

# l'actualité chimique

N°3

MAI  
JUN  
1993

ISSN 0151 9093

IUP CHIMIE

LA PROTECTION  
DES PLANTES



ÉDITÉE PAR LA SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE CHIMIE ET LA SOCIÉTÉ DE CHIMIE INDUSTRIELLE



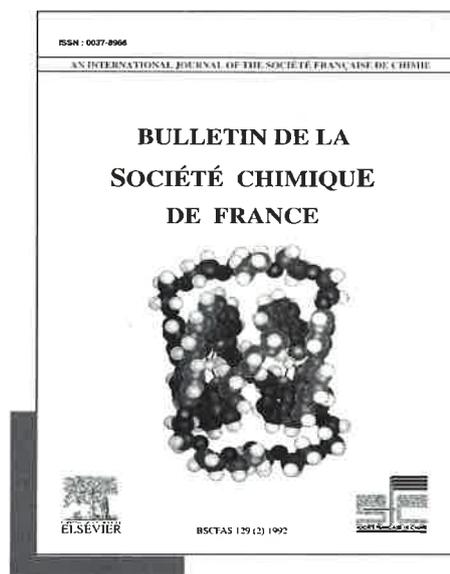
SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE CHIMIE

# BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE FRANCE

Publication de la Société Française de Chimie

Le *Bulletin de la Société Chimique de France* publie des contributions originales et des articles de synthèse dans tous les domaines de la chimie moléculaire. 85 % de ses lecteurs résident hors de France : 37 % en Amérique du Nord, 30 % en Europe et 8 % au Japon.

En choisissant le *Bulletin de la Société Chimique de France* pour publier votre prochain article, vous êtes certain de toucher un public très large et international. Les manuscrits peuvent être soumis en français ou en anglais. Le *Bulletin de la Société Chimique de France* paraît 6 fois par an. Il n'y a aucun frais de soumission d'articles et 25 tirés à part gratuits sont remis aux auteurs. Les recommandations aux auteurs sont disponibles auprès de la rédaction.



## Rédacteur en chef

F Mathey,  
DCFG Ecole polytechnique,  
91128 Palaiseau Cedex, France

## Rédacteur consultant

J Seyden-Penne

## Rédacteurs associés

P Batail, G Bertrand, J Cossy,  
JY Lallemand,  
I Tkatchenko et  
D Ballivet-Tkatchenko

## Comité de parrainage

JM Lehn, Président  
M Julia, G Ourisson, P Potier

## Cité/indexé dans :

Biological Abstracts,  
Chemical Abstracts,  
CNRS/Pascal,  
Current Contents (Physical,  
Chemical and Earth Sciences),  
Science Citation Index

Le *Bulletin de la Société Chimique de France*, publié depuis 1859, connaît un renouveau en 1992 :

- centré sur tous les aspects de la chimie moléculaire
- nouvelle équipe éditoriale
- nouveau conseil scientifique
- nouvelle politique de relecture (2 referees, dont un au moins réside hors de France)
- nouvelle couverture
- fac-simile d'articles historiques
- analyses de livres

## Conditions d'abonnement

1993 - 6 numéros - France 2195 FF. ISSN 0037-8968

Pour plus d'information, contacter :



EDITIONS SCIENTIFIQUES

**ELSEVIER**

29 rue Buffon, 75005 Paris, France

# SOMMAIRE

## COURRIER DES LECTEURS 4

## ÉDITORIAL

- ▲ Perspectives européennes, par G. Balavoine 5

## RECHERCHE

- ▲ Perspectives européennes de la recherche scientifique, par I. Tkatchenko, P. Braunstein 7
- ▲ Contribution à la définition de la politique internationale, par C. Jablon 9
- ▲ Une nouvelle chimie des xanthates ou le hasard au secours de la conception, par S.Z. Zard 10
- ▲ Mécanismes de formation et de rupture des liaisons C-C sur catalyseurs métalliques supportés, par M. Leconte 16
- ▲ Fiche logiciel n° 3 : ADEP -Junior 23

## ENSEIGNEMENT

- ▲ Réflexions sur les instituts universitaires professionnalisés (IUP) relevant du domaine des sciences, par A. Lablache-Combiér 25
- ▲ Un IUP de chimie à l'université d'Orléans, par P. Rollin 26
- ▲ L'IUP de chimie biologie de Nantes, par R. Chiron 31
- ▲ Étude d'un support d'enregistrement holographique photopolymérisable, par Y. Defosse, C. Carré, D.-J. Lougnot 32

## HISTOIRE DE LA CHIMIE

- ▲ Les débuts de l'atomisme chimique, par M. Scheidecker-Chevallier 39
- ▲ Il y a cent ans... 46

## INDUSTRIE

- ▲ Interview : M. Robotel 47
- ▲ Les ressources humaines dans la stratégie de développement de l'industrie chimique 48
- ▲ La protection des plantes, par Miren Helou 51
- ▲ "Le Japon, c'est possible", par Miren Helou 57

## NOUVEAUTÉS

- ▲ Index des annonceurs 74



Notre couverture : L'unité de fabrication d'hexaméthylène diamine de Chalampé (Rhône-Poulenc).

Directeur de la publication :  
Jean-Baptiste Donnet

Rédacteur en chef :  
Raymond Hamelin

Rédactrice, chef des informations :  
Thérèse Chaudron

Rédactrice :  
Miren Helou

Secrétaire de rédaction-maquette :  
Evelyne Girard

Relations extérieures, promotion :  
Gérard Perreau

### Comité de rédaction :

G. Balavoine (Orsay), G. Bram (Orsay), J. Buendía (Roussel-Uclaf), P. Caro (Cité des sciences), D. Decroq (IFP), J.C. Depezay (Paris V), J.B. Donnet (SFC), J.P. Foulon (Lycée Henri IV), J.P. Guetté (CNAM), R. Hamelin (SFC), J.H. Lefour (Ecole polytechnique), P. Leprince (IFP), J.C. Mendelsohn (Elf Atochem), G. Montel (INP, Toulouse), A. Navarro (INSA - Lyon), R. Ouliac (Rhône-Poulenc), G. Ourisson (ULP - Strasbourg), A. Picot (ICSN, Gif-sur-Yvette), D. Reymond (SFC - SCI), R. Rosset (ESPCI), L. Sajus (Technip Ingénierie)

L'ACTUALITÉ CHIMIQUE  
250, rue Saint-Jacques, 75005 Paris  
Tél. : (1) 43.25.20.78  
Télécopie : (1) 43.25.87.63

### RÉGIE PUBLICITAIRE

Promoduc,  
91, faubourg Saint-Honoré,  
75370 Paris Cedex 08  
Tél. : (1) 44.71.35.28  
Fax : (1) 39.76.68.07

Publication analysée par  
Chemical Abstracts Service



# COURRIER DES LECTEURS

## L'Actualité Chimique ouvre un courrier des lecteurs

Répondant à l'appel lancé par le Président J.-B. Donnet dans l'éditorial inaugurant la nouvelle formule (janvier-février 1993), de nombreux lecteurs nous ont écrit. Qu'ils veuillent bien accepter, avec nos remerciements, notre décision de ne publier que les lettres comportant des critiques, des suggestions ou des commentaires d'intérêt général.

Que tous nos correspondants soient convaincus de la reconnaissance de l'équipe de rédaction pour leurs marques d'encouragement.

*L'Actualité Chimique* deviendra, grâce à tous, le "vecteur spécifique de communication" dont a besoin la communauté des chimistes.

R.H.

### Rôle de *L'Actualité Chimique*

La publication du premier numéro "nouvelle formule" de *L'Actualité Chimique* m'amène à vous faire part de ce qui, à mon avis, fait la spécificité de cette revue : les périodiques d'inspiration industrielle sont conçus en fonction d'un public d'industriels, d'économistes, voire de politiques. Le *Bulletin de l'Union des Physiciens* (BUP) est élaboré par des enseignants du secondaire pour des enseignants du secondaire. Les périodiques scientifiques sont conçus pour un public de chercheurs et d'enseignants du supérieur. Les périodiques de vulgarisation sont destinés au grand public. Il n'existe pas, à ma connaissance, de publication française

autre que *L'Actualité Chimique* qui permette d'assurer la liaison nécessaire entre l'industrie, les enseignants du supérieur et ceux de l'enseignement secondaire.

Il s'agit là d'une spécificité d'un grand intérêt pour les trois partenaires, surtout en cette période où l'on cherche à créer une ouverture des enseignements sur leur environnement.

*L'Actualité Chimique* devrait être, à mon sens, essentiellement une interface entre ces trois partenaires.

Dans cette perspective s'inscrivent :

- 1) Les articles d'origine industrielle sur les procédés de fabrication et leur évolution (à l'intention des enseignants).
- 2) Les articles rédigés par des chercheurs

en vue de proposer, aux industriels, des applications possibles des résultats de leurs recherches fondamentales ou orientées (cette liaison est mal établie en France, en dépit des contrats de recherche industriels).

3) Les articles d'intérêt général susceptibles d'intéresser autant les industriels que les enseignants (problèmes de pollution, de sécurité...)

Gérard Montel  
Professeur  
Saint-Maurice

### Oubli

Tout d'abord permettez-moi, à titre personnel de vous dire la grande satisfaction que j'ai eue en lisant le nouvel "*Actualité Chimique*". Le contenu du numéro qui vient d'être édité est particulièrement remarquable. Je souhaite donc sincèrement que la Société Française de Chimie puisse maintenir ce haut niveau dans les numéros ultérieurs.

Une petite remarque toutefois concernant l'article du Professeur Reisse (*L'Actualité Chimique*, 1993, n°1, p. 59). Il a été omis d'indiquer que ce texte correspondait à une conférence faite à la Maison de la Chimie le 30 janvier 1992, au cours du Colloque "Chimie et Espace".

