dans le piège de l'énergétisme comme dernier avatar de l'antiatomisme.

Mais si, au XX^e siècle, l'école américaine de Lewis et Randall conduit à remplacer l'affinité par la variation d'énergie libre mise en jeu lors d'une réaction, l'école rivale belge de De Donder et Prigogine l'assimile à une force chimique dérivant d'un potentiel chimique, qui détermine le sens de la réaction et qui ne s'annule que lorsque le système atteint l'équilibre chimique, son état attracteur. L'affinité accède alors au

statut privilégié de fonction d'état d'un système chimique. Pour Prigogine, cette affinité en langage moderne serait cependant dans la droite ligne des anciennes affinités que les chimistes percevaient comme radicalement différentes des forces régies par les lois dynamiques de Newton.

Mais, au niveau moléculaire, les méthodes de la chimie quantique ne permettent pas encore un suivi et une analyse capables de trancher sur la nature et l'origine de ce qu'on entend par réaction chimique. L'instant zéro en est toujours le moment où s'est produit une collision efficace (environ 1 sur 10^{15}) entre deux molécules de réactifs et où commence le chemin réactionnel qui, passant par un stade intermédiaire appelé complexe activé, aboutit aux produits de la réaction. Ceci se réalise par des changements de structure impliquant des mouvements d'atomes ou de groupes d'atomes.

Or, ce parcours au ras des minimums des hypersurfaces de potentiel se calcule au moyen des équations du mouvement de la mécanique classique, et se trouve être du ressort de la dynamique moléculaire. Même s'il ne s'agit plus de l'attraction universelle, Newton n'a donc pas dit son dernier mot !

Conclusion

Le concept d'affinité, contemporain et frère jumeau du phlogistique, a bénéficié d'un bien meilleur sort que lui, puisqu'il aura survécu à toutes les crises et à tous les défis, jusque dans la chimie d'aujourd'hui, en la débordant même vers la biochimie et la biologie moléculaire où l'affinité d'une enzyme pour un

substrat ou d'un ligand pour un récepteur est devenue un concept clé.

Une telle permanence, une semblable vitalité et une pertinence enfin reconnue viennent sans doute de ce que l'affinité est indissociable d'une chimie se développant en tant que science des réactions, autonome et capable de maintenir le nécessaire équilibre entre approche qualitative et analyse quantitative sur lequel elle s'est toujours fondée.

Références

[1] Broad W.J., Sir Isaac Newton : Mad as a Hatter, *Science*, **1981**, 213, p. 1341-44

Pour en savoir plus

- Avogadro A., *Journal de physique*, **1811**, 73, p. 58-76
- Bensaude-Vincent B., Stengers I, *Histoire de la chimie*, La Découverte, Paris, **1993**.
- Bergman T., *Opuscules chimiques et physiques*, traduits par Guiton de Morveau, Dijon, **1780**.
- Dumas J.-B., *Leçons sur la philosophie chimique*, Collège de France, Paris, **1836**.
- Goupil M., *Du flou au clair ? Histoire de l'affinité chimique de Cardan à Prigogine*, Éditions du CTHS, **1991**.
- Guédon J.-C., Le statut épistémologique de la réaction chimique de l'Encyclopédie à Gay-Lussac, Actes du colloque Gay-Lussac, École Polytechnique, 11-13 décembre **1978**, p. 103-131.
- Lavoisier A.M., *Traité élémentaire de chimie*, Cuchet, Paris, **1789**.
- Leicester H.M., *The Historical Background of Chemistry*, Dover, New York, **1971**.
- Massain R., *Chimie et chimistes*, Magnard, Paris, **1966**.
- Newton I., *Traité d'Optique*, Gauthier-Villars, Paris, **1955**.
- Prigogine I., Stengers I, *La Nouvelle Alliance*, NRF-Gallimard, Paris, **1979**.
- Sanfeld A., *L'Actualité Chimique*, avril-mai **1988**, p.124.

Club d'Histoire de la Chimie

Président : Claude Viel, vice-président : Christian Bailleux, trésorière : Danièle Fauque, secrétaire : Monique Monnerie.

- Les objectifs du club : la sensibilisation des chimistes et des historiens à l'histoire de la chimie.
- Quatre réunions annuelles.

Adhésion par cotisations : 120 F (étudiants : 80 F), membres bienfaiteurs : 500 F et plus.

Renseignements : Monique Monnerie, Club d'Histoire de la Chimie, ESPCI, 10, rue Vauquelin, 75231 Paris Cedex 05. Tél. : (1) 40.79.44.32. Fax : (1) 40.79.44.25.

Antoine Lavoisier, science, administration, and revolution.

A. Donovan
Relié, 366 p.
Blackwell Publishers, Oxford, 1993

Admirant le savant français tout en reconnaissant les qualités et les apports des autres chimistes, A. Donovan a voulu faire connaître au public du XXe siècle cet homme du XVIIIe. Cette étude retrace donc avec beaucoup de finesse et de qualités littéraires une tranche de vie sociale de la fin du siècle des Lumières. Portrait de groupe avec académicien en quelque sorte, où chaque personnage de la scène est étudié tour à tour.

Les éducateurs de Lavoisier comme La Caille, Jussieu, Guettard et surtout Nollet qui, par leur enseignement direct ou par leurs ouvrages, ont formé le futur savant, ont influencé ses choix, sont présentés avec précision. Le rôle de Buffon, homme puissant à l'Académie lorsque Lavoisier postulait, est souligné. Pour ses lecteurs anglophones, et plus particulièrement d'outre-Atlantique, A. Donovan prend soin de décrire le fonctionnement de la société française sous l'Ancien Régime avec ses classes sociales, l'Académie des sciences, son code et ses règles. Les circonstances de l'élection de Lavoisier sont particulièrement intéressantes.

L'auteur essaie d'expliquer le comportement et les choix du savant en montrant quels ont été les rôles de son milieu social, de sa formation d'avocat, de son activité de fermier général, etc. Les réseaux, familial, sociologique de classe ainsi que professionnel, sont analysés afin de saisir l'unité de cet homme-Protée. Un individu ne se fait pas seul, il est membre d'une ou de plusieurs communautés à la fois, s'interpénétrant sans avoir forcément des intersections communes. En conséquence, Lavoisier ne peut nier l'influence qu'a pu exercer sur lui la communauté des chimistes de son temps, même si elle est inconsciente. La révolution chimique n'est pas due à un seul homme, aussi génial soit-il, mais à une communauté dans laquelle ceux qui n'ont pas fait le choix de la modernité ont eu leur rôle à jouer. L'argument est particulièrement bien illustré avec l'étude du couple Lavoisier-Priestley.

Les travaux de Lavoisier sont présentés en alternance avec ceux de ses contemporains dont Lavoisier lit les publications. Il reprend les expériences de ses confrères, en fait une étude critique. En particulier celles de Priestley dont il critique l'interprétation. A. Donovan fait du chimiste anglais, un portrait attachant du savant

enthousiaste, d'une richesse imaginative telle qu'elle lui permet de concevoir une série d'expériences fondamentales dont beaucoup seront des clés pour Lavoisier. Combien de réflexions de Priestley sont à l'origine des réflexions de Lavoisier ? Nous ne le savons pas. Mais pour étrange qu'il y paraisse, dans cet ouvrage, les deux hommes sont liés, étroitement liés, comme si, sans Priestley, Lavoisier n'aurait pu se révéler à lui-même, comme si, par contraste, la lumière de l'un se nourrit de l'obscurité croissante de l'autre. Citons le cas du test à l'acide nitreux. Très vite, ce test permet à Priestley de comprendre que l'air commun est composé d'un cinquième d'air déphlogistiqué. Ce test que Priestley effectue de façon systématique pour pister ce qu'on nomme aujourd'hui le dioxygène, a la particularité d'être de densité voisine de celle de l'air, donc du dioxygène et du diazote. En le mélangeant à l'air, il n'y a donc pas variation sensible des densités. Les tests sont réalisés dans des eudiomètres donc à concept volumétrique ; pour Lavoisier dont l'étude pondérale était la méthode principale d'approche - en particulier avec les aréomètres -, ce test volumétrique posait bien des questions. Les démarches des deux savants divergentes sur le plan théorique le sont aussi sur le plan expérimental.

Un des intérêts du livre de A. Donovan est de nous restituer une chronologie très fine des événements qui ponctuèrent la lutte fondamentale des anciens et des modernes autour de la découverte de l'oxygène au terme de laquelle il n'apparaît ni vainqueur ni vaincu mais une science en progrès.

Partout, Lavoisier apparaît plus organisateur et gestionnaire que réalisateur. C'est un homme de cabinet qui, interlocuteur direct des contrôleurs généraux de la France, développe une pensée économiste inspirée des idées des physiocrates, dont il s'écarte cependant. Ses idées font de lui un disciple de Turgot, mais il est aussi séduit par un type de gouvernement à l'anglaise. A. Donovan analyse les courants d'idées, les événements politiques, les tentatives de réforme dans la période déjà très instable où la France se révèle ingouvernable, et qui précède la Révolution ; Lavoisier y apparaît comme un homme profondément engagé sur le plan politique, administratif, financier et social, partout présent et jouant un rôle important.

L'ouvrage de A. Donovan permet d'observer notre héros national avec un œil étranger et de relativiser certains comportements. La chimie ne se pratiquait pas seulement en France, ailleurs aussi on était en recherche.

Les inconditionnels du savant français auront beaucoup à réfléchir à la lecture de cet ouvrage. La langue est très belle et le texte se lit comme

un roman. A. Donovan admire Lavoisier, il n'y a pas de doute, mais on est loin ici d'une biographie hagiographique : c'est une biographie historique autant que sociologique.

Danielle Fauque

Ozone, un trou pour rien

R. Maduro, R. Schauerhammer
Éditions Alcuin, 1992

Enfin un livre anti-catastrophique qui se lit d'une traite et apporte beaucoup d'informations pertinentes sur un sujet malheureusement par trop médiatisé. Il est indispensable de reprendre le dossier du «trou d'ozone» et ce livre renverse la vapeur en donnant un bon aperçu de toute l'intrigue scientifico-politico-écologico-financière qui se développe. Si vous voulez savoir l'importance du Mont Erebus - un volcan en activité de l'Antarctique - et aussi des autres volcans, sur les rejets d'HCl dans l'atmosphère alors plongez-vous dans le livre. Une excellente et instructive préface de H. Tazieff fait un bilan anti-alarmiste bien argumenté des problèmes écologiques reconnus comme majeurs : dioxine, CFC, CO₂ et effet de serre ; on respire mieux après l'avoir lue.

Après avoir rappelé ce que sont les CFC et leur intérêt indéniable, le livre examine les sources naturelles de chlore (chapitre 1) puis bascule dans la guerre de l'ozone (chapitre 2) et ses implications politiques. Il présente le conflit entre expérimentateurs et modélisateurs dans le chapitre 3 avant de se poser la question du devenir des CFC dans le chapitre 4 et, entre autres, de la possibilité de résorption par les bactéries. Le «trou» d'ozone antarctique présenté comme une nouveauté en 1985 était en fait connu depuis 30 ans et c'est dans le chapitre 5 que réapparaît le fameux Mont Erebus comme cracheur de chlore (sous forme HCl). Autre question : les ultra-violet, amis ou ennemis ? la réponse est dans le chapitre 6, avant d'aborder le protocole de Montréal au chapitre 7 (et aussi dans le n° 1 de *L'Actualité Chimique*, 1993, qu'il faut avoir lu). Le chapitre 8 («écologisme industriel») devient beaucoup plus polémique mais parle encore des CFC. Malheureusement, le dernier chapitre («qui contrôle les écologistes») ternit l'ensemble du livre en se lançant dans une polémique excessive et qui n'a plus rien à voir avec le sujet. Pourquoi ne pas l'avoir supprimé ? La crédibilité des informations des autres chapitres en est fortement amoindrie.

D'autres points plus particuliers méritent d'être relevés, certains pouvant être liés à la traduction :

Tout d'abord, aucune information n'est donnée sur les auteurs et la préface de M. H. Tazieff n'y fait pas allusion ; il parle seulement à la page 18 de «spécialistes». L'introduction que l'on pourrait penser écrite par les auteurs, présente R. Schauerhammer, p. 19 : rédacteur en chef du magazine *Fusion* en Allemagne ; mais rien sur R. Maduro. Autres questions : ce livre est-il une traduction partielle ou totale d'un ouvrage allemand ? La postface de E. Grenier fait référence à une traduction qui circule en Allemagne depuis janvier 1992 sans donner ni le titre, ni l'éditeur. P. 30, le tableau des sources de chlore atmosphérique ne donne aucune information sur les composés contenant le chlore. Une phrase telle que «*les volcans envoient 36 millions de tonnes de chlore gazeux [...]*» méconnaît complètement la différence fondamentale entre élément, corps simple et corps composé et cette méconnaissance perdure dans la suite du livre. Dans ce cas, il faut comprendre chlorure d'hydrogène gazeux (comme cela est écrit p. 34).

P. 134 «*[...] les molécules de CFC 11 et 12 ont un poids moléculaire (masse molaire) plus de quatre fois supérieur au poids moléculaire de l'hydrogène (du) [...]*» alors que c'est quarante fois supérieur.

P. 143 : la phrase «*En présence d'oxygène, la bactérie passe un électron obtenu d'une source de «nourriture» à une molécule d'oxygène, créant une molécule d'eau*» n'est pas correcte ; il faut lire : passe des électrons ... créant des molécules d'eau, en accord avec l'équation électrochimique correspondante.

P. 216 : «*40 millions d'êtres humains meurent de faim par an*».

P. 267 : «*En 1989, le Président Egyptien Hosni Mubarak estimait que 500 millions de personnes étaient mortes de faim dans le tiers monde pendant les années 80 et l'Unicef estime actuellement que 40 000 enfants de moins de cinq ans meurent de faim chaque jour*».

Reprenre ces affirmations et surtout ces chiffres revient à les cautionner alors que ces données ont été notablement surévaluées, ce qui ne diminue en rien le drame qu'elles recouvrent. Voir à ce sujet «*Une stratégie banalisée, la faim dans le monde*» de Sylvie Brunel, Hachette, Pluriel Intervention, 1991, p. 34-35 : nombre total de décès annuels estimés à 48 millions de personnes en 1980, 60 millions de personnes en 1990, toutes causes confondues. De même le nombre total de décès annuels d'enfants, toutes causes confondues, est estimé à 9 millions environ, ce qui enlève toute valeur aux chiffres indiqués.

En conclusion : un livre qu'il faut lire mais en gardant un esprit critique, afin de ne pas tomber dans l'excès inverse.

C. Kappenstein

Électrochimie analytique et réactions en solution. Réactions et méthodes électrochimiques (tome 2)

B. Trémillon
614 p.,
Masson, Paris, 1993

Ce livre est le second tome de l'ouvrage de B. Trémillon consacré à l'électrochimie et aux réactions en solution. Ce deuxième et dernier volume traite plus particulièrement des réactions et méthodes électrochimiques. Sans prétendre à un exposé exhaustif, l'auteur s'attache à développer une présentation unitaire et à vocation essentiellement pédagogique, depuis les fondements de la discipline jusqu'à ses aspects et méthodes les plus avancés.

Ainsi, alors que la première partie, qui comporte 4 chapitres, est consacrée à l'étude des caractéristiques théoriques du transport de matière et du transfert de charge, la seconde partie, qui compte également 4 chapitres, traite des méthodes électro-analytiques donnant accès aux caractéristiques précédentes et à l'étude des mécanismes : voltampérométries en régime stationnaire ou de diffusion naturelle et techniques apparentées, méthodes particulières (électrode tournante à disque et anneau, micro-électrodes, électrodes à pâte de carbone), et enfin mesures d'impédance électrochimique. Dans toute cette partie de l'ouvrage, l'auteur vise à faire comprendre au lecteur la réalité physico-chimique des phénomènes, sans simplification ni formalisme excessifs, et la complémentarité de certaines méthodes.

La troisième partie porte sur le rôle des réactions chimiques couplées sur les caractéristiques voltampérométriques des systèmes électrochimiques ; reprenant la classification usuelle de la chimie analytique des solutions, l'auteur expose successivement l'influence des réactions acide-base, des réactions de formation de complexes puis de précipitation sur les courbes intensité-potentiel.

Dans la quatrième partie, l'auteur montre comment l'introduction des caractéristiques courant-tension permet de donner une interprétation unifiée à des applications aussi différentes que :

- 1) l'analyse chimique par les méthodes polarographiques, allant jusqu'aux analyses par redissolution qui sont parmi les plus performantes en terme de détectabilité ;
- 2) les séparations et préparations par électrolyse, au plan analytique comme industriel ;
- 3) la conception et le fonctionnement des générateurs électrochimiques ;

4) l'interprétation des phénomènes de corrosion et de catalyse électrochimique.

La cinquième et dernière partie de l'exposé principal est consacrée à la photoélectrochimie sur électrodes semi-conductrices, allant, ici encore, des aspects théoriques jusqu'aux applications pratiques avec la conversion photovoltaïque de l'énergie solaire.

L'ouvrage se termine, d'une part, par des compléments consacrés aux aspects avancés des matériaux d'intérêt électrochimique (électrolytes solides, conducteurs organiques...) et aux effets thermoélectriques (thermodiffusion et cellules thermogalvaniques) et, d'autre part, par des énoncés d'exercices et problèmes, de niveau 3e cycle, portant sur l'ensemble des chapitres précédents. On peut regretter, à cet égard, que l'auteur n'ait pas sacrifié à la mode anglo-saxonne, qui veut que l'on donne quelques réponses ou éléments de réponse à tout ou partie des énoncés, ce qui peut aiguïser la perspicacité de ceux qui se lancent dans la résolution de ces problèmes.

De par l'étendue des connaissances apportées et toujours présentées de façon claire et raisonnée, la lecture de cet ouvrage s'impose aux étudiants en quête d'une présentation globale de l'électrochimie, comme aux praticiens en quête de nouvelles méthodes d'investigation des processus aux électrodes, ou encore, pour faire le point des axes de recherche et des applications les plus récents de cette discipline. La bibliographie proposée à la fin de chaque chapitre est conçue pour permettre au lecteur intéressé d'approfondir tel ou tel point. Le seul reproche que l'on puisse formuler s'adresse à l'éditeur : les caractères utilisés dans les figures et leurs légendes sont souvent très petits, en rendant la lecture délicate, quand il ne s'agit pas des figures elles-mêmes : de même, la densité typographique de certaines pages risque de décourager, bien à tort, plus d'un lecteur.

A. Jardy

Dictionnaire des sciences et techniques du pétrole. Comprehensive dictionary of petroleum science and technology

M. Moureau, G. Brace,
Relié, 1040 p. 970 F
Editions Technip, 1993

Cet ouvrage, pour lequel les auteurs Magdeleine Moureau et Gérard Brace ont reçu le Prix Paul Doistau - Emile Bluet de l'Académie des sciences en novembre 1994, a été entièrement révisé, mis à jour et complété. Il remplace le Dictionnaire technique du pétrole publié en

1979, vendu à 11 000 exemplaires, lequel faisait déjà suite au Dictionnaire technique des termes utilisés dans l'industrie du pétrole, diffusé à plus de 12 000 exemplaires.

Le vocabulaire utilisé dans l'industrie du pétrole, comme l'indique la notice de présentation, ne se réduit pas au seul vocabulaire pétrolier, il est multidisciplinaire - allant de la géologie à la chimie, des mathématiques à la physique ou à la biologie - et fait aussi appel aux domaines interdisciplinaires comme la communication, l'environnement, la législation, la pollution, la sécurité, le traitement des données, les unités de mesure. Ce nouveau dictionnaire regroupe donc un très large corpus de termes ; soit près de 70 000 entrées, le double de la première édition. De nombreuses explications, ou l'indication du domaine éclaircissent la signification de chaque terme présenté.

La recherche systématique de termes nouveaux et la vérification des traductions déjà retenus doivent assurer une nouvelle fois, une large diffusion à ce dictionnaire auprès des scientifiques, mais aussi des étudiants, à notre époque où tous les chimistes utilisent couramment l'anglais dans leur profession.

T. C.

Histoire de la thermochimie

L. Médard, H. Tachoire
518 p., prix de souscription, 280 F
Publication de l'Université de Provence, 1994

Voici un livre qui ne devrait laisser indifférent aucun chimiste soucieux de culture (mais ne le sont-ils pas tous ?), même si l'histoire des sciences, l'épistémologie et la thermodynamique expérimentale ne sont pas au centre des préoccupations quotidiennes de la plupart de nos contemporains. Un ouvrage qui inspire le respect par son étendue, son sérieux et par la somme d'érudition et de temps qu'il représente.

Cette histoire de la thermochimie - à ma connaissance unique en son genre - va des premières mesures de la chaleur de fusion de la glace (dès 1775) à l'apparition des microcalorimètres (dans les années 1910), en passant par le *Mémoire sur la chaleur* de Lavoisier et Laplace et par la loi du "travail maximum". Elle déborde même des frontières qu'elle s'était initialement imposées, tant il est difficile parfois de fixer les limites qui séparent hier d'aujourd'hui.

Ses auteurs savent de quoi ils parlent : Louis Médard, ingénieur général des Poudres, fut pendant de nombreuses années directeur du laboratoire de la poudrerie de Sevran et Henri Tachoire, professeur à l'université de Provence, a appris aux côtés d'un des pionniers de la

microcalorimétrie - de Calvet lui-même - la délicate pratique de ce domaine.

On ne peut évidemment pas résumer en quelques lignes un tel ouvrage où l'on trouvera, selon ses goûts, les renseignements les plus divers sur les appareils (avec de nombreuses illustrations à l'appui), sur les théories et sur la biographie des acteurs de cette histoire.

Pour des raisons qui tiennent à mes idées fixes, j'y ai lu avec un intérêt particulier les nombreuses pages consacrées aux travaux et aux spéculations de Berthelot, défricheur de la mécanique chimique fondée sur la thermochimie. Cette analyse (d'une objectivité dont j'envie le caractère exemplaire) porte, entre autres, sur les relations d'idées entre Berthelot et Thomsen (son rival danois), sur la légende de "sa" bombe calorimétrique inventée par Vieille, sur les membres de l'école de calorimétrie qu'il fonda au Collège de France, etc. Elle nous révèle une fois de plus les ombres et les lumières d'un personnage incontournable.