Pierre Poirier,  
Fondation de la Maison de la Chimie, Paris  
suite p. 6

L'ACTUALITE CHIMIQUE  
ORGANISE UNE DEMI-JOURNEE D'ÉTUDE  
**LA SECURITE  
DANS LES LABORATOIRES**  
**le vendredi 10 décembre de 9 h à 12 h 30**  
dans le cadre du **Salon du Laboratoire**, salle 5 A,  
Parc des Expositions, Paris-Nord Villepinte.

Renseignements : G. Perreau, 250, rue Saint-Jacques, 75005 Paris. Tél. : (1) 43.25.20.78 (télécopie : (1) 43.25.87.63).

# Perspectives européennes

Une session plénière du Comité National de la Recherche Scientifique est un événement important pour le monde scientifique. Le Comité National qui est la plus haute instance scientifique en France, par le nombre comme par la qualité de ses membres, joue un rôle fondamental et exemplaire dans l'évolution de la recherche et comme conseil auprès du CNRS pour la gestion de la recherche, les recrutements et les choix scientifiques. Il a, notamment, la charge d'étudier dans notre pays la conjoncture scientifique et ses perspectives.

Le Comité National, qui ne s'était pas réuni en session plénière depuis 1948, a renoué avec cette

***“Pour une véritable vision stratégique dans la construction d'une Europe de la science et d'une Europe par la science”***

pratique lors d'une première session en 1990, au Palais de l'UNESCO, consacrée à l'interdisciplinarité. La deuxième session plénière qui s'est tenue à Strasbourg, les 22 et 23 avril derniers sur le thème “Perspectives européennes de la recherche scientifique”, a confirmé la fonction prospective du Comité National dans le contexte de l'après Maastricht et de la préparation du quatrième programme cadre. Cette manifestation, inaugurée par M. François Fillon, ministre de l'Enseignement supérieur et de la recherche, et présidée par M. François Kourilsky, a rassemblé plus de 700 participants dont une centaine d'étrangers provenant notamment de 23 pays européens. L'importance de l'événement justifie que *L'Actualité Chimique* y consacre les quelques lignes de l'éditorial du troisième numéro de sa nouvelle formule, ainsi que quelques pages dans la rubrique Recherche.

*“La recherche scientifique est un atout pour l'Europe et l'Europe est indubitablement un atout et une chance pour la recherche”* a affirmé François Kourilsky.

*“Après la mise en œuvre des premiers grands instruments dans les années soixante et l'institution des programmes communautaires par la*

*suite, parachever l'œuvre accomplie par l'émergence d'une véritable Europe de la science est bien l'enjeu crucial des années quatre-vingt-dix”* a de son côté déclaré François Fillon.

Les témoignages talentueux de Wolf Lepenies, recteur du Wissenschaftskolleg de Berlin, et des prix Nobel Carlo Rubbia et Georges Charpak, ainsi que les débats des six tables rondes ont apporté la preuve éloquent de la nécessité d'une véritable vision stratégique dans la construction d'une Europe de la science et d'une Europe par la science. Cette Europe là doit être l'affaire de tous, c'es-à-dire des laboratoires, des grands organismes, mais surtout celle des chercheurs.

Les douze propositions issues des six tables rondes témoignent des préoccupations et des urgences ressenties par la communauté scientifique : le multilinguisme, la cohérence de l'évaluation scientifique, la sensibilisation de la jeunesse aux métiers de la recherche, la création d'une association européenne de la science à l'instar de l'AAAS (American Association for the Advancement of Science), l'édition scientifique, faciliter la mobilité des visiteurs scientifiques vers et à l'intérieur de la CEE, l'aide et la coopération avec les scientifiques des pays d'Europe centrale et orientale et des pays du Sud.

L'Europe scientifique s'organise aussi par discipline, par thème et par programme. Dans le quatuor instrumental de l'orchestre européen actuellement constitué de la Commission des Communautés européennes, des procédures COST, de la Fondation Européenne de la Science et du cadre Eurêka, la communauté des chimistes doit être attentive à ce que l'oeuvre de notre discipline ait la place qu'elle mérite et soit interprétée sans fausse note. La mise en place d'un programme COST Chimie, la mobilisation des industriels et des organismes de recherche pour défendre la place de notre discipline dans le prochain programme cadre de recherche et de développement de la CEE, indiquent la direction à suivre.

**Gilbert Balavoine**  
Professeur

Institut de Chimie Moléculaire d'Orsay

*NDLR : Il est exact que cet article a été adapté à partir de la Conférence prononcée par le Prof. Reisse. L'Actualité Chimique présente ses excuses pour ne pas l'avoir mentionné.*

### Sur la précision des données

Bravo pour le premier numéro de *L'Actualité Chimique* nouvelle formule et en particulier pour toutes les informations et prises de position concernant les problèmes d'environnement. Je me suis empressé de lire ces articles. Depuis des années, j'essaie de sensibiliser mes étudiants à ces problèmes, en leur demandant de garder leur esprit critique et leurs connaissances de base de chimie vis-à-vis de l'extrême médiatisation de ces questions et parfois du faible niveau scientifique des personnes qui les évoquent.

A titre d'exemple, la perception par les étudiants de ce qu'on a nommé abusivement le "trou" d'ozone reste effarante ; ils n'ont aucune idée des concentrations réelles et de leurs variations et imaginent très facilement la catastrophe à ce niveau pour demain. Ils sont malheureusement prêts à suivre toutes les modes sur ce thème mais ignorent tout de la pollution et de la contamination insidieuse, sournoise et elle bien réelle par le plomb des essences. Je suis tout à fait d'accord avec vous lorsque vous demandez, p. 36, "les modes de calcul et la précision des chiffres publiés". Depuis longtemps, nous n'insistons plus assez vis-à-vis des étudiants sur la question fondamentale des calculs d'erreurs et de la précision des résultats obtenus et je pense qu'à ce niveau, nous portons une part de responsabilité. Un résultat numérique ne peut être accepté que s'il est accompagné de sa précision représentée par sa déviation standard. A nous d'être beaucoup plus vigilants...

L'opinion de J.M. Levy Leblond est tout à fait respectable, mais si actuellement identifier "progrès scientifique et progrès industriel comme source de développement économique et social" c'est être comme il le dit "scientiste", alors je revendique cette qualification malgré tout son poids péjoratif. J'accepte ma part de responsabilité en tant qu'enseignant de chimie sinon je me serais orienté vers les mathématiques ou la physique théorique. Il est de notre responsabilité de donner une information aussi complète que pos-

sible à nos étudiants concernant tous les problèmes d'environnement liés à la chimie (l'ouvrage "Danger chimie" me paraît une bonne introduction à ces questions). La fin du paragraphe concernant "l'impossibilité de décisions scientifiquement fondées..." m'inquiète beaucoup. Bien sûr, il est aussi possible de prendre des décisions en consultant son horoscope, en écoutant son gourou ou en regardant son marc de café le matin. Doit-on attribuer ces remarques au ton volontiers provocateur de M. Levy Leblond, ton qui se retrouve dans certains de ses autres ouvrages (que j'apprécie). Le manichéisme dans ce domaine, qu'il soit d'un côté ou de l'autre, ne conduira pas, je pense, à la meilleure solution.

**Charles Kappenstein**

*Professeur  
Laboratoire de chimie minérale,  
Université de Poitiers*

### Passion- Recherche

Depuis presque 10 ans, je participe avec le CNRS à l'opération 1000 classes/1000 chercheurs devenue depuis *Passion-Recherche*. En collaboration avec des professeurs du lycée Camille Sée, Paris 15e (Mme Abouaf, Mlle Vala...) nous avons essayé d'innover aussi bien dans l'enseignement que dans la recherche ! Bientôt un DEA doit commencer à l'université Pierre et Marie Curie (UPMC), en partie polymère, en partie didactique, ce qui est nouveau. En ce qui concerne le secondaire (classe de 1re S et A), nous avons voulu imaginer une approche originale de la science chimique qui ne soit ni tout professorale ni tout livresque ! Nous avons présenté aux élèves une approche "globale" de la recherche : ils ont fait une bibliographie (en plusieurs langues), des expériences, puis nous avons rédigé un article sur les travaux réalisés.

Comme le souhaitait le CNRS, notre approche a eu plusieurs effets :

- 1- Formation de professeurs par le chercheur au laboratoire (Laboratoire de chimie macromoléculaire).
- 2- Pluridisciplinarité, avec intervention de professeurs d'anglais, d'allemand, d'italien et de français.

3- Nouvelle approche de la chimie pour les élèves.

Ces trois points ont été employés à des degrés divers.

Nous avons toujours été très soutenus par l'administration du lycée (proviseurs,...), par le rectorat de Paris, cellule d'action culturelle, et par les inspecteurs d'académie dont dépendaient les professeurs.

Les thèmes "chimiques" ont été très variés. Nous avons bien sûr commencé avec les polymères (sujet du chercheur), puis la pollution (à Paris et à Venise) de l'eau, de l'air, puis les huiles essentielles et les parfums, enfin la couleur. Nous avons participé (pollution) à la "Science en fête" avec une exposition à Paris VII.

Je pense que de telles expériences, la nôtre n'est pas unique, peuvent faire évoluer l'enseignement de la chimie peut-être dans un sens plus proche des préoccupations des jeunes. Je n'ai eu aucun problème de contact avec eux et les professeurs (et le lycée) ont été très enthousiastes pour réaliser cette coopération. Cette approche est tout à fait complémentaire des Olympiades. Elle peut sans difficulté déboucher sur l'environnement, notre étude sur la pollution en fait foi.

Ce sujet (Passion-Recherche) a fait l'objet d'une communication au CNRS puisqu'il a paru dans le *Journal du CNRS* en juillet-août 1992, p. 5-8, et en novembre 1992, p. 37. Il y eu aussi une publication au *Bulletin de l'Union des Physiciens* et au *Bulletin de l'Action Culturelle* du rectorat de Paris.