A en croire les signataires de ce livre, *«les auteurs n'ont pas reçu de formation spécialisée aux méthodes de la recherche historique ; ce qui serait un manque préjudiciable à une étude sérieuse d'un passé antérieur au milieu du XVIIIe siècle ne présente que des inconvénients mineurs pour la période explorée ici, et est compensé par une bonne connaissance scientifique du sujet, qui risquerait de faire défaut à un historien pur»*.

Il est vrai que la compétence et la modestie de Médard et Tachoire ne sont plus nécessairement ni à la mode ni à l'ordre du jour. Qui disait que les chimistes avaient désormais abandonné aux philosophes le soin d'écrire une histoire valable de leur science ?

Jean Jacques

The Biosynthesis of Tetrapyrrole Pigments

Relié, 363 p.
Ciba Foundation Symposium 180,
J. Wiley & Sons, Chichester, 1994

Peut-être devriez-vous, comme moi, revoir votre formule de la chlorophylle avant de la dessiner au tableau ? Ou bien auriez-vous du mal à vous rappeler comment bien placer les doubles liaisons d'un hème ? Et la structure des phycobilines, du coenzyme F₄₃₀ de la méthanogénèse, ou celle des corrinoides comme la vitamine B₁₂ ? Les "pigments de la vie" ont une importance extrême et évidente, et une complexité structurale majeure (cf. Crowfoot-Hodgkin). Celle-ci se reflète largement dans la complexité exceptionnelle de

leurs synthèses chimiques (cf. Woodward, Eschenmoser), et de leur biosynthèse, essentiellement à partir d'acétate, de propionate, d'acide glutamique. Si l'on a pu parler d'Everest pour la synthèse chimique de la vitamine B₁₂ lise ou simplement feuilletiez le livre dont je rends compte pour vous convaincre qu'on a conquis, dans l'étude de la biosynthèse de ces pigments, un autre Everest ou deux.

Les Hillary ou leurs Tensing étaient présents à ce symposium de trois jours, qui a dû être lui aussi un sommet du genre si l'on en juge par le niveau intellectuel des divers chapitres et des discussions qui sont ici reproduites, et semblent parfois avoir été plutôt vives ! (Ces comparaisons montagnardes me sont évidemment inspirées aussi par une photographie du Piz Palù qui illustre le chapitre dû à Albert Eschenmoser : les alpinistes n'atteignent pas les sommets sans s'être rendus compte qu'ils grimpaient plus haut que les autres...).

L'élucidation de la biosynthèse de ces pigments est complexe. Elle comprend l'étude de l'origine de tous les atomes de carbone, mais aussi de l'enchaînement des nombreuses étapes mises en jeu. Études enzymatiques au niveau des substrats, études structurales et mécanistiques sur les enzymes impliquées, étude des dégradations (le jaunissement des feuilles en automne...), mais aussi, et c'est un signe des temps et de la métamorphose de la génétique moléculaire en technique, isolement des gènes.

Parmi les passages qui m'ont le plus impressionné, je citerai les chapitres de Sir Alan Battersby, en l'honneur de qui ce symposium était organisé, qui décrit l'isolement de nouveaux intermédiaires élucidant des étapes-clés de la biosynthèse de la vitamine B₁₂ (et qui rend un hommage appuyé à ses sherpas français, le groupe de Rhône-Poulenc-Rorer qui a apporté des éléments décisifs à cette étude : Blanche, Debbusche, Crouzet, Thibaut ...), d'Ian Scott, qui a largement utilisé les méthodes du génie génétique, et surtout, parce que c'est le chapitre le plus général, celui d'Albert Eschenmoser. Celui-ci replace l'ensemble dans un cadre conceptuel qui lui est cher : celui de la pseudo-complexité des produits naturels complexes, qu'il considère comme plus "apparente" qu'intrinsèque, dans la mesure où il s'agit de structures "inévitables", dont on peut penser qu'elles ont été prébiotiques avant que ne se mette en place leur formation enzymatique.

On ne négligera surtout pas de lire les discussions. Souvent, dans les comptes rendus

de symposiums qui reproduisent de tels échanges, ils sont ternes et peu informatifs. Ce n'est pas le cas ici : non seulement ces discussions ont-elles manifestement été animées, mais le style même des questions ou des réponses est un révélateur étonnant de la personnalité des intervenants. Ceux qui connaissent l'un ou l'autre retrouveront avec plaisir leur style - et au moins dans un cas, celui de Duilio Arigoni, qui malheureusement aura si peu écrit, c'est un grand plaisir que cette petite compensation.

J'ai mentionné les noms d'un petit nombre des Hillary et Tensing : ceux que je connais le mieux et que c'est un plaisir d'admirer et de féliciter. En fait, ils sont une quarantaine à avoir atteint des hauteurs où il est plaisant de les voir évoluer.

G. Ourisson

Interaction Laser Molécule

J.R. Lalanne, A. Ducasse, S. Kielich
Broché, 340 p.
Polytechnica, Paris, 1994

L'ouvrage traite de deux sujets, la physique des lasers et l'interaction d'ondes lumineuses cohérentes avec les milieux moléculaires, que l'on trouve la plupart du temps associés dans de nombreux domaines scientifiques tels que la chimie, la chimie physique ou la physique. Ce livre s'adresse avant tout aux étudiants de deuxième et troisième cycles universitaires ainsi qu'aux élèves - ingénieurs en chimie physique et en sciences physiques. Mais il est aussi une excellente source d'informations et de connaissances pour les chercheurs enseignants et ingénieurs recherchant une initiation dans ces domaines.

L'ouvrage se divise en trois parties égales consacrées respectivement à la description des systèmes microscopiques et des propriétés optiques de la matière, à la production de l'onde laser et à ses propriétés spatio-temporelles et, enfin, à l'interaction stationnaire et non stationnaire de l'onde laser avec des systèmes de molécules ou d'atomes. La présentation est claire et les résultats importants sont ressortis sous forme d'encarts en grisé. Chaque chapitre de l'ouvrage est suivi d'exercices d'illustrations judicieusement choisis accompagnés de leur solution. Une bibliographie récente complète chaque présentation. Notons, enfin, que ce livre est un des premiers en langue française donnant une présentation, certes non exhaustive, de l'optique non linéaire.

Plus précisément, après des rappels de mécanique quantique illustrés d'exemples de systèmes à deux niveaux, les auteurs de

l'ouvrage introduisent les tenseurs afin de présenter les propriétés tensorielles électromagnétiques des microsystèmes tout en rappelant, en appendice l'influence des classes de symétrie sur les moments multipolaires. Cette première partie se termine par des rappels de mécanique statistique qui permettent la description du passage du microscopique au macroscopique. Ces connaissances indispensables de physique étant ainsi rappelées, l'étude des sources lasers est abordée de façon méthodique en présentant tout d'abord les milieux amplificateurs puis les cavités optiques permettant de réaliser les oscillateurs optiques. Cohérence spatiale et temporelle de la lumière émise par les sources lasers ainsi que leurs conséquences découlent de l'étude des propriétés spatio-temporelles de l'onde laser. Muni de ces connaissances des nouvelles sources lasers, le lecteur peut alors aborder l'étude de l'interaction laser-atome ou molécule et plus particulièrement l'optique non linéaire. Ne pouvant évidemment pas en faire une présentation exhaustive, les auteurs se sont limités à deux exemples différents mais complémentaires ; le premier repose sur le formalisme de la matrice densité dans le cas d'une interaction stationnaire résonnante illustrée par l'étude de la spectroscopie d'absorption saturée ou de la manipulation de systèmes microscopiques par laser ; le second exemple traite des susceptibilités optiques non linéaires d'ordre n en utilisant le formalisme du vecteur d'état avec, comme processus étudiés, des interactions non linéaires stationnaires à transfert fort telles que l'effet Kerr optique et la conjugaison de phase par mélange dégénéré à quatre ondes ou non stationnaire telle que l'écho de photons.

Marc Chatelet

Méthodes et techniques instrumentales modernes

F. Rouessac, A. Rouessac
Broché, 328 p., 165 F
Masson, Paris, 1994

Le débat sémantique sur analyse chimique ou chimie analytique, souligné par le professeur Ourisson dans la préface, traduit bien la situation française où l'analyse, ou plus exactement les sciences analytiques, n'ont ni la place ni la considération qu'elles devraient avoir, comme dans les pays anglo-saxons.

Je ne partage pas entièrement l'enthousiasme du professeur Ourisson car je ne trouve pas le vocabulaire toujours rigoureux : spectroscopie/spectrométrie/spectrophotométrie..., ppm et ppb sont des mots féminins...

J'aurais plutôt envisagé un classement de l'ouvrage selon les entités étudiées : molécules/atomes/ions/électrons, que selon des techniques instrumentales et je n'aurais pas rangé la spectrométrie de masse dans "autres".

Je relève plusieurs manques :

- rien sur les méthodes électrochimiques,
- rien sur : acquisition/traitement des données, chimimétrie, validation des méthodes et des résultats.

Il y a enfin trop peu d'applications mentionnées en méthodes séparatives, en particulier sur l'électrophorèse si importante en biologie.

Il me semble qu'il aurait fallu donner davantage de références bibliographiques, et aussi bien montrer que l'objectif du livre est une première approximation, en mentionnant toutefois les autres problèmes (on ne dit rien sur les effets de matrice en fluorescence X, par exemple).

Cela étant, la critique est toujours facile. Ce livre a le mérite d'exister en français, et cette seconde édition prouve bien qu'il a eu du succès.

C. Mordini

Clusters and Colloids, from Theory to Applications

sous la direction de G. Schmid
55 p., 48 DM
VCH, Weinheim, 1994

Cet ouvrage offre le tour d'horizon le plus récent et le plus complet des nombreuses facettes qui caractérisent la chimie des clusters. Le développement très rapide de cette science rend nécessaires et très utiles des mises au point permettant de mesurer l'avancement des connaissances et d'identifier les lignes de force des recherches présentes et à venir. L'ouvrage a le mérite considérable de regrouper dans un ensemble homogène et de très grande qualité six grands domaines de cette chimie très riche. L'accent est mis sur les clusters moléculaires de haute nucléarité, les colloïdes métalliques et les clusters de la chimie du solide. Malgré ses 555 pages, 232 figures et 41 tableaux, cet ouvrage ne pouvait traiter de tout, mais il offre un choix de sujets, déjà très impressionnant, qui sont magistralement traités par des spécialistes reconnus internationalement pour leurs contributions majeures au sujet.

Après une courte introduction, ce livre aborde de manière claire et critique les méthodes théoriques employées pour l'étude de la structure électronique des clusters. Les auteurs de ce chapitre, N. Rösch (Garching, Allemagne) et G. Pacchioni (Milan, Italie) ont

judicieusement traité les clusters «nus», ceux qui sont produits en phase gazeuse, puis les clusters dont le cœur est stabilisé par une enveloppe de ligands, tels que ceux que l'on rencontre couramment en chimie moléculaire. Ils examinent également, mais plus succinctement, les différentes mesures physiques qui sont devenues accessibles au cours des dernières années (spectroscopies photoélectronique et optique, magnétisme, RPE, RMN, chaleur spécifique, potentiels redox) et leur contribution à la compréhension de la liaison chimique dans ces édifices.

Le chapitre suivant débute par l'excellente revue de G. Longoni et M.C. Iapaluci (Bologne, Italie) sur les clusters organométalliques à bas degrés d'oxydation, principalement donc ceux contenant le ligand CO. D'entrée de jeu, l'accent est mis sur la croissance des cœurs métalliques (effets électroniques et stériques) et les aspects synthétiques, structuraux et spectroscopiques sont traités, aussi bien pour les clusters homométalliques et hétérométalliques, que pour ceux associant métal de transition et élément des groupes principaux. G. Schmid (Essen, Allemagne) traite ensuite des gros clusters possédant des ligands azotés ou phosphorés. Le grand intérêt de cette section, d'une trentaine de pages, réside dans l'examen critique des méthodes de caractérisation utilisées, microscopies haute résolution, à effet tunnel et des propriétés physiques remarquables de ces clusters. On y trouvera, également, les résultats des mesures de conductivité et de spectroscopie d'impédance effectuées en particulier sur les clusters de l'or. On rencontre là les problèmes liés aux transitions métal-isolant en fonction de la taille des particules qui, lorsqu'elle se réduit de plus en plus, fait apparaître des effets quantiques. Le cluster $\text{Au}_{55}(\text{PPh}_3)_{12}\text{Cl}_6$ est ainsi décrit comme une «boîte quantique» au comportement très original. Les collaborations que l'auteur a nouées avec les physiciens donnent à cette section une originalité et un intérêt tout particuliers. D. Fenske (Karlsruhe, Allemagne) présente ensuite les clusters des métaux de transition contenant des éléments des groupes principaux en pont. Les progrès spectaculaires réalisées dans cette chimie, en particulier par l'auteur, résultent largement de la combinaison synthèse rationnelle-caractérisation structurale. On y retrouve bien sûr les structures fascinantes de $\text{Cu}_{146}\text{SE}_{73}(\text{PPh}_3)_{30}$ et de $\text{Cu}_96[\text{P}(\text{SiMe}_3)_2]_6\text{P}_{30}(\text{PET}_3)_{22}$ que l'on peut considérer comme une étape vers la formation de Cu_3P .

Dans «Clusters in Cages», S. Kawi et B.C. Gates (UC Davis, Californie) présentent l'état de la recherche sur les clusters que l'on encap-

sule dans les cages des zéolithes afin d'éviter les interactions entre clusters et de permettre à de nouvelles propriétés de se manifester, en particulier dans le domaine catalytique. Les méthodes synthétiques et analytiques sont décrites avec clarté et de nombreux comparatifs aident le lecteur à se faire une meilleure idée de ce domaine très riche d'une chimie «host-guest» en développement rapide.

Le chapitre suivant, «Discrete and Condensed Transition Metal Clusters in Solids», de A. Simon (Stuttgart, Allemagne) présente de manière très claire et systématique les acquis de nombreuses années de recherches intenses sur ce domaine. Les aspects structuraux et électroniques sont remarquablement liés, conduisant à une vision globale qui intéressera au plus haut point aussi bien les solidistes que les molécularistes.

Enfin, le dernier chapitre porte sur «The Chemistry of Transition Metal Colloids» et est écrit par J.S. Bradley (Exxon Research, Annandale, États-Unis). Il fait le point sur un domaine initié par Michael Faraday et dont les progrès considérables sont largement dus à ceux, tout aussi considérables, des méthodes analytiques et au développement des études sur les gros clusters. Ce chapitre couvre un vaste horizon, balayé avec grande aisance, et fournit au lecteur un ensemble de données très précieuses.

Cet ouvrage est exceptionnel par la somme d'informations qu'il contient, ses centaines de références bibliographiques, la qualité de sa présentation et l'homogénéité des figures (qu'il est agréable de voir des dessins de structures moléculaires homogènes au sein d'un même chapitre et le rester d'un chapitre à l'autre !). G. Schmid doit être félicité pour avoir su faire aboutir un tel projet et s'être entouré d'auteurs aussi compétents. Ceux-ci ont réussi à s'adresser à un public plus large que celui des spécialistes pointus et à lui faire partager leur fascination pour un domaine de la chimie moderne où l'inattendu et l'esthétique souvent se conjuguent. Très peu d'erreurs sont à signaler pour un ouvrage de cet ampleur (ex. intervention des légendes des schémas 3-7 et 3-8 p. 122-123). Enfin, la qualité de la présentation, de la typographie et des reproductions doivent beaucoup au professionnalisme bien établi de VCH. Ce livre s'adresse aux étudiants de 3e cycle, aux enseignants/chercheurs et chercheurs des milieux académiques et industriels qui ne pourront qu'encourager leur bibliothèque et/ou leur laboratoire à l'acquérir. Cet investissement leur procurera plaisir et stimulation et leur fera, entre autres, économiser de nombreuses heures de recherche bibliographique !

P. Braunstein

History of IUPAC 1919-1987

R. Fennell

384 p., relié : 39,50 \$, broché : 10 \$

Blackwell Science, Oxford, 1994

Quiconque a travaillé pour l'IUPAC et ses comités ne peut que frémir d'inquiétude en ouvrant les premières pages de ce livre, qui en donnent la table des matières : les dix chapitres (1-10) sont divisés en sous-chapitres (p. ex. 4.10), eux-mêmes divisés en sous-chapitres (p. ex. 9.13.5), si bien qu'au premier abord on peut penser trouver, dans cette histoire d'une institution, un reflet de la complexité des règles de nomenclature qui sont une des faces les plus connues de son activité.

Cette inquiétude était vaine : c'est une histoire passionnante qui est ici racontée, pour la première fois, par l'un de ceux qui ont été associés à plusieurs reprises au travail de notre Union. L'histoire dont il s'agit n'est pas celle d'une science, la chimie, mais celle d'une institution internationale forte de ses 75 ans. Les sources utilisées sont en partie publiques, quand il s'agit des comptes rendus et autres bulletins d'informations, mais largement inaccessibles en dehors des archives : procès-verbaux et même notes manuscrites prises par le secrétaire exécutif au cours de nombreuses réunions.

Le plus intéressant ne réside sans doute pas dans la description fidèle (et lassante...) des changements intervenus dans la composition du comité exécutif et du bureau, au fil des élections, ni dans la description des montants des subventions versées, au fil des augmentations, par les membres de l'Union. Par contre, il y a bien des leçons à tirer des interférences de l'Histoire sur l'histoire d'une institution comme celle-ci, non gouvernementale mais officielle. On ne s'étonnera évidemment pas de l'impact qu'ont eu bien des événements majeurs de ce siècle, comme la Guerre de 14-18 ou celle de 39-45, la fin de la prééminence Ouest-européenne ; la Guerre Froide, le problème des deux Chines, le mouvement anti-science (et particulièrement anti-chimie), et même les relations israélo-arabes. Mais, on se félicitera sans doute de la façon courageuse, sans ostentation, mais avec une détermination constante, dont notre Union s'est tirée de tels guépriers, sans abandonner ses principes d'universalité et de non-discrimination ; c'est un modèle à méditer.

Le lecteur français aura aussi l'occasion de méditer dans ce cas concret, bien documenté, sur le passage progressif du français, langue officielle unique, à sa co-utilisation avec l'anglais, puis à son abandon.

G. Ourisson

Adhésion

Demande d'adhésion à la SFC

Formulaire à renvoyer à

Société française de Chimie

250, rue St Jacques, 75005 Paris,
Tel. (33-1) 43 25 20 78,
Fax. (33-1) 43 25 87 63,

Nom _____ Prénom _____
 Adresse _____
 Code postal _____ Ville _____

Merci de me faire parvenir un bulletin d'adhésion à la Société Française de Chimie.

À _____ le _____
 Signature _____

Bulletin d'abonnement

L'Actualité Chimique

Tarifs 1995 7 numéros par an

L'Actualité Chimique

	France	Export	
Particuliers	1000 FF	1200 FF	
Étudiants*	400 FF	600 FF	* Joindre une photocopie de la carte étudiant
Membres de la SFC**	Tarif préférentiel		** Contacter directement la SFC

Nom _____ Prénom _____
 Adresse _____
 Code postal _____ Ville _____ Pays _____

- Je désire m'abonner pour 1995
- Je désire recevoir une facture pro-forma
- Paiement joint
- Veuillez débiter la somme sur ma carte de crédit (Visa, Eurocard, Mastercard)

N° _____

Date d'expiration _____

Signature _____

À retourner
à votre librairie spécialisée
ou à Dunod Abonnements,
15, rue Gossin
923543 Montrouge Cedex
France

Activités de la Société Française de Chimie

DIVISION Chimie analytique

PARRAINAGE DE CONGRÈS ET DE FORMATIONS

La division Chimie analytique a décidé de parrainer toutes les actions de haut niveau scientifique et de qualité. Ainsi, les adhérents à la division seront orientés vers les meilleures manifestations, ce qui, nous l'espérons, leur permettra de progresser dans le domaine qu'ils ont choisi et que nous défendons. Les informations relatives à ces parrainages seront régulièrement publiées dans les revues de la SFC et, en particulier, dans *Analisis*.

De plus, nous négocions des réductions de tarifs pour nos membres. C'est ainsi que les adhérents à jour de leur cotisation 95 auront des rabais substantiels dans les grandes manifestations scientifiques suivantes : SAS 95, SEP 95, Congrès d'œnologie de Bordeaux. Nous discutons également des réductions de tarifs pour des formations spécifiques en chimie analytique. «Les Journées de l'Analyste 1995» organisées par N. & C. Associées sont parmi celles-ci.

La division Chimie analytique n'accorde son parrainage qu'aux manifestations de qualité et faisant bénéficier ses membres d'avantages substantiels.

Jacques Goupy
Président

ÉLARGISSEMENT DU BUREAU DE LA DIVISION

L'appel lancé pour élargir le bureau de la division a été un succès. Trois sections spécifiques ont été créées pour couvrir les principales branches de la chimie analytique : environnement (responsable Olivier Donard), automatisation et analyse industrielle (Claude Mordini), agro-alimentaire (Douglas Rutledge).

Ces trois sections couvrent une grande partie de l'activité analytique. Leur seront adjointes par la suite, deux autres sections : qualité et analyse du vivant.

Les responsables des trois sections actuellement créées auront pour tâche l'animation scientifique de leur domaine soit en sollicitant des articles de synthèse pour les revues de la SFC, soit en organisant des journées scientifiques ou d'échange, soit en participant à des congrès ou séminaires. Ils auront aussi pour mission de rassembler les chimistes et les biochimistes autour des problèmes d'analyse.

Autres nouveaux responsables : Étienne Roth (enseignement), Nguyen Quy Dao (communication et promotion de la division), Claude Chabert (nouveaux développements et organisation des congrès internationaux).