**François Carrière**

*Professeur  
Laboratoire de chimie moléculaire  
Université P. et M. Curie, Paris*

Le premier numéro 1993 de *L'Actualité Chimique* a suscité un important courrier des lecteurs concernant les questions environnementales. Ces courriers seront présentés dans le prochain numéro de *L'Actualité Chimique*.

# PERSPECTIVES EUROPÉENNES\* DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

2<sup>e</sup> session plénière du Comité National de la Recherche Scientifique  
Strasbourg, 22-23 avril 1993

Une session plénière du Comité National de la Recherche Scientifique est toujours un événement important pour la communauté scientifique nationale en raison du rôle de cette instance dans l'évaluation, l'orientation et la prospective de la recherche publique en France.

Après une session consacrée en 1990 à l'interdisciplinarité, celle qui s'est tenue à Strasbourg, les 22 et 23 avril 1993, était consacrée aux "Perspectives européennes de la recherche scientifique". Présidée par F. Kourilsky, cette manifestation a réuni environ 700 participants dont une centaine d'invités étrangers.

Au cours de son allocution d'ouverture, M. Fillon, ministre de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, a marqué sa volonté de pragmatisme et d'ouverture sur l'Europe. Il a indiqué que les crédits (de l'enseignement supérieur et de la recherche) ne devraient pas être modifiés et a rappelé que le programme Eurêka, "*véritable symbole de l'Europe qui marche et réussit, peut et doit être un dispositif essentiel de la construction européenne*".

La matinée de travail débute brillamment par la conférence présentée par le Prof. W. Lepenies, recteur du Wissenschaftskolleg de Berlin : "Histoire et géographie de l'Europe scientifique". Les deux prix Nobel du CERN sont ensuite intervenus : C. Rubbia sur les dimensions européenne et maintenant mondiale de cet établissement qui a réussi un "brain drain" des États-Unis vers l'Europe, et G. Charpak sur la nécessité et la réalité du chercheur européen, libéré des entraves bureaucratiques.

Les six tables rondes avaient pour but d'entamer un débat en profondeur sur différents sujets d'actualité dans le contexte du traité de Maastricht et de la préparation du quatrième programme cadre. Leur tenue en parallèle, et à raison de trois par demi-journée, n'a pas conduit à l'information de tous. En outre, limitées à 2h30-3h de présentations et de débats, elles n'ont pas permis d'évoquer tous les aspects souhaités par les auditeurs. Ces tables rondes ont porté sur :

1. Modes de concertation et d'intégration de la recherche en Europe (J.-L. Lacombe et J.-P. Laumond).
2. Laboratoires et réseaux en Europe (I. Tkatchenko et P. Braunstein).
3. Communication, vie associative, publications, langues (H. Sinaceur et K. Chemla).
4. Evaluation de la recherche en Europe (J.-P. Chevillot et J.-P. Alix).
5. L'Europe des hommes : carrière et mobilité (J. Massoulié et M.-G. Schweighofer).
6. Les relations internationales de l'Europe avec le monde (G. Balavoine et E. Dubois-Violette).

Les exposés de synthèse des présidents de session en séance plénière ont fait ressortir plusieurs observations, préoccupations et souhaits communs portant (pêle-mêle) sur :

- une meilleure connaissance des organismes en Europe et des ressources offertes tant pour la mobilité que pour la diffusion des connaissances et travaux,

- un fonctionnement plus concerté que concurrentiel, plus pragmatique que bureaucratique, des organismes et leur emploi optimal avec, si besoin, le recours à des structures neutres comme la Fondation Européenne de la Science (European Science Foundation-ESF) ou un club consultatif européen à définir,

- un appel plus systématique aux sociétés savantes et à la Fondation Européenne de la Science,

- le renforcement de l'aide à toute structure bi- ou multilatérale amenant des dimensions nouvelles aux recherches coopératives en Europe,

- le renforcement des possibilités d'accueil, de détachement et de suivi (créations d'associations, mise en place de moyens pour la réinsertion...) des étudiants de thèse et des chercheurs en situation postdoctorale ou stagiaire,

- la nécessité d'intensifier l'usage des langues et d'améliorer les supports de la recherche : bibliothèques, réseaux, édition scientifique,

- l'établissement de critères d'évaluation concernant les aspects européens d'activités de recherche,

- trouver de nouvelles conditions d'évaluation offrant notamment la possibilité d'un dialogue entre évalués, évaluateurs et commanditaires,

- la promotion d'une instance d'analyse de la conjoncture scientifique en Europe,

- l'établissement d'un statut européen du visiteur scientifique,

- l'ouverture des programmes européens aux pays de l'Europe centrale et orientale.

\* voir aussi l'éditorial de G. Balavoine, p. 5

Le rapporteur général du Comité d'organisation, Alain Costes, a ensuite formulé douze propositions pour l'Europe scientifique en souhaitant qu'elles puissent se concrétiser rapidement. L'énumération ne constitue pas un ordre préférentiel :

1. Construire un espace européen de la recherche par la mise en place d'un club européen de la recherche associant chercheurs, laboratoires et institutions.
2. Organiser et mettre en œuvre une plateforme européenne de l'évaluation de la recherche sous l'égide d'une instance neutre type Fondation Européenne de la Science.
3. Favoriser la concertation européenne en matière d'analyse de la conjoncture des perspectives thématiques.
4. Mettre le Comité National de la Recherche Scientifique à l'heure européenne et doter son secrétariat général d'une personne en charge des affaires européennes concernant le Comité.
5. Utiliser le potentiel et la diversité de l'Europe pour mieux attirer la jeunesse vers les métiers de la recherche.
6. Accroître et ouvrir les capacités d'accueil et de détachements de chercheurs et d'ITA afin d'intensifier et d'équilibrer les échanges.
7. Aménager au niveau communautaire un statut de boursier, du chercheurs avec un système optimal, cohérent et commun.
8. Améliorer la réinsertion des postdocs qui ont été retenus par une instance d'évaluation type Fondation Européenne de la Science : création de postes temporaires d'une année.
9. Lors de l'attribution d'une bourse à un chercheur de pays de l'Europe centrale et orientale ou du Sud, prévoir des moyens pour la réinsertion et le développement de la recherche dans le pays d'origine.
10. Développer des collaborations bilatérales pour favoriser ensuite un élargissement au plan européen.
11. Multilinguisme : un chercheur doit être au moins trilingue. Ce doit être une priorité de la formation.
12. Réaliser une étude sur l'état, les moyens et les possibilités de l'édition scientifique en Europe. Mise en œuvre rapide des conclusions de cette étude.

## LABORATOIRES EN RÉSEAUX EN EUROPE

A titre d'exemple, nous noterons, parmi les conclusions de la table ronde n°2, "laboratoires et réseaux en Europe", un certain nombre de :

### Constats

- Très grande (trop grande ?) diversité des moyens disponibles pour resserrer les liens, en développer de nouveaux, entre laboratoires européens, ce qui amène un problème grandissant de connaissance (réseaux occultes, "lobbyings cachés") et de transmission (diffusion pas seulement papier, mais aussi par les chargés de mission Europe, insuffisamment connus) de l'information.

- Grand intérêt pour les laboratoires européens associés, qui soulèvent toutefois de nombreuses questions :

- . leur démarrage, notamment une (certaine) évaluation (avis) de la part des sections compétentes du Comité National,
- . leur finalité (complémentarité, gain d'une taille critique dans l'esprit du processus "nucléation-croissance") et leur durée dans le temps (borner le parcours, fixer une durée limite ?),
- . leur capacité à prendre en charge la formation - finalement - de jeunes chercheurs européens,
- . leur évaluation, reconnue comme indispensable, pour laquelle une base minimale de l'approche de l'évaluation doit être acceptée des instances d'évaluation nationale,
- . curiosité, mais surtout intérêt très fort des chercheurs des pays de l'Europe centrale et orientale pour les réseaux de laboratoires et les laboratoires jumelés, associés...

### Vœux

- Plus grande souplesse administrative. Le modèle de la division des affaires scientifiques de l'OTAN devrait être pris en exemple de la "rentabilité" en termes de retours/retombées sur les résultats, avec un personnel réduit et des règles de fonctionnement simples.

- Utiliser au mieux l'existant : plus grande harmonisation des organismes nationaux/supranationaux (CEE et ESF) qui devraient travailler davantage en complémentarité qu'en concurrence...

- Consultation systématique de ces organismes pour trouver le chemin optimal offrant le plus de synergies.

- Créer (en France) des réseaux d'expérience(s) associant les anciens thésards, postdocs, stagiaires... ayant séjourné dans d'autres laboratoires d'Europe (mais aussi des États-Unis, du Japon...) susceptibles d'offrir aux plus jeunes, mais aussi aux instances nationales, leur savoir-faire, leurs informations les plus récentes sur tel ou tel aspect de l'activité déployée dans leurs anciens laboratoires d'accueil, les mentalités, pas toujours identiques (heureusement !) et toujours très honorables. On pensera tout naturellement à l'outil remarquable à tous égards que constitue en Allemagne la Fondation Alexander von Humboldt.

- Intensifier les échanges (accueil, détachement) d'étudiants et surtout de postdocs dans les deux sens, en offrant les capacités d'accueil, les moyens de déplacements adéquats, bref construire l'avenir scientifique de l'Europe avec des chercheurs européens.

- Mettre en place un support d'information (banque de données ?) sur les coopérations en Europe afin de mieux connaître les possibilités offertes au niveau des organismes de recherche, établissements d'enseignement supérieur, communautés européennes, organismes internationaux....

*Les chimistes* noteront en particulier le dynamisme de leur communauté qui est très impliquée dans les programmes européens et qui publie beaucoup avec ses partenaires européens. Un des points soulevés à plusieurs reprises, et repris dans les conclusions de la table ronde n°3, porte sur la *faiblesse de l'édition scientifique en France*. Voici un problème auxquels les chimistes se heurtent depuis de nombreuses années et qui mérite réflexion et actions urgentes. Le souhait exprimé par un très grand nombre d'intervenants et de participants à cette session plénière du Comité National de voir les sociétés savantes plus souvent consultées et mises à contribution devrait particulièrement retenir l'attention de la Société Française de Chimie.