Jacques Goupy, président de la division, fait part également d'un rapprochement avec la division Chimie analytique de la SCI :

«Enfin, et je m'en réjouis, Roger Verwaerde, président de la division Chimie analytique de la Société de Chimie Industrielle a bien voulu s'associer à nos travaux et travailler en collaboration avec nous. Nous avons déjà lancé des actions communes et nous en avons de nombreuses en projet. Ce rapprochement entre nos deux sociétés se veut un début de rassemblement de la communauté de analystes. Car, ne l'oublions pas : «l'union fait la force». Ce principe de simple bon sens est souvent oublié en France alors qu'il est souvent appliqué ailleurs avec succès. Construisons ensemble notre propre force».

DIVISION Chimie de coordination

COMPOSITION DU BUREAU

Le bureau de la division a été renouvelé :
Président : Roger Guillard
Vice-Président : Olivier Kahn (Bordeaux)
Trésorier : Pierrette Battioni (Paris V).

Renseignements : Roger Guillard, Faculté des sciences Gabriel, Lab. d'ingénierie moléculaire pour la séparation et les applications des gaz (UMR 9953) et Lab. de synthèse et d'électrosynthèse organo-métalliques (URA 1685), 6, bd Gabriel, 21100 Dijon Cedex. Tél. : 80.39.61.11. Fax : 80.39.61.17.

CONFÉRENCE VICTOR GRIGNARD - GEORG WITTIG

Cette conférence, créée par la Société Française de Chimie et son homologue allemand la Gesellschaft Deutscher Chemiker, s'est tenue pour la première fois avec la venue en France du professeur M. Veith de l'université de Saarbrück. Son objectif est de favoriser l'extension des relations scientifiques entre des universités et des grandes écoles n'ayant encore que des échanges limités.

Chaque société savante choisit en temps utile le (ou les) scientifique(s) qui doit (doivent) être invité(s) par la société partenaire. La conférence doit avoir lieu dans chaque pays sur une base annuelle ou au minimum tous les deux ans.

La conférence du professeur Veith : «Des mouvements métalliques intramoléculaires et une nouvelle approche des matériaux nanocomposites» a été présentée dans six universités ou écoles françaises, en deux voyages, en janvier et février derniers : Dijon, Palaiseau (École polytechnique), Rennes, Bordeaux, Toulouse, Montpellier.

Le professeur R. Corriu a été chargé de l'organisation de la tournée en France du professeur M. Veith.

DIVISION Matériaux polymères et élastomères

9^e STAGE PÉDAGOGIQUE NOUVELLES TENDANCES DE LA CHIMIE DES POLYMÈRES

Mèze (Hérault)
19-22 mai 1995

Pour tenir compte des nouveautés dans le domaine des polymérisations, la commission Enseignement du GFP/division Matériaux polymères et élastomères de la SFC a décidé d'organiser un colloque consacré aux «Nouvelles tendances en chimie des polymères». Les conférences feront l'objet du volume XII des livres édités par le GFP.

Renseignements : R. Sagnes, Laboratoire de chimie macromoléculaire, C C 009, Université Montpellier II, 34095 Montpellier Cedex 5.
Tél. : 67.14.32.74. Fax : 67.54.47.57.

DIVISION Chimie organique

PRIX DINA SURDIN

Depuis une dizaine d'années, la Fondation Dina Surdin décerne chaque année un prix de thèse sur proposition du bureau de la division Chimie organique. Ce prix est destiné à récompenser un excellent travail de thèse présenté par un candidat brillant. Les trois derniers lauréats ont été : M. Salle (Angers), A. Haudrechy (ENS, Paris), F. Denat (Toulouse).

Vous avez été sans doute, au cours de l'année 1994, ou membre du jury, ou spectateur de très bonnes thèses. Nous vous demandons d'attirer notre attention sur certaines d'entre elles et de nous en envoyer, si possible, le résumé d'une page avec la composition du jury.

Six dossiers seront alors présélectionnés, les thèses correspondantes examinées en détail, la proposition de prix étant finalement arrêtée lors d'une réunion de bureau qui se situe généralement au mois de mai.

Renseignements : J.-P. Genêt, ENSCP, Laboratoire de synthèse organique, 11, rue Pierre et Marie Curie, 75231 Paris Cedex 05.
Tél. : (1) 43.26.99.58.

DIVISION Chimie physique

PRIX DE LA DIVISION

Un prix annuel de 10 000 F est décerné, sur proposition du conseil de la division Chimie physique de la Société Française de Chimie, à un jeune chercheur (limite d'âge environ 35 ans) pour ses travaux, fondamentaux ou appliqués, dans un des domaines de la chimie physique ou de la biophysique.

Ce chercheur devra s'être affirmé par la qualité et l'originalité de ses recherches, et par les initiatives qu'il aura prises pour leur orientation.

Les candidatures doivent être appuyées d'une présentation de deux à trois pages et d'un curriculum vitae.

Les dossiers doivent parvenir avant le 15 avril à la division Chimie physique.

Renseignements : SFC / division Chimie physique, Laboratoire de chimie physique, 11, rue Pierre et Marie Curie, 75005 Paris.

Université d'été de chimie 1995

ÉLECTROCHIMIE ET ÉNERGIE DES CONCEPTS AU VÉHICULE ÉLECTRIQUE

Grenoble, 29 août-1er septembre 1995

L'objectif de l'université d'été est de répondre à la demande des professeurs de lycées et collèges en matière de formation continue dans un domaine de la physico-chimie souvent mal connu. Onze universités ont déjà été tenues depuis 1984.

Instaurée à l'initiative de l'Union des Physiciens, elle est organisée conjointement avec l'université Joseph Fourier et l'Institut National Polytechnique de Grenoble, en collaboration avec l'Union des Industries Chimiques, la Société de Chimie Industrielle et la Société Française de Chimie.

Nombre de participants limité à 300.

Au programme : 5 demi-journées de conférences, une demi-journée consacrée à des visites (au choix du stagiaire), une journée de visites d'entreprises de la région.

Renseignements : Jacques Fouletier, LIESG-ENSEEG, BP 75, 38402 Saint-Martin d'Hères Cedex. Tél. : 76.82.65.66. Fax : 76.82.66.70.

SECTION Normandie (Basse)-Sarthe

JOURNÉE DE LA SECTION

Elle s'est déroulée le 17 mars 1995, à Caen.

Deux conférences ont été données : l'une par le professeur Jean-Pierre Genêt de l'École de Chimie de Paris : «Nouveaux catalyseurs d'hydrogénation asymétrique. Applications à la synthèse de molécules bioactives» et, l'autre, par le professeur Michel Che de l'université de Paris VI : «La préparation de matériaux catalyseurs solides : du savoir-faire aux concepts moléculaires». Les jeunes chercheurs des laboratoires caennais et mançais ont présenté des communications orales et par affiche.

Renseignements : Françoise Maugé (tél. : 31.45.28.24), Patrick Metzner (tél. : 31.45.28.85), Jean-Louis Fourquet (tél. : 43.83.33.56).

PLIS CACHETÉS

La SFC a reçu les plis cachetés suivants (droits de garde 80 F par pli cacheté déposé) :

- Le 17 octobre 1994, de Stéphane Cuvier et Pierre Flacher, sous le numéro 277.
- Le 24 octobre 1994, de Philippe J. Pichat sous le numéro 278.
- Le 14 novembre 1994, de Novalis Fibres (L-94061) sous le numéro 279.
- Le 12 décembre 1994, de J.-P. Eyraud (Rhône-Poulenc Industrialisation), sous le numéro 280.
- Le 21 décembre 1994, de R. Rosset (ESPCI), sous le numéro 281.
- Le 23 décembre 1994, de M.-C. Lévy (faculté de pharmacie), le pli cacheté A : sous le numéro 282, le pli cacheté B : sous le numéro 283, le pli cacheté C : sous le numéro 284 et pli cacheté D : sous le numéro 285.
- Le 26 décembre 1994, de Lisette Lavielle (Mulhouse) sous le numéro 286.
- Le 25 janvier 1995, de MM. Y. Mugnier, J.C. Gard, M. Kubicki, P. Richard, J. Lessard, enregistré sous le n° 287.
- Le 1er février 1995, de MM. J.P. Pujol, D. Brun, P. Bazin (Rhône-Poulenc Chimie), sous le n° 288.

CNRS/département Sciences chimiques

Le Comité national a procédé à l'automne 1994 à des nominations, à la création et au changement d'intitulés, ou à des suppressions dans des unités, équipes ou groupes de recherche.

Créations au 01/01/95

Structure	Section	Intitulé	Lieu	Directeur
UMR 140	15	Laboratoire de chimie et procédés de polymérisation	Vernaison	Roger Spitz
UMR 143	16	Sucro-chimie	Villeurbanne	Julio Mentech
UPR 9048	19	Institut de chimie de la matière condensée de Bordeaux	Talence	Jean Etourneau
URA 2056	20	Laboratoire de physico-chimie biomoléculaire et cellulaire	Paris	Jacques Bolard
URA 1906	17	Laboratoire photophysique et photochimie supramoléculaire et macromoléculaire	Cachan	M. Faure
URA 1907	17	Laboratoire de physico-chimie moléculaire et minéral	Châtenay	Nguyen Qui Dao
EP 102	16	Synthèse interactions et réactivité en chimie organique et bioorganique	Versailles	François Terrier
EP 103	20	Laboratoire de chimie structurale organique et biologique	Paris	Jean-Claude Beloeil
EP 104	20	Laboratoire de chimie bio-organique	Nice	M. Guedj
EP 105	20	Laboratoire de bioorganique et biotechnologie	Paris	François Le Goffic
ERS 101	18	Science des surfaces et matériaux carbonés	Saint Martin d'Hères	M. Caillet
ER 93	18	Électrochimie des interfaces	Meudon	M. Costa
ER 92	18	Laboratoire d'électrochimie des solides	Besançon	M. Robert
GDR 1115	17	Physico-chimie des actinides et autres radioéléments en solutions et aux interfaces	Orsay	Robert Guillaumont

Changements de directeur

Structure	Section	Nouveau directeur	Ancien directeur
URA 448	15	Jacques Prost	Monique Pages
URA 473	16	Jean Normant	Ramon Burgada
URA 351	16	Michel Morcellet	Alain Lablache Combiér
URA 477	16	Jacques Dubac	Pierre Mazerolles
URA 704	16	Michel Vaultier	André Foucaud
URA 468	16	Philippe Viallefont (par intérim)	
URA 459	16	Jean-Pierre Pete	Josselin Chuche
URA 322	17	Hervé Des Abbayes	Maurice l'Her
URA 348	17	Robert Lesclaux (par interim)	
URA 434	17	Jean-Pierre Grolier	Jean-Pierre Morel
URA 508	17	Nelly Lacombe	Jean-Pierre Perchard
UPR 15	18	Michel Keddam	Michel Froment
URA 331	18	Jean-Claude Mialocq	Maurice Drifford
URA 442	19	Christian Pedrini	Georges Boulon
URA 461	20	Jean Bastide	Camille Coste
URA 494	20	Edith Dellacherie	Michel Marraud
URA 500	20	Guy Muller	Gérard Spach
UPR 2301	20	Marc Cherest (directeur adjoint)	

Nouveau intitulés d'unités

Structure	Directeur	Intitulé
URA 474	Geneviève Pfister	Laboratoire de chimie théorique et physico-chimie moléculaire
URA 480	Serge Masson	Laboratoire de chimie moléculaire et thioorganique
URA 418	François Fajula	Matériaux catalytiques et catalyse en chimie organique

Suppressions d'UPR, URA, ERS, GDR.

Structure	Directeur
UPR 8661	Jean Etourneau (Talence)
URA 198	Christian Rolando (Paris)
URA 413	Marcel Caillet (Saint-Martin)
URA 436	Guy Robert (Besançon)
ERS 70	Nguyen Qui Dao (Châtenay)
ERS 71	François Le Goffic (Paris)
ERS 72	Jean-Pierre Morizur (Paris)
ERS 73	Gérard Lhomme (Paris)
ERS 74	Max Costa (Meudon)
GDR 980	Noël Baffier (Paris)
GDR 1008	Gérard Descotes (Villeurbanne)
GDR 1010	Gilbert Maire (Strasbourg)
GDR 1011	Danièle Olivier (Villeurbanne)
GDR 1012	Hervé Des Abbayes (Lille)
GDR 1014	Charles Mioskowsky (Strasbourg)
GDR 1016	Claudine Pascard (Gif-sur-Yvette)
GDR 1018	Bernard Bigot (Lyon)

IUPAC

Nomenclature basée sur l'origine des macromolécules non linéaires et les assemblages de macromolécules (recommandations IUPAC 1994).

Source-based nomenclature for non-linear macromolecules and macromolecular assemblies.

Une nomenclature basée sur leur origine est proposée pour les macromolécules non linéaires individuelles et les assemblages de macromolécules.

Les noms basés sur l'origine ou sur la structure, pour les macromolécules linéaires régulières (monocaténaires ou bicaténaires) et irrégulières, peuvent être déterminés en utilisant les règles publiées précédemment. Le présent document concerne la nomenclature basée sur

leur origine pour les macromolécules non linéaires et les assemblages de macromolécules.

Le premier type de macromolécules comprend les macromolécules ramifiées, greffées, en peigne, en étoile, cycliques et en réseau ; le second type comprend les mélanges de polymères, les réseaux interpénétrés et les complexes polymère-polymère.

Les noms des macromolécules non linéaires sont formés en énonçant le(s) nom(s) basé(s) sur l'origine pour les éléments constituants linéaires, en mentionnant leur(s) mode(s) d'agencement par des préfixes ou des mots de liaison.

Une précision sur la masse molaire, la composition ou la fonctionnalité du point de

ramification de la macromolécule ou de ses constituants, peut être donnée entre parenthèses.

Les commentaires de ce document sont les bienvenus et doivent être adressés, avant le 1er août 1995, au : Dr Jaroslav Kahovec, Institute of Macromolecular Chemistry, Academy of Sciences of the Czech Republic, Heyrovského náměstí 2, CS - 162 06 Praha 6, République Tchèque.

- Toute personne souhaitant contribuer à la critique de ce document, avant sa parution au titre de «recommandations définitives», peut obtenir une copie du texte intégral auprès de : Françoise Rouquerol, Centre de Thermodynamique et de Microcalorimétrie, 26, rue du 141 RIA, 13331 Marseille Cedex 3.

Manifestations

CYCLE DE CONFÉRENCES À L'ESCOM

CERGY-PONTOISE
Avril-mai 1995

Ces conférences sont organisées par le département chimie organique et RMN. Elles auront lieu le jeudi à l'Escom (Cergy-Pontoise) :

– 13 avril, à 10 h 30, professeur Jean Normant (Paris VI) :

Formation de dérivés organométalliques cycliques à partir d'organométalliques linéaires portant une insaturation C=C ou C≡C.

– 4 mai, à 10 h 30, professeur Henri-Philippe Husson (Paris V) : *Nouvelles stratégies pour la synthèse asymétrique de composés d'intérêt biologique ou thérapeutique.*

– 18 mai, à 14 h 30, docteur Gérard Linstumelle (ENS Paris) : *Nouvelles réactions*

catalysées par des complexes du palladium.

- Renseignements : G. Cahiez, Escom, 13, bd de l'Hautil, 95092 Cergy Pontoise Cedex. Tél. : (1) 30.75.60.24. Fax : (1) 30.75.60.21.

CE VIDE QUI NOUS ENTOURE

PARIS
15 avril-28 mai 1995

Organisée par la Société Française du Vide, dans le cadre de son cinquantième, cette exposition a été réalisée avec la contribution de l'ensemble des industriels de ce domaine ainsi que celle de nombreux centres de recherche. Elle a pour objectif de fournir au visiteur une perception actualisée de l'importance du vide dans notre environnement, qu'il s'agisse du vide dans la

vie courante (café emballé sous-vide...) ou du vide dans l'univers (vide intergalactique).

Cette exposition sera complétée par un cycle de conférences du 18 au 21 avril à 21 h.

- Renseignements : Société Française du Vide, 19, rue du Renard, 75004 Paris. Tél. : (1) 42.78.15.82. Fax : (1) 42.78.63.20.

DEMANDE D'AUTORISATION D'UNE INSTALLATION CLASSÉE

PARIS
19-20 avril 1995

Le Centre National de Prévention et de Protection organise ce séminaire thématique à l'intention des ingénieurs et des techniciens d'entreprises, des assureurs et des courtiers, des conseillers prévention d'entreprises. Outre

l'aspect théorique (réglementation, contenu des études), des études de cas et un travail de groupe, le séminaire comprend aussi un exposé sur la responsabilité et le contentieux en matière d'installations classées.

- Renseignements : Yasmine Hubert, CNPP, service commercial, 5, rue Daunou, 75002 Paris. Tél. : (1) 44.50.57.73. Fax : (1) 49.27.09.43.

1st SYNOPSIS EUROPEAN USERS GROUP MEETING

AMSTERDAM (Pays-bas)
3-4 mai 1995

- Renseignements : Synopsys Scientific Systems Ltd., 175 Woodhouse Lane, Leeds LS2 3AR, Grande-Bretagne. Tél. : +44 (113) 245 3339. Fax : +44 (113) 243 8733.

Manifestations SFC en 1995

Date	Lieu	Organisateur	Titre	SFC Info (page)
Divisions				
26-30/06/95	Lille	Division Chimie physique	54e Congrès inter. de chimie physique	nov. 94 (p. V)
3-8/07/95	Strasbourg	Division Catalyse	Conférence Sabatier	
4-7/09/95	Montpellier	Division Chimie du solide	5e Conférence européenne de chimie du solide	déc. 94 (p. I)
12-15/09/95	Palaiseau	Division Chimie organique	Journées de chimie organique	janv-fév 95 (p. I)
4-8/12/95	Paris	Division Chimie analytique	Congrès à l'occasion d'Interchimie	
-/12/95	Paris	Division Chimie organique	Journées d'automne	
Groupes				
18-19/05/95	Paris	Groupe Photochimie	Réunion de printemps	

SÉMINAIRES BIOCIS

CHATENAY-MALABRY
mai-juin 1995

Ils ont lieu dans la salle des thèses, à 10 h 30, au Centre d'Études Pharmaceutiques :
- 4 mai 1995, Dr Ilane Marek (CNRS, Paris VI) : *Nouvelle réaction de cyclisation antio-nique : la zinca-ène-allène réaction.*

- 1er juin 1995, Dr Lucette Duhamel (CNRS, Rouen) : *Organométalliques vinyliques fonctionnels.*

- 22 juin 1995, prof. André Lubineau (Orsay) : *Progrès récents dans la synthèse des oligosaccharides sulfatés, inhibiteurs puissants de l'adhésion cellulaire intervenant dans les processus inflammatoires.*

- En juin 1995, le prof. Koichi Mikami (Tokyo) viendra présenter une conférence.

- Renseignements : Danièle Bonnet-Delpon, Biocis, Centre d'Études Pharmaceutiques, tour D3, 5e étage, 5, rue Jean-Baptiste Clément, 92296 Châtenay-Malabry. Tél. : (1) 46.83.57.39. Fax : (1) 46.83.57.40.

EUROPEAN SYMPOSIUM ON BIO-ORGANIC CHEMISTRY

NEWTOWN (Pays-de-Galles)
12-15 mai 1995

Le 29e Symposium Esboc sera consacré aux aspects moléculaires de l'infection et de l'immunité.

- Renseignements : D. H. G. Crout, Chemistry Department, Warwick University, Coventry CV4 7AL, Royaume-Uni. Fax : +44 (203) 524429.

CONFERENCE ON THIN FILMS

MUNICH (Allemagne)
15-17 mai 1995

La 4e conférence internationale sera consacrée aux thèmes : nouvelles occasions d'affaires et de profit avec la technologie des films minces.

- Renseignements : Julie Grant, Gorham/Intertech Consulting, 411 US Route One, Portland, Maine 04105, États-Unis. Tél. : +1 (207) 781-9800. Fax : +1 (207) 781-2150 ; ou Irmtraud Keller, Chemco, Kalkofenstrasse 3, Bad Soden-Salmünster, Allemagne. Tél. : +49 06056 30 99. Fax : +49 06056 30 98.

11e RENCONTRES INTERDISCIPLINAIRES DE BIOCHIMIE

SAINT-AGNAN
15-19 mai 1995

Ce Colloque national Jeunes Chercheurs rassemblera des jeunes des secteurs publics et privés ainsi que des personnalités scientifiques.

- Renseignements : Michael Goetz, Laboratoire de cristallographie, 351, cours de la libération, 33405 Talence Cedex. Tél. : 56.84.61.49. Fax : 56.84.66.86.

CHIMIE ORGANIQUE FINE : ANORCQ 3

DEAUVILLE
17-19 mai 1995

Ce 3e Colloque, anglo-normand, ouvert aux industriels français et britanniques, est organisé par les laboratoires de chimie organique des universités de Cambridge, Norwich, Southampton, Caen et Rouen. Il sera proposé sept conférences présentées par des industriels ou par des chercheurs étrangers de renom international.

- Renseignements : M. C. Lasne, Laboratoire de chimie moléculaire et thioorganique, URA 480, ISMRA, 6, boulevard du maréchal Juin, 14050 Caen Cedex. Tél. : 31.45.28.92. Fax : 31.45.28.77.

FIABILITÉ ET GESTION DE LA TECHNOLOGIE

BRUXELLES (Belgique)
17-19 mai 1995

Le programme de ce séminaire international CBO est conçu pour prendre en compte les problèmes de gestion technologique auxquels sont confrontés les cadres de haut niveau dans les entreprises industrielles. Langue de travail : anglais.

- Renseignements : CBO, Management and technology Systems Centre, secrétariat international du séminaire, La Bourse, Beursplein 37, BP 21468, 3001 AL Rotterdam, Pays-Bas. Tél. : +31 (10) 413 9020. Fax : +31 (10) 411 8732.