**Igor Tkatchenko**  
Toulouse (LCC)  
**Pierre Braunstein**  
Strasbourg (ULP)

## Contribution à la définition de la politique internationale du CNRS

Les relations entre la recherche publique et la recherche industrielle se sont considérablement resserrées depuis une dizaine d'années. A la méconnaissance et à l'incompréhension anciennes, succède aujourd'hui un dialogue fructueux - attesté entre autres par le nombre croissant des relations industrielles du CNRS. Pour sa part, Elf entretient aujourd'hui des centaines de collaborations contractuelles avec la recherche publique française - et en premier lieu avec des unités associées au CNRS.

Par ailleurs, nous mettons en place un nombre croissant de collaborations avec la recherche publique internationale, en ayant en vue un certain nombre d'objectifs guidés par la stratégie de recherche de notre entreprise : internationalisation, y compris dans ses aspects culturels, accès à des compétences particulières, soutien à des actions industrielles existantes ou à développer.

Il est clair que la science est, par essence, transnationale, et que le CNRS se doit d'avoir une très large politique d'ouverture internationale - politique qu'il a d'ailleurs toujours menée avec vigueur. Toutefois, il me paraît important de distinguer, au sein de ce vaste ensemble international, plusieurs territoires appelant des stratégies différentes.

Tout d'abord, le CNRS est essentiellement financé par la collectivité nationale. Une évaluation récente montre que la recherche communautaire représente aujourd'hui 4 % de l'ensemble du budget public de R & D des pays européens. Ce chiffre correspondant à des actions incitatives, le poids programmatique communautaire est bien supérieur à ce que le simple pourcentage laisserait entendre, grâce à ce qu'il est convenu d'appeler un effet de levier. Il convient toutefois de se rappeler que le levier doit agir sur une masse, et que 96% de l'effort de R & D sont encore assurés par les budgets nationaux.

En ce qui concerne notre pays, les EPST (établissements publics à caractère scientifique et technologique), et en particulier le CNRS, sont essentiellement financés par la collectivité nationale : sous peine de risquer une remise en cause radicale dans un contexte économique plus difficile, les EPST doivent donc garder à l'esprit leurs devoirs envers le développement de l'activité nationale qui les soutient. Le rapprochement entre la recherche publique et la recherche industriel-

le nationale, déjà signalé, doit donc se poursuivre et être encouragé à tous les niveaux.

Si nous sortons maintenant de l'Hexagone, nous avons à faire, tout d'abord, à l'espace communautaire et son extension à l'EEE (Espace Économique Européen) : si nous croyons à l'intégration européenne, cet ensemble est appelé à devenir un lieu d'échanges ouvert, où il faut surtout veiller à maintenir un équilibre globalement satisfaisant. En tant qu'industriel, je ne suis pas gêné par une collaboration entre le CNRS et une entreprise allemande si je sais que je peux moi-même accéder à la recherche publique allemande qui m'intéresse, ce qui est d'ailleurs de plus en plus le cas.

Un deuxième territoire est celui de l'Amérique du Nord et du Japon. A ce sujet, je crois qu'il faut dissiper l'illusion selon laquelle les grandes entreprises sont apatrides, au prétexte qu'elles ont des activités, y compris de recherche, dans tous les grands pays industrialisés. La plupart des grandes entreprises ont une nationalité de référence, qu'elles soient américaines, japonaises, allemandes ou françaises. Il convient de se rappeler également que les entreprises forment un tout, dans lequel la fonction recherche doit s'intégrer à d'autres fonctions pour assurer le développement de l'ensemble. Donner une nationalité européenne au prétexte que l'entreprise effectue une recherche effective en Europe en suffit pas : en effet, cette recherche peut avoir comme conséquence la destruction ultime d'emplois européens, déplacés par des produits importés étudiés au contact des marchés européens, puis fabriqués à bas prix hors du périmètre européen. Une réflexion de politique scientifique doit donc impérativement tenir compte des stratégies effectives des entreprises et déterminer les avantages et les inconvénients globaux de l'ouverture européenne vis-à-vis d'entreprises non communautaires. Nous sommes aujourd'hui dans un contexte de forte rivalité économique avec le Japon et l'Amérique du Nord. Sans méconnaître tout le bénéfice que la recherche de notre pays a tiré de collaborations avec les États-Unis et ce qu'elle peut espérer de relations avec le Japon, le CNRS doit se rappeler qu'il a une obligation de défense des intérêts nationaux, voire communautaires, lorsqu'il traite avec ces pays.

Le CNRS a lancé un club des responsables d'organismes publics de recherche européens :

le problème des collaborations industrielles intra- et surtout extra-européennes pourrait utilement y être débattu, y compris dans ses implications économiques.

Communauté nationale, communauté européenne, Amérique du Nord et Japon : les éléments d'une stratégie vis-à-vis de ces territoires existent et devront probablement être approfondis et précisés. Dans le reste du monde, les situations sont très diversifiées et en évolution très rapide. Nous, industriels, adoptons une politique au cas par cas, voire au coup par coup. Le CNRS a certainement un rôle d'assistance à jouer vis-à-vis de ces pays, avec toutes les difficultés que cela présente. Vis-à-vis des pays en voie de développement, il peut y avoir contradiction entre le souci légitime des élites culturelles de ces pays de participer aux travaux scientifiques les plus pointus et les besoins réels de ces pays. Vis-à-vis de l'Europe orientale et de la CEI, il peut y avoir contradiction entre le souhait des chercheurs de participer à la vie scientifique occidentale, voire de s'y intégrer définitivement et la nécessité de maintenir une partie du potentiel scientifique existant dans leurs pays d'origine.

Enfin, dans tous les cas, il y a contradiction entre le besoin de travailler dans des cadres législatifs et administratifs précis et le souci de l'efficacité : dans les pays de l'ancien système communiste, les superstructures héritées sont des facteurs de déperdition d'énergie, voire de blocage et font écran aux actions directes avec les chercheurs de la base, souvent très motivés. Des procédures innovatrices doivent donc être mises sur pied pour contourner les obstacles institutionnels et résoudre ou, à tout le moins, atténuer les contradictions relevées précédemment.

En conclusion, le CNRS est aujourd'hui devenu un partenaire à part entière du monde de l'entreprise. Outre des avantages, ce partenariat exige de lui qu'il sache être à l'écoute des stratégies internationales des entreprises, tout en conservant l'irremplaçable atout qu'est la qualité de sa recherche scientifique.

**Claude Jablon**  
Directeur scientifique, Elf

# Une nouvelle chimie des xanthates ou le hasard au secours de la conception

Samir Z. Zard\* *Directeur de recherche*

Il n'est pas rare qu'un résultat curieux ou qu'une observation inattendue oblige le chercheur à modifier sa vision ou son raisonnement initial et le conduise, par conséquent, à explorer un terrain nouveau dont l'existence même n'était pas soupçonnée au départ. Ce court mémoire relate nos tribulations et nos surprises dans notre recherche de nouvelles réactions radicalaires basées sur la chimie des dithiocarbonates (xanthates) où le hasard a souvent guidé notre imagination dans des directions imprévues.

Une des réactions radicalaires majeures est la désoxygénation des alcools par l'action du tributylstannane sur leurs dérivés S-méthyl xanthates décrite par Barton et McCombie en 1975 [1]. Cette réaction a connu un grand succès, surtout dans le domaine des sucres car elle a permis d'effectuer des transformations pratiquement impossibles par d'autres méthodes. Le mécanisme proposé initialement est indiqué dans le schéma 1, voie a, où l'attaque du radical tributylstannyle s'effectue sur le soufre du thiocarbonyle. Une dizaine d'années plus tard, Beckwith et Barker [2] ont avancé une autre hypothèse mécanistique selon laquelle le radical stannyle attaquerait le soufre du sulfure et non le groupe thiocarbonyle (voie b); l'argument majeur de ces auteurs étant l'observation à basse température de signaux en RPE correspondant aux radicaux alcoxythiocarbonyles. Ces radicaux n'avaient jamais été mis en évidence auparavant et on ne savait pas s'ils étaient effectivement enclins à subir une fragmentation en R· et COS (vide infra).

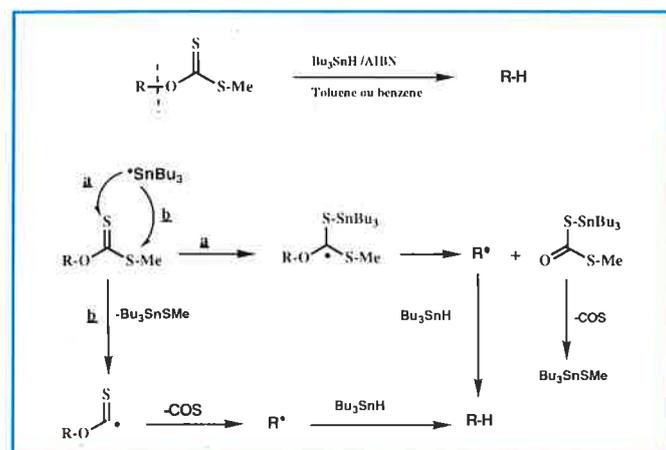


Schéma 1

La parution de l'article des chercheurs australiens suscita une étude mécanistique plus poussée par l'équipe du professeur Barton qui établit que le premier mécanisme était le plus proba-

ble [3]. Cette conclusion fut considérablement renforcée par un travail élégant de l'équipe de Bachi en Israël [4].

L'une des expériences effectuées par l'équipe du professeur Barton a consisté à mettre un équivalent de chacun des xanthates 1 et 2 en compétition pour un seul équivalent d'hydruure de tributylétain; l'idée étant que si l'attaque du radical stannylé avait lieu sur le groupe thiocarbonyle, les deux substrats réagiraient pratiquement à la même vitesse alors que si le site de réaction est le soufre du sulfure, le dérivé S-méthylé, moins encombré, serait consommé plus rapidement. Le résultat de l'expérience fut pour le moins inattendu. Non seulement le dérivé isopropylique réagit beaucoup plus vite que l'analogue méthylé, mais le produit n'est pas le cholestane mais le xanthate de tributylétain 3 et le propane!

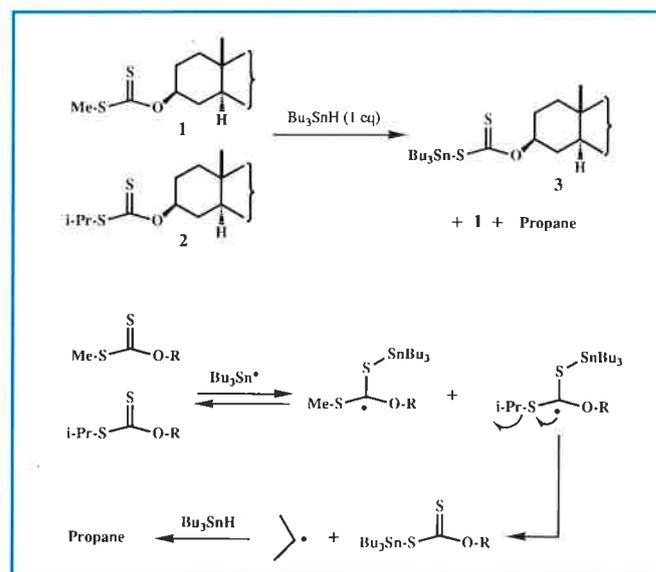


Schéma 2

L'explication la plus cohérente est que le radical stannylé d'additionne sans discrimination de manière rapide et réversible sur le thiocarbonyle des deux substrats (schéma 2); la fragmentation ultérieure, l'étape lente du processus, détermine ensuite lequel des deux xanthates évoluera. L'obtention du propane et non du cholestane attendu indique par ailleurs que la rupture de la liaison carbone-soufre est cinétiquement beau-

\*Laboratoire de synthèse organique associé au CNRS, École polytechnique, Palaiseau. Tél. : (1)69.33.48.72 (télécopie : (1) 69.33.30.10). Prix 1992 de la division "Chimie organique" de la Société Française de Chimie.

coup plus favorable que celle de la liaison carbone-oxygène, même si du point de vue thermodynamique la formation d'un carbonyle est de loin plus favorable que celle d'un thiocarbonyle. Ces observations ont eu des conséquences très profondes sur notre travail.

En effet, la réversibilité de l'addition des radicaux stannyles (et des radicaux carbonés, comme nous avons pu le montrer plus tard sur un système différent grâce aussi à l'intervention du hasard [5]) sur un thiocarbonyle, est un processus général qui n'avait pas été apprécié auparavant. Ainsi un radical R· attaquant le thiocarbonyle d'un xanthate de type R-S-CS-OMe donne un intermédiaire qui peut, soit revenir en arrière, soit expulser un radical R·, l'équilibre étant contrôlé principalement par la stabilité relative des deux radicaux (schéma 3). Dans ce système, c'est le groupe porté par le soufre du xanthate qui va devenir intéressant. En opérant avec O-méthyle (ou un O-éthyle-) xanthate, on évite toute possibilité de fragmentation du côté de l'oxygène comme dans la réaction de Barton-McCombie, car celle-ci entraînerait la rupture d'une liaison carbone-oxygène relativement solide et la formation d'un radical primaire énergétiquement défavorisé.

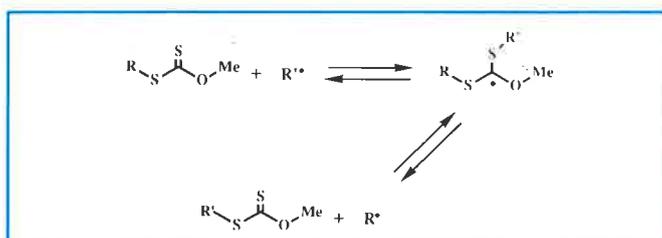


Schéma 3

Dans le cas particulier où R=R', cette séquence est dégénérée en ce sens que les produits de départ et les produits finals sont identiques ; en conséquence, le système n'évolue pas macroscopiquement. On peut cependant rompre cette apparente non-réactivité en incorporant une ou plusieurs étapes radicalaires classiques (additions inter ou intramoléculaires, fragmentations etc.) ce qui conduit à un schéma réactionnel comme celui ci-dessous (schéma 4).

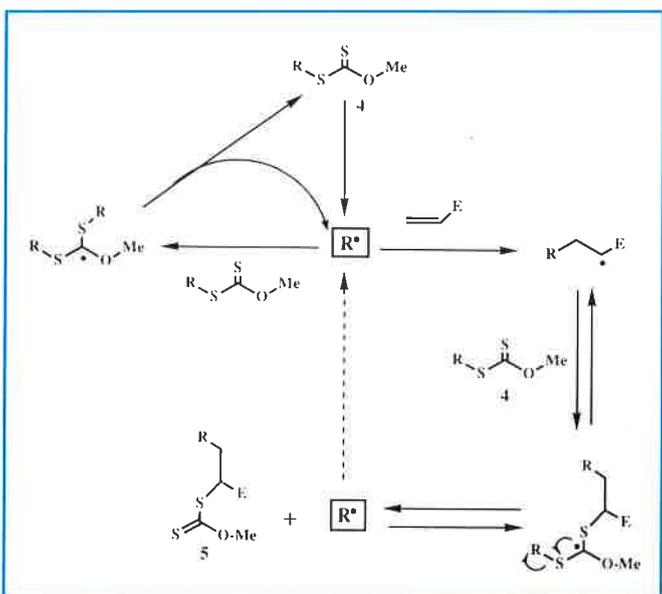


Schéma 4

Ainsi, un radical engendré à partir d'un xanthate 4 par une étape d'initiation chimique ou photochimique pourra être capturé par un piège (par exemple l'oléfine dans le schéma 4) même peu réactif car la réaction du radical R· avec le xanthate de départ, son précurseur, est globalement dégénérée et ne consomme donc pas ce radical R·. Cet aspect est d'une importance capitale car il autorise des transformations difficiles à réaliser avec d'autres méthodes radicalaires où une étape compétitive (généralement rapide) interfère avec la réaction désirée (c'est le cas par exemple des méthodes basées sur les hydrures d'étain ou de mercure). Sur le plan pratique, ce concept offre de nombreux avantages :

- Les produits d'arrivée 5 sont eux-même des xanthates, ce qui permet de recommencer, si on le désire, une séquence radicalaire différente.
- La présence du groupe xanthate dans le produit final permet de tirer parti de la chimie non radicalaire mais néanmoins extrêmement riche du soufre.
- Les produits de départ sont très bon marché et d'un accès particulièrement aisé.
- Ce système est assez général puisqu'il permet d'accéder à toutes sortes de radicaux : alkyles, acyles, alkoxythiocarbonyles, alkoxy-carbonyles, stannylés etc. (R=R·; R·CO-; R·O-CS-; R·O-CO-; R·3Sn-; etc.).

Les exemples qui suivent (schéma 5) illustrent quelques aspects de cette nouvelle méthode radicalaire [6]. Les radicaux alkyles, issus des xanthates de départ, peuvent être piégés par des oléfines internes et externes et même, dans certains cas, par un noyau aromatique. Des composés hautement fonctionnalisés deviennent ainsi facilement accessibles, la séquence radicalaire étant tout simplement amorcée par des peroxydes comme le peroxyde de t-butyle.

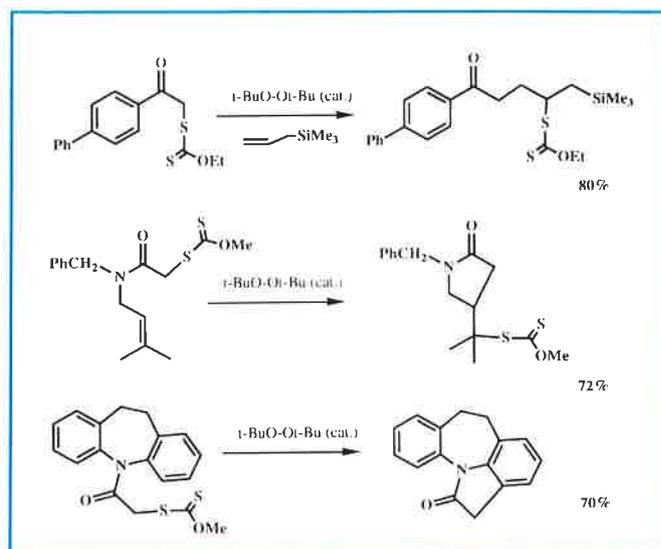


Schéma 5

Les S-acyl xanthates, contrairement aux xanthates d'alkyle, sont jaunes et le processus radicalaire peut être déclenché par irradiation par la lumière visible d'une lampe à filament de tungstène. Leurs réactions photochimiques, en absence de piège à radicaux, avaient été brièvement examinés par Barton et collaborateurs il y a plus de trente ans [7]. Au cours de ce travail pionnier, ces auteurs ont trouvé que certains S-acyl xanthates, notamment ceux issus d'acides tertiaires ou arylacétiques, subissaient après irradiation une réaction de décarbonylation pour donner un xanthate d'alkyle. Par contre, les S-acyl xanthates

dérivés d'acides aromatiques restaient (en apparence) inchangés dans ces conditions.

A la lumière de l'hypothèse mécanistique présentée dans le schéma 4 à propos des xanthates alkyle, on peut avancer un mécanisme radicalaire en chaîne analogue pour les S-acyl xanthates. Ainsi, ces espèces conduisent aux radicaux acyles qui peuvent, de la même manière, réagir avec les xanthates de départ sans que cela fasse évoluer le système (réaction dégénérée) ou bien s'ajouter inter- ou intramoléculairement à une oléfine comme le montre les deux premiers exemples du schéma 6 [8]. La possibilité de garder le groupe carbonyle dans la molécule finale constitue un très grand avantage sur le plan synthétique. Dans le cas de dérivés issus d'acides tertiaires ou benzyliques, une étape intermédiaire de décarbonylation irréversible a lieu et c'est le radical alkyle qui est finalement piégé (troisième exemple).

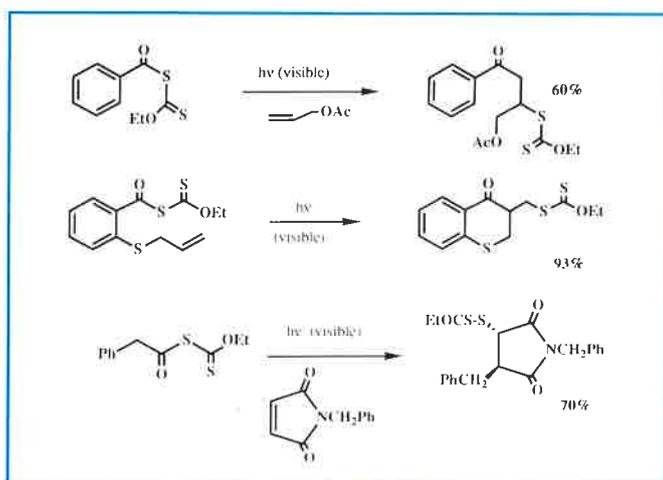


Schéma 6

Au cours de ce travail, il nous a semblé possible d'utiliser cette nouvelle chimie des xanthates pour résoudre un problème soulevé par la proposition mécanistique de Beckwith et Barker. La question était de savoir si le radical alkoxythiocarbonyle (RO-C=S), postulé comme intermédiaire, subissait effectivement une perte d'oxysulfure de carbone pour donner le radical alkyle (schéma 1, voie b). Il n'existait pas de méthode permettant de les préparer de façon non ambiguë et la seule information disponible était un signal de RPE compatible avec une telle structure. Les radicaux oxygénés analogues (RO-C=O), beaucoup plus faciles d'accès, ont été mieux étudiés et, dans ce cas, les mesures cinétiques ont montré que la perte de CO<sub>2</sub> est relativement lente [9]. Il devenait important de trouver un moyen d'accès sûr aux radicaux alkoxythiocarbonyles permettant de déterminer leur tendance vis-à-vis de la fragmentation.

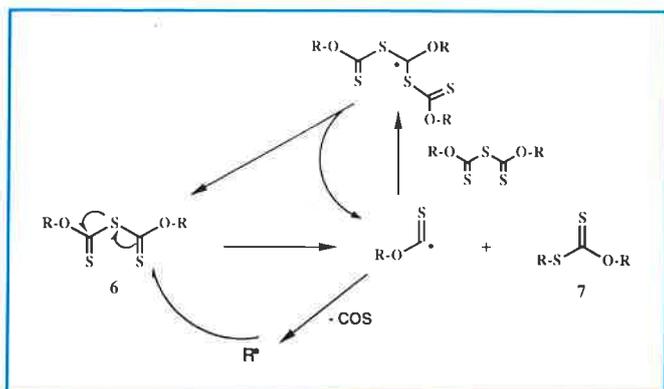


Schéma 7

La solution à ce problème s'est avérée en fin de compte assez simple. En effet, il suffit de considérer la chimie radicalaire des anhydrides xanthiques 6, composés facilement accessibles par action du phosgène (entre autres réactifs) sur les sels de xanthates. Bien que connues depuis plus d'un siècle, ces substances ont été très peu étudiées, mis à part quelques articles ou brevets concernant leur chimie ionique ou leur application comme agents de vulcanisation ou de flottation en minéralogie.

De la même manière que pour les S-acyl xanthates, l'irradiation des anhydrides xanthiques (qui sont aussi des composés jaunes) devrait conduire aux radicaux alkoxythiocarbonyles recherchés (schéma 7). Cette fragmentation est sans ambiguïté grâce à la symétrie de l'anhydride xanthique de départ. Si les radicaux alkoxythiocarbonyles ainsi obtenus ne se fragmentent pas facilement, on n'observera pas d'évolution du système car la réaction de ces radicaux avec leur précurseur, l'anhydride xanthique, est dégénérée. Par contre, dans le cas d'une expulsion d'oxysulfure de carbone, une réaction radicalaire en chaîne aura lieu et donnera finalement le xanthate simple 7 [10].

En pratique, nous avons constaté que l'irradiation de ces dérivés conduisait à une décoloration rapide avec formation du xanthate attendu comme le montrent les exemples ci-dessus [10] (schéma 8). En fait, il suffit de les chauffer dans l'obscurité dans un solvant qui n'a pas été dégazé pour obtenir la même réaction ; les traces d'oxygène dissous jouent alors le même rôle d'initiateur que la lumière visible. La supposition de Beckwith et de Barker concernant la possibilité de rupture des radicaux alkoxythiocarbonyles s'est avérée juste, bien que leur hypothèse mécanistique pour la désoxygénation de Barton-McCombie ne soit pas correcte.

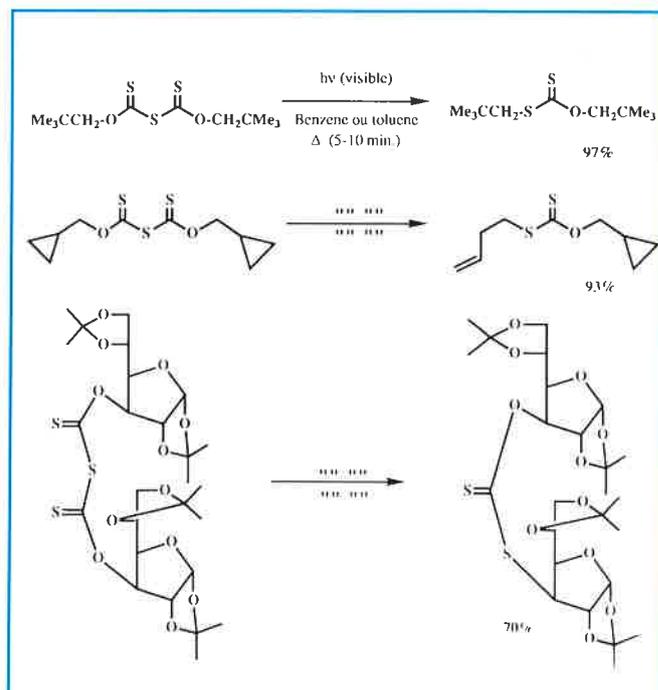


Schéma 8

Cette réaction des anhydrides xanthiques correspond en fait à une méthode pour la création d'un radical à partir d'un alcool, le résultat global étant le remplacement d'une liaison C-O par une liaison C-S. Cependant, seulement une des deux molécules d'alcool ayant servi à la préparation de l'anhydride xanthique subit cet échange, ce qui limite quelque peu l'utilité synthétique de cette méthode, et cela d'autant plus que seuls les

alcools primaires et secondaires peuvent être employés. En effet, les anhydrides xanthiques issus d'alcools tertiaires sont instables à cause de leur fragilité vis-à-vis de l'élimination de Chugaev.

Pour pallier ces déficiences, nous avons examiné une autre famille des xanthates qui était aussi peu connue : les alkoxy-carbonyl xanthates d'éthyle RO-CO-SCSOEt 8. Ces dérivés sont facilement accessibles par réaction du chloroformiate de l'alcool avec l'éthyl xanthate de potassium. Ils possèdent une couleur jaune et, par irradiation dans le visible, conduisent aux radicaux alkoxy-carbonyles correspondants. L'éjection de dioxyde de carbone conduit au radical R· qui réagit ensuite avec le xanthate de départ pour donner finalement le xanthate 9 (schéma 9). Bien que la rupture des radicaux alkoxy-carbonyles ne soit pas particulièrement rapide, elle peut néanmoins avoir lieu car, en absence d'un piège, ces radicaux ne peuvent évoluer puisque la réaction avec le xanthate de départ est dégéné-

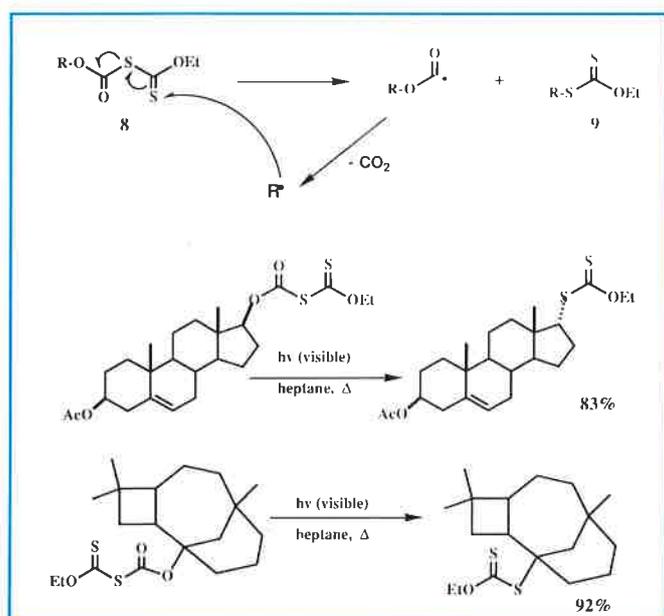


Schéma 9

Globalement, le résultat dans ce cas est l'échange complet (par opposition avec la réaction utilisant les anhydrides xanthiques décrite plus haut) par voie homolytique de la liaison C-O dans l'alcool de départ par une liaison C-S. Comme le montrent les exemples du schéma 9, cette méthode est applicable aux dérivés d'alcools primaires, secondaires ou tertiaires [11]. Il est possible, par ailleurs, de piéger le radical alkoxy-carbonyl intermédiaire par une oléfine interne convenablement située, ce qui permet d'obtenir des lactones ou des lactones insaturés si le xanthate est ensuite éliminé par chauffage avec la poudre de cuivre (schéma 10).

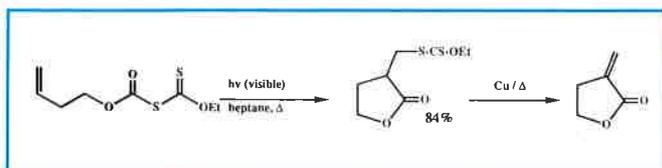


Schéma 10

L'utilisation des xanthates comme source de radicaux n'est pas limitée aux radicaux carbonés. En effet, à partir du même schéma de base, on peut imaginer la création de toutes sortes de radicaux centrés sur des hétéroatomes. Ainsi, il est possible

d'engendrer des radicaux stannylés en commençant, par exemple, avec un xanthate de triphénylétain comme le montre le schéma 11. Le radical triphénylstannyle ainsi créé réagit avec un halogénure (ou un autre xanthate) pour donner le radical carboné R· qui peut être ensuite capturé de la manière habituelle [12].

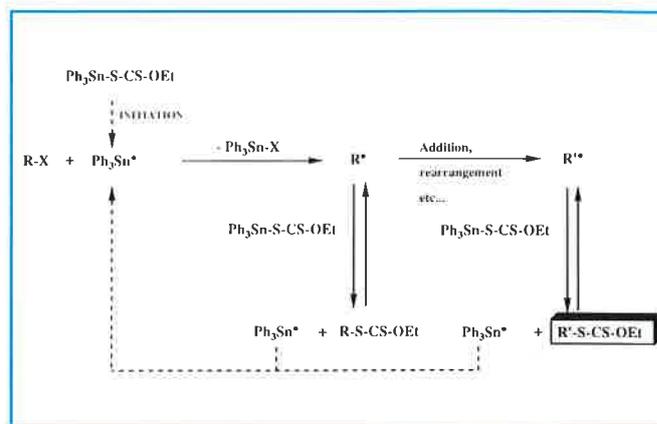


Schéma 11

Nous avons trouvé que le O-néopentyl-S-(triphénylstannyl) xanthate, composé cristallin facilement préparé en faisant réagir le O-néopentyl xanthate de sodium avec le chlorure de triphénylétain, était un réactif très convenable et que l'addition d'une quantité catalytique d'hexaphényle di-étain améliorerait parfois les rendements mais surtout accélérerait les réactions. La chaîne radicalaire est amorcée, soit par la lumière visible, soit par un initiateur chimique. Les exemples ci-dessous (schéma 12) illustrent quelques applications synthétiques.

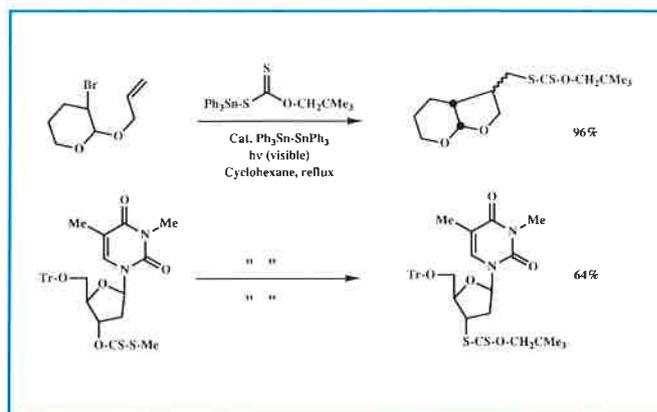


Schéma 12

Comme nous l'avons signalé plus haut, les xanthates d'acyles sont des composés jaunes sensibles à la lumière visible alors que les xanthates d'alkyle absorbent essentiellement dans l'ultraviolet. Nous avons alors envisagé un subterfuge, à savoir utiliser une quantité catalytique de S-benzoyl xanthate pour déclencher, par la lumière visible, une réaction radicalaire à partir d'un xanthate d'alkyle [8,13]. Effectivement, en présence de quantités catalytiques de S-benzoyl xanthate, la réaction souhaitée a lieu et, comme le démontre le premier exemple (schéma 13), le rendement est nettement supérieur à celui obtenu par simple initiation avec la lumière UV. Étant donné que toutes les étapes impliquant un transfert de groupe xanthate sont réversibles, cette modification est limitée à la formation de radicaux relativement stabilisés. En contrepartie, cela permet de contrôler des séquences assez compliquées en jouant sur la stabilité des différents radicaux. Ainsi, comme l'illustre la réaction ci-dessous, il est possible non seulement de recom-

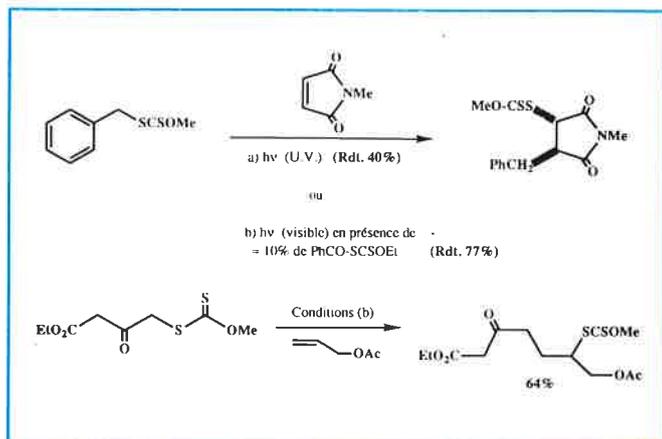


Schéma 13

mencer une autre addition intermoléculaire à partir du premier adduit mais également d'effectuer le tout directement en irradiant avec la lumière visible le mélange des deux oléfines, l'une électrophile et l'autre plutôt nucléophile, le xanthate de p-fluorobenzyle et une quantité catalytique de xanthate de benzyle (schéma 14).

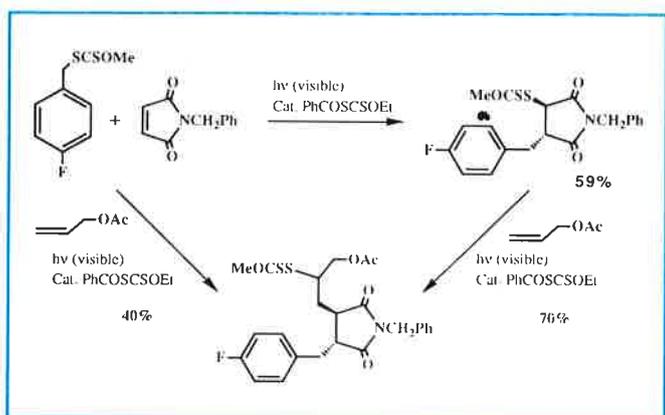


Schéma 14

Nous avons ensuite tenté d'étendre cette variante à la préparation de radicaux propargyliques, espèces relativement peu étudiées dans le passé. Là encore, le hasard est intervenu pour secouer notre imagination. Ainsi, lorsque nous avons chauffé et irradié un mélange de xanthate de propargyle, de N-benzyle

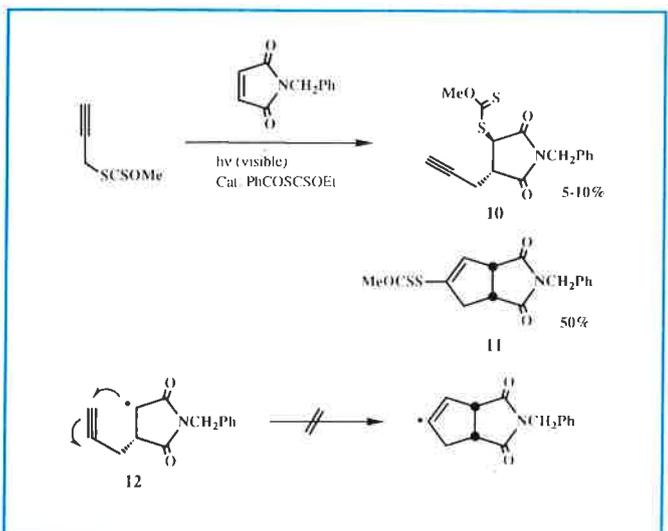


Schéma 15

maléimide et une quantité catalytique de S-benzoylé xanthate dans le chlorobenzène, nous avons été surpris de constater que le produit majoritaire n'était pas le composé attendu 10 mais le dérivé cyclopenténique 11 (schéma 15). L'explication la plus commode à l'époque était que le radical intermédiaire 12 s'était additionné de façon 5-endo-dig pour donner un radical vinylique qui, après transfert du groupe dithiocarbonate, conduit au dérivé 11 isolé. Il existait dans la littérature quelques exemples rares de cyclisation 6-endo-dig mais aucun cas du type 5-endo-dig n'avait été rapporté et nous avons pensé avec joie avoir trouvé, par hasard, le premier exemple d'une telle cyclisation. Pour confirmer cette hypothèse, nous avons cherché à transformer le composé minoritaire "normal" 10 en dérivé cyclopenténique 11 en repassant par le radical intermédiaire 12 présumé capable de cycliser. Malheureusement, tous nos essais ont complètement échoué, et nous nous sommes retrouvé dans une situation résumée avec humour par T.H. Huxley : "the tragedy of science - the slaying of a beautiful hypothesis by an ugly fact".

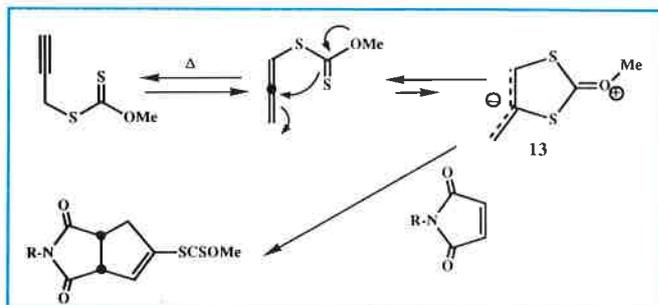


Schéma 16

D'autres observations nous ont finalement obligé à abandonner l'interprétation radicalaire et à opter pour un mécanisme ionique (schéma 16) impliquant un xanthate allénique, issu d'un réarrangement sigmatropique du xanthate de propargyle, en équilibre avec une forme bêtaïne 13 d'un type nouveau [14].

Cette dernière réagit ensuite avec l'oléfine électrophile par une cycloaddition qui n'est pas concertée (le fumaronitrile et le maléonitrile conduisent au même composé). En fait, il suffit

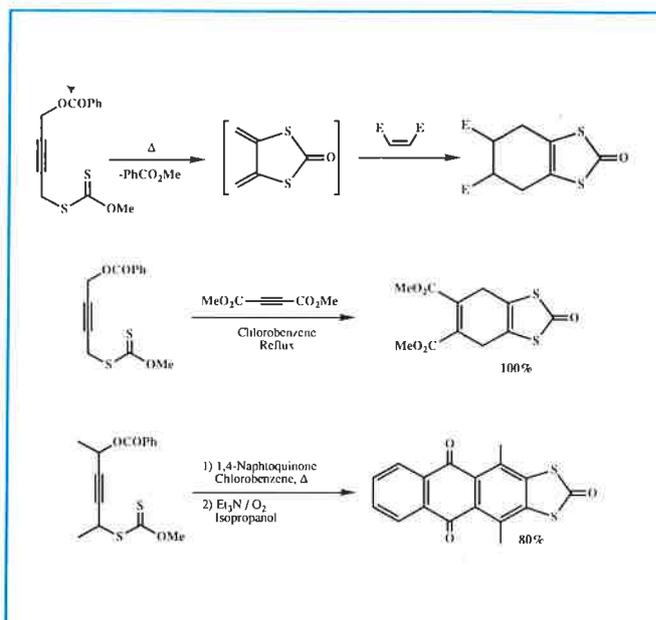


Schéma 17

tout simplement de chauffer le xanthate de propargyle et l'oléfine pour obtenir l'adduit ; ni la lumière ni le xanthate de benzoyle sont nécessaires, contrairement à la réaction conduisant aux produits "normaux" d'addition radicalaire. Cette réaction originale pour élaborer des dérivés cyclopenténiques, découverte par hasard, est cependant limitée aux oléfines hautement électrophiles. Néanmoins, les conséquences du mécanisme ionique postulé sont particulièrement intéressantes. En effet, la bétaine proposée comme intermédiaire peut être employée de différentes façons et conduire ainsi à de nouvelles réactions utiles. Elle peut, par exemple, être piégée par un acide carboxylique tel que l'acide benzoïque, ce qui conduit à une 1,3-dithiol-2-one [15]. Une autre manière, plus intéressante sur le plan synthétique, consiste à incorporer un groupe partant, par exemple un groupe benzyloxy, dans le xanthate propargylique. Cela modifie complètement le cours de la réaction qui s'achemine maintenant vers la formation d'un diène d'un type nouveau (schéma 17) [16]. Ces diènes très réactifs n'ont pas été isolés mais piégés in situ par une cycloaddition de type Diels-Alder donnant ainsi accès à toutes sortes de composés, aromatiques ou non, particulièrement difficiles à obtenir par ailleurs.

Bien que les xanthates soient connus depuis le début du siècle dernier, ils sont loin d'avoir livré tous leurs secrets. Leur chimie, radicalaire ou non, nous a réservé d'agréables surprises et a enflammé notre imagination et notre curiosité. Nous ne sommes, cependant, qu'au début du chemin et ce que nous ne voyons pas encore est certainement d'une immense richesse.

#### REMERCIEMENTS

Je voudrais tous d'abord dédier ce travail au professeur Sir Derek Barton en témoignage d'une profonde reconnaissance. Je remercie le professeur J.-Y. Lallemand pour nous avoir accueilli gracieusement au sein du Département de synthèse organique de l'École polytechnique. Je voudrais aussi remercier mon ami et collègue le Dr Jean Boivin avec qui je fais équipe depuis plusieurs années pour son aide précieuse. L'action malicieuse du hasard serait sans conséquence si elle n'était pas observée, appréciée et parfois même provoquée. Une grande part du mérite revient à mes collaborateurs qui ont su regarder puis transformer, avec adresse et enthousiasme, les suppositions et les conjectures en réactions concrètes. En effet, cet article ne représente qu'une petite partie des recherches de Catherine Tailhan, Judith E. Forbes, José Camara, Laurent Boiteau et Eric Henriët. Paul Delduc, François Mestre, Guillaume Chartier et Jonathan Axon ont aussi participé à cette aventure dans le cadre des stages de recherches de dernière année de l'École polytechnique ou de l'Imperial College. Nous avons été aidés généreusement par le CNRS, l'École polytechnique, la Royal Society, la Société Nationale des Poudres et Explosifs et par Rhône-Poulenc S.A.

#### RÉFÉRENCES

- [1] D.H.R. Barton, S.W. McCombie, *J. Chem. Soc., Perkin Trans. I*, 1975, 1574. Pour une mise au point, voir : W. Hartwig *Tetrahedron*, 1981, 39, 2609.
- [2] P.J. Barker, A.L.J.; Beckwith, *J. Chem. Soc., Chem. Commun.*, 1984, 683.
- [3] D.H.R. Barton, D. Crich, A. Löbberding, S.Z. Zard, *J. Chem. Soc., Chem. Commun.*, 1985, 646; *Tetrahedron*, 1986, 42, 2329.
- [4] M.D. Bachi, E. Bosch, *Chem. Soc., Perkin Trans. I*, 1988, 1517.
- [5] D.H.R. Barton, D. Bridon, I. Fernandez-Picot, S.Z. Zard, *Tetrahedron*, 1987, 43, 2733.
- [6] J.E. Forbes, C. Tailhan, S.Z. Zard *Tetrahedron Lett.*, 1990, 31, 2565. J. Axon, L. Boiteau, J. Boivin, J.E. Forbes, S.Z. Zard, manuscrit en préparation.
- [7] D.H.R. Barton, M.V. George, M. Tomoeda, *J. Chem. Soc.*, 1962, 1967.
- [8] P. Delduc, C. Tailhan, S.Z. Zard, *J. Chem. Soc., Chem. Commun.*, 1988, 308.
- [9] A.L.J. Beckwith, V. Boary, G. Moad, *J. Org. Chem.*, 1988, 53, 1632 et références citées.
- [10] J.E. Forbes, S.Z. Zard, *Tetrahedron Lett.*, 1989, 30, 4367. J.E. Forbes, S.Z. Zard, résultats non publiés.
- [11] J.E. Forbes, S.Z. Zard, *J. Am. Chem. Soc.*, 1990, 112, 4367.
- [12] J. Boivin, J. Camara, S.Z. Zard, *J. Am. Chem. Soc.*, 1992, 114, 7909.
- [13] F. Mestre, C. Tailhan, S.Z. Zard, *Heterocycles*, 1989, 28, 171.
- [14] J. Boivin, C. Tailhan, S.Z. Zard, *J. Am. Chem. Soc.*, 1991, 113, 5875.
- [15] J. Boivin, E. Henriët, C. Tailhan, S.Z. Zard, *Tetrahedron Lett.*, 1993, sous presse.
- [16] J. Boivin, C. Tailhan, S.Z. Zard, *Tetrahedron Lett.*, 1992, 33, 7853. ■

### CENTRE de RECHERCHE PHARMACEUTIQUE

Région Ouest de Paris

recrute pour sa

### Division Physicochimie Analytique

## TECHNICIEN DUT ou BTS

expérimenté en Méthodes Spectroscopiques en particulier IR et RMN, pour analyse structurale en chimie organique.

Merci d'adresser lettre manuscrite, CV, photo et prétentions à  
PUBLIVAL/5027  
27, Route des Gardes  
92190 MEUDON, qui transmettra

# Mécanismes de formation et de rupture des liaisons C-C sur catalyseurs métalliques supportés

Une approche organométallique d'étapes élémentaires de réactions de catalyse hétérogène

Michel Leconte \* *directeur de recherche au CNRS*

La catalyse hétérogène par les métaux est à la base de procédés industriels importants utilisés dans le secteur du raffinage et de la pétrochimie (réformage, hydrogénation et déshydrogénation des hydrocarbures...), dans la préparation et l'utilisation du gaz de synthèse, ou dans le secteur de la chimie fine (hydrogénation sélective de substrats polyfonctionnels) [1], sans oublier le domaine d'application en plein développement que constitue le traitement des effluents industriels et des gaz issus de la combustion des hydrocarbures.

Pour des raisons à la fois économiques et de préservation de l'environnement, l'amélioration des performances des procédés et des catalyseurs, notamment en matière de *sélectivité*, reste un des principaux objectifs de la recherche actuelle. Il n'est pas déraisonnable d'avancer que ces améliorations feront en particulier appel à une meilleure compréhension des réactions catalytiques qui sont à la base de ces procédés.

Parmi ces réactions, on peut notamment citer celles qui impliquent des étapes de formation et/ou de rupture de liaisons carbone-carbone comme la synthèse Fischer-Tropsch, l'homologation, l'hydrogénolyse, l'isomérisation de squelette ou la déshydrocyclisation des hydrocarbures.

Les mécanismes de ces réactions ont fait l'objet de nombreuses études depuis plusieurs décennies et sont de mieux en mieux appréhendés. Cependant, comme c'est souvent le cas pour les réactions de surface, la détermination des étapes élémentaires reste très délicate du fait essentiellement de la complexité du catalyseur réel (par comparaison avec un catalyseur moléculaire) et des difficultés que présente l'identification directe des intermédiaires réactionnels.

De façon parallèle, les progrès récents de la chimie organométallique et de la catalyse homogène ont permis d'établir un certain nombre de règles fondamentales et de préciser les réactions élémentaires pouvant régir la chimie des complexes de coordination (et en particulier des complexes des métaux de transition). Il est alors apparu de plus