26e JOURNÉES D'ÉTUDES SUR LA CINÉTIQUE HÉTÉROGÈNE

DIJON
18-19 mai 1995

Organisées par le Laboratoire de recherches sur la réactivité des solides de Dijon, ces journées ont deux objectifs essentiels : favoriser une discussion scientifique ouverte sur des travaux récents en cinétique hétérogène et de permettre à de jeunes chercheurs de présenter leurs travaux en cours. Au cours de ces JECH sera attribué, pour la cinquième fois, le prix Jean Besson qui récompense la meilleure communication orale d'un jeune chercheur (n'ayant pas soutenu sa thèse).

- Renseignements : Lydie Falzon, Laboratoire de recherches sur la réactivité des solides, URA 23 CNRS, Faculté Mirande, BP 138, 21004 Dijon Cedex. Tél. : 80.39.61.30. Fax : 80.39.61.32.

DÉFORMATION PLASTIQUE DES POLYMERES SOLIDES

COL DES FEIGNES, Vosges
18-19 mai 1995

Cette 13e édition de Depos est placée sous la présidence d'honneur de J.C. et Colette Bauwens.

- Renseignements : Apollor, École des Mines, parc de Saurupt, 54042 Nancy Cedex. Tél. : 83.51.15.70. Fax : 83.57.97.94.

BIOCONVERSIONS ET SYNTHÈSE ORGANIQUE

LA LONDE-LES-MAURES
29 mai-1er juin 1995

Par souci d'ouverture européenne, le colloque de ce club est organisé conjointement avec les collègues italiens.

- Renseignements : Roland Furstoss, Groupe Biocatalyse - URA CNRS 1320, case 901, 163, avenue de Luminy, 13288 Marseille Cedex 9. Tél. : 91.26.90.00. Fax : 91.26.91.45.

ORIENTAMENTI E METODOLOGIE IN CHIMICA

ANCONE (Italie)
2-6 juin 1995

Cette convention nationale, organisée par la Société Chimique Italienne et l'université d'Ancone, portera sur la chimie pharmaceutique, organique et bioorganique.

- Renseignements : Lucedio Greci, Dip. di Scienze dei Materiali e della Terra, Università degli Studi di Ancona, via Breccia Bianche, 60131 Ancona, Italie. Tél. : +39 (71) 2204-408/409 et 416. Fax : +39 (71) 2204714.

LOSS PREVENTION AND SAFETY PROMOTION

ANVERS (Belgique)
19-23 juin 1995

Ce symposium international est le 8e de la série consacrée aux industries de transformation.

Photochimie

Le supplément à *L'Actualité Chimique* de décembre 1994, consacré à la photochimie, est disponible à la SFC au prix de 180 F. TTC.

- Société Française de Chimie, 250, rue Saint-Jacques, 75005 Paris. Tél. : (1) 43.25.20.78. Fax : (1) 43.25.87.63.

- Renseignements : Ingenieurshuis vzw, Desguinlei 214, B-2018 Antwerpen, Belgique. Tél. : +32 (3) 216.09.96. Fax : +32 (3) 216.06.89.

EURODEUR'95

PARIS
20-22 juin 1995

Le 2e salon Eurodeur accueille le 3e Symposium international sur la réduction des émissions d'odeurs et des composés organiques volatils qui s'appellera, en 1995, Congrès Odeur & Cov.

- Renseignements : Agnès Gourdon, BP 15, 35801 Dinard Cedex. Tél. : 99.46.11.11. Fax : 99.46.41.41.

CHEMSPEC EUROPE 95

ESSEN (Allemagne)
21-22 juin 1995

Le salon est organisé par la Paint and Chemical Division of FMJ International Publications Ltd. Des conférences techniques de la British Association for Speciality Chemicals (BACS) sont prévues.

- Renseignements : Jane Malcolm-Coe, FMJ International Publications Ltd, Queensway House, 2 Queensway, Redhill, Surrey RH1 1QS, Grande-Bretagne. Tél. : +44 1737 768611. Fax : +44 1737 761685.

CHIMIE ORGANIQUE, ORGANOMÉTALLIQUE ET BIO-ORGANIQUE

BORDEAUX
25-29 juin 1995

La French-American Chemical Society organise cette 5e conférence (FACS V).

- Renseignements : David Grierson, ICSN-CNRS, 91198 Gif-sur-Yvette. Tél. : (1) 69.82.43.54. Fax : (1) 69.07.72.47. Ou Gérard Délérès, Laboratoire de chimie bioorganique, Université de Bordeaux II, 146, rue Léo Saignant, 33076 Bordeaux. Tél. : 57.57.10.01. Fax : 57.57.10.15.

FESTIVAL SANTÉ ET SÉCURITÉ SUR LE LIEU DE TRAVAIL

STRASBOURG

26-28 juin 1995

Le 2e Festival européen de la production audiovisuelle «Santé et sécurité sur les lieux de travail» est organisé par l'INRS sous l'égide de la Commission européenne et du ministère du Travail français.

- Renseignements : INRS, secrétariat du festival, 30 rue Olivier Noyer, 75014 Paris. Tél. : (1) 40.44.30.20. Fax : (1) 46.38.71.74.

COMPUTERS IN CHEMICAL RESEARCH AND EDUCATION

PARIS
17-21 juillet 1995

Cette IIe Conférence internationale ICCCRE se tiendra à la Cité universitaire internationale. Objectif : présenter les tendances actuelles et futures dans l'utilisation de l'ordinateur comme dans leurs applications en recherche chimique et en didactique. Un intérêt particulier sera porté à la chimiométrie.

- Renseignements : A. Panaye, Institut de topologie et de dynamique des Systèmes, Université Paris 7 - Denis Diderot, 1, rue Guy de la Brosse, 75005 Paris. Tél. : (1) 44.27.44.12. Fax : (1) 44.27.60.53.

GECO XXXVI

SAINT-JORIOZ (74)
27 août-1er septembre 1995

La 36e rencontre du Groupe d'Études de Chimie Organique se tiendra sur les bords du lac d'Annecy. Date limite d'inscriptions : 30 avril 1995.

- Renseignements : Paul Baret, tél. : 76.51.48.37. Martine Demeunynck, tél. : 76.51.44.29, LEDSS, Université J. Fourier, BP 53, 38041 Grenoble Cedex 9. Fax : 76.51.43.82.

2e JOURNÉES EUROPÉENNES DE THERMODYNAMIQUE CONTEMPORAINE

NANCY
27-29 septembre 1995

Les journées JETC IV sont placées sous le signe de l'apport

thermodynamique aux systèmes complexes. Langues de travail : français et anglais.

- Renseignements : Annie Frey, ENSIC, Laboratoire des sciences du génie chimique, BP 451, 54001 Nancy Cedex. Tél. : 83.17.51.90. Fax : 83.32.29.75.

PHYSIQUE 95

PARIS
3-6 octobre 1995

La porte de Versailles rassemblera les expositions spécialisées suivantes : Forum mesure et test électronique, Capteurs, Solutronic, Energie Expo et Physique.

- Renseignements : CEP Exposium, 1, rue du Parc, 92593 Levallois-Perret Cedex. Tél. : (1) 49.58.51.00. Fax : (1) 47.37.74.38.

EFFET TUNNEL DES ATOMES ET DES MOLÉCULES DANS LES SOLIDES

SEYSSINS
4-7 octobre 1995

Ce congrès est la continuation de ceux qui se sont tenus à Braunschweig (1982), Nottingham (1984), Grenoble (1986), Turku (1988), Tergensee (1991) et Windsor (1993)

- Renseignements : François Fillaux, Lasir, CNRS, 2, rue Henri Dunant, 94320 Thiais. Tél. : (1) 49.78.11.17. Fax : (1) 49.78.13.23.

LES BOUES INDUSTRIELLES, OPPORTUNITÉ OU FATALITÉ ?

PARIS
5-6 octobre 1995

Le groupe de travail Environnement du Groupe Français de Génie des Procédés et la Société de Chimie Industrielle organisent, dans le cadre du salon Pollutec, ce colloque consacré aux boues industrielles :
– l'origine des boues, la réglementation,
– les procédés de valorisation et de traitement,
– les procédés permettant de ne pas générer ces boues.

- Renseignements : Lucie Cohen, Société de Chimie Industrielle, 28 rue Saint-Dominique, 75007 Paris. Tél. : (1) 45.55.69.46. Fax : (1) 45.55.40.33.

CONFÉRENCES DU GROUPEMENT DES PHARMACOCHEMISTES DE L'ARC ATLANTIQUE

ANGERS
5-6 octobre 1995

Ces 4e Journées européennes sont organisées par le Groupement des Pharmacochimistes de l'Arc Atlantique (GP2A). Elles s'adressent à tous les doctorants pharmacochimistes souhaitant présenter leurs travaux sous forme de communications orales ou par affiches. Thème principal : les inhibiteurs enzymatiques, avec, en particulier, des conférences plénières concernant la chimiothérapie des cancers hormonaux et antiviraux.

- Renseignements : L. M. Gomès, O. Duval, Laboratoire de chimie organique et thérapeutique, 16, bd Daviers, 49100 Angers. Tél. : 41.48.14.22. Fax : 41.48.67.33.

SALON EUROPÉEN DE L'ENVIRONNEMENT MUT

BALE (Suisse)
24-27 octobre 1995

Ce salon se tiendra dans le cadre de la foire de Bâle.

- Renseignements : Michel Gunsett, Foire de Bâle, 39, rue des Vosges, 68110 Illzach. Tél. : 89.50.50.17. Fax : 89.50.50.08.

MACHEVO 95

UTRECHT (Pays-Bas)
30 octobre-3 novembre 1995

De nombreuses conférences/symposiums sont en préparation pour la foire Machevo ; elles traiteront des marchandises en vrac, de la science des aliments, de la corrosion, du traitement des déchets, de logistique, de l'hygiène, du vide, de l'explosion par les poussières,

de la récupération de l'énergie des procédés biologiques...

- Renseignements : c/o Royal Dutch Fairs, PO Box 8500, NL-3503 RM Utrecht, Pays-Bas. Tél. : +31 1736 94226.

RAYONS X ET MATIÈRE DÉJÀ 100 ANS...

STRASBOURG
6-10 novembre 1995

Ce colloque, organisé par l'École Nationale Supérieure des Arts et Industries et le Groupe pour l'Avancement des Sciences Analytiques, sera consacré essentiellement à l'emploi des rayons X en analyse (fluorescence et diffraction).

- Renseignements : ENSAIS, 24, bd de la Victoire, 67000 Strasbourg. Tél. : 88.14.47.39 ou 55. Fax : 88.24.14.90.

APPLICATIONS DES POLYMÈRES CONDUCTEURS INTRINSÈQUES DE L'ÉLECTRICITÉ

GRENOBLE
14-15 novembre 1995

Ces journées d'études sont organisées par le groupe Dauphiné-Savoie de la Société des Électriciens et des Électroniciens. La date limite d'envoi de résumés de communications est fixée au 15 mai 1995.

- Renseignements : Eugène Geniès, CENG, DRFMC/SESAM/LEM, 38054 Grenoble Cedex 9. Tél. : 76.88.38.33. Fax : 76.88.51.45.

EUROPLAST MOSCOW'95

MOSCOU (Russie)
15-18 novembre 1995

Patronnée par Europlast et Plastexpo, l'exposition est co-organisée par Blenheim et ITE Exhibitions and Conferences Ltd.

- Renseignements : ITE Exhibitions and Conferences Ltd., Byron House, 112A Shirland Road, London W9 2EQ, Grande-Bretagne. Tél. : +44 (171) 286 9720. Fax : +44 (171) 286 0177.

FORMATION CONTINUE A L'ENSCP

STAGES 1995

Stage 1 : 15-18 mai 1995 (4 jours) (Pr. F. Le Goffic)

Base de la pharmacologie moléculaire. Application au développement rationnel des médicaments

Stage 3 : 21-23 juin 1995 (3 jours) (Ch. Hulén)

Les risques de contaminations bactériennes en industries alimentaires et cosmétiques.

Stage 4 : 18-22 septembre 1995 (4 jours) (Ch. Hulén)

Utiliser les bactéries : initiation à leur manipulation.

Stage 5 : 9-11 octobre 1995 (3 jours) (J. Braun)

Enzymes et microorganismes en synthèse organique

Stage 12 : septembre 1995 (4 jours) (Pr. J.-J. Legendre)

Modélisation et prévision empirique des propriétés moléculaires.

Stage 15 : novembre 1995 (3 jours) (P. Gueguen et J. Grassit).

Préparation et utilisation des molécules marquées en biologie. Applications biologiques et pharmacologiques.

Pour tous renseignements concernant ces programmes, s'adresser à : J. Braun, École Nationale Supérieure de Chimie de Paris, Chimie Paris - Formation Continue, 11, rue Pierre et Marie Curie, 75231 PARIS Cedex 05. Tél : (1) 44.27.67.49 et (1) 44.27.67.53. Fax : (1) 43.29.73.95.

CATS III

OSTENDE (Belgique)
18-20 mars 1996

Le 3e congrès est consacré à la caractérisation et au traitement des boues, impact sur l'environnement, études de cas, législation. Il est organisé par l'Institut Technologique de la Royal Flemish Society of Engineers. Une exposition et des visites (en Belgique, France et Pays-Bas) sont prévues.

Date limite de soumission des résumés de communications : 1er mai 1995 (langue du congrès : anglais).

- Renseignements : c/o Ingenieurshuis vzw, attn Mrs Rita Peys, Desguinlei 214, B-2018 Antwerpen 1, Belgique. Tél. : +32 (3) 216 09 66. Fax : +32 (3) 216 06 89.

PHARMACEUTICAL APPLICATIONS OF NIR SPECTROSCOPY

STOCKHOLM (Suède)
13-15 juin 1996

Cette conférence internationale se tiendra conjointement avec la

conférence nationale «Analytical days.»
Date limite de soumission des titres de communications : 1er septembre 1995.

- Renseignements : The Swedish Chemical Society, Wallingatan 24, 3 tr, S-111 24 Stockholm, Suède. Tél. : +46 (8) 411.52.60. Fax : +46 (8) 10.66.78.

14th INTERNATIONAL CONFERENCE ON CHEMICAL EDUCATION

BRISBANE (Australie)
14-19 juillet 1996

La 14e ICCE, patronnée par l'IUPAC, est organisée par l'Australian Chemical Institute sur le thème de «la chimie : les fontrières repoussées», avec les multifacettes de la science et de la vie de tous les jours. L'enseignement de la chimie après l'an 2000 sera également au programme. Langue officielle : anglais.

- Renseignements : ICCE Conference Secrétariat (Sally Brown), Continuing Professional Education, The University of Queensland, QLD 4072, Australie. Tél. : +61 (7) 365 6360. Fax : +61 (7) 365 7099.

Réunions scientifiques de l'Otan

L'aide accordée aux chercheurs de pays de l'Otan, pour une collaboration dans quelque discipline scientifique que ce soit, se présente sous la forme de subventions à la recherche en coopération ou d'un appui financier pour l'organisation de cours d'été. S'agissant de la collaboration entre les chercheurs des pays de l'Otan et leurs confrères des pays partenaires, l'Otan soutient essentiellement, mais non exclusivement, des projets relevant des domaines prioritaires mentionnés ci-contre. Les différentes possibilités de financement qui s'offrent à cet égard sont les subventions à la recherche en coopération, les subventions de jumelage, les subventions pour missions d'experts et les subventions pour l'organisation de séminaires de recherche avancée et de cours d'été.

De plus amples informations et des formulaires de demande peuvent être obtenus auprès de la division des Affaires scientifiques (réf. 95/2), Otan, 1110 Bruxelles, Belgique.

Nous avons relevé les séminaires et les universités d'été suivants :

Séminaires

REGIONAL APPROACHES TO WATER POLLUTION IN THE ENVIRONMENT

LIBLICE, République tchèque
5-10 septembre 1995

Renseignements : Dr P.E. Rijtema, Winand Staring Centre, Integrated Land, Soil & Water Research, PO Box 125, 6700 Wageningen, Pays-Bas.
Fax : +31 8370 24812.

THE CHEMICAL PHYSICS OF FULLERENES 10 (AND 5) YEARS LATER

VARENNE, Italie
12-16 juin 1995 :

Renseignements : Dr W. Andreoni, Zurich Research Lab., IBM Research Division, Saumerstrasse 4, 8803 Ruschlikon, Suisse.
Fax : +41 (1) 724 0809.

CRYSTALS : SUPRAMOLECULAR MATERIALS

ITALIE
27 août-1er sept 1995

Renseignements : prof. A. Gavezzotti, Univ. di Milano, Dipto di chimica fisica & elettrochimica, via Golgi 19, 20133 Milan, Italie.
Fax : +39 (2) 70638129.

MODULAR CHEMISTRY

ESTES PARK (CO, États-Unis)
8-13 septembre 1995

Renseignements : prof. J. Michl, Univ. of Colorado, Dept of

chemistry & biochemistry, Boulder, CO 80309-0215, États-Unis. Fax : +1 (303) 492 0799.

MAGNETISM : A SUPRAMOLECULAR FUNCTION

MAUBUISSON
6-20 septembre 1995

Renseignements : prof. O. Kahn, Université Paris-Sud, Laboratoire de chimie inorganique, 91405 Orsay. Fax : (1) 69.85.55.36.

INTEGRATED ASSESSMENT OF GLOBAL ENVIRONMENTAL CHANGE : SCIENCE AND POLICY

DURHAM (Car. du Nord, États-Unis)
4-8 juin 1995

Renseignements : Dr R.S. Chen, Consortium for International Earth Science Information Network (CIESIN), 2250 Pierce Road, University Center, Michigan 48710, États-Unis.
Fax : +1 (517) 792 2622.

GROUND LEVEL AND SATELLITE OZONE OBSERVATIONS : OZONE CHANGES IN THE MEDITERRANEAN REGION

ATHÈNES, Grèce
Novembre 1995

Renseignements : prof. C. Varotsos, Université d'Athènes, applied physics Department, 33 Ippokratous Str., 10680 Athènes, Grèce. Fax : +30 (1) 3605080.

Universités d'été

SOLVENTS AND SELF-ORGANIZATION OF POLYMERS

CESME-IZMIR, Turquie
1er-13 août 1995

Renseignements : prof. S. E. Webber, Univ. of Texas (Austin), Dept. of chemistry & biochemistry, Austin, TX 78712, États-Unis.
Fax : +1 (512) 471 8696.

FUNDAMENTALS AND APPLICATIONS OF GAS-PHASE ION CHEMISTRY

GARMISCH - PARTENKIRCHEN, Allemagne.
7-18 août 1995

Renseignements : prof. K.R. Jennings, Univ. of Warwick, Dept of chemistry, Coventry CV4 7AL, Royaume-Uni.
Fax : +44 (203) 524112.

NEW TRENDS IN MATERIALS CHEMISTRY

IL CIOCCO, Italie
10-23 septembre 1995

Renseignements : prof. C.R.A. Catlow, The Royal Institution, London, 21, Albemarle Street, London W1X 4BS, Royaume-Uni.
Fax : +44 (71) 629 3569.

LOW TEMPERATURE MOLECULAR SPECTROSCOPY

SINTRA, Portugal
3-15 septembre 1995

Renseignements : prof. R. Fausto, Univ. of Coimbra, Chemical Dept., 3049 Coimbra, Portugal.
Fax : +351 (39) 27703.

Tarif préférentiel d'abonnement à L'Actualité Chimique pour les membres de la SFC

Formulaire à renvoyer à la Société Française de Chimie

250, rue St Jacques, 75005 Paris,
Tél. : (33-1) 43 25 20 78,
Fax. : (1) 43 25 87 63.

Nom _____ Prénom _____

Adresse _____

Code postal _____ Ville _____

Je souhaite m'abonner à L'Actualité Chimique (n° de sociétaire SFC:.....).

Sociétaires en activité : 500 F. Autres catégories (jeunes, retraités...) : 250 F.

Je souhaite recevoir une facture.

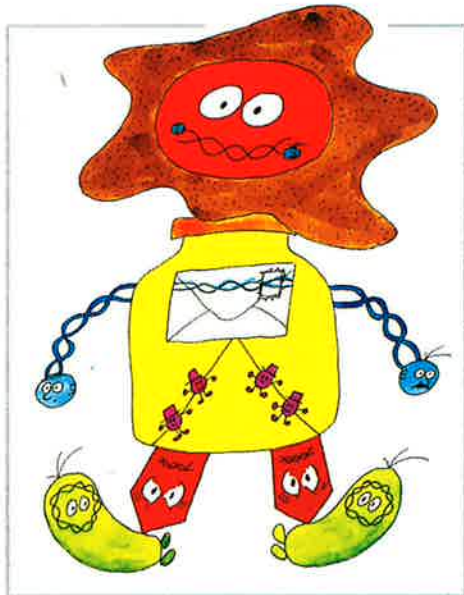
A _____ le _____

Signature

comprendre... L'Homme

ARIEL BLOCKER ■ LIONEL SALEM

L'Homme génétique



DUNOD

■ L'Homme génétique

UN REGARD NOVATEUR
SUR LES MÉCANISMES DE
LA VIE, UN LANGAGE
CLAIR ET SIMPLE, ILLUSTRÉ
DE NOMBREUX DESSINS.

À LA PORTÉE DU PLUS
GRAND NOMBRE.

320 p.,
135 F



■ B O N D E C O M M A N D E À R E T O U R N E R À ■

Dunod Éditeur - BP 20 - 92122 Montrouge Cedex - Tél : (1) 40 92 65 00 - Fax : (1) 40 92 65 50

Je désire recevoir _____ exemplaire(s) de *L'Homme génétique* au prix de **135 F** l'unité + frais d'envoi.

Frais d'envoi colissimo : **35 F** jusqu'à 2 exemplaires / **50 F** à partir de 3 exemplaires.

Ci-joint le règlement à l'ordre de **Dunod Éditeur** de _____ F

par chèque bancaire

par chèque postal

visa

Date de validité

Une facture justificative sera jointe à l'envoi.

Date : _____ Signature : _____

NOM _____

ADRESSE _____

En application de l'article 27 de la loi 78-17 Informatique et Liberté, vous disposez d'un droit d'accès et de rectification pour toute information vous concernant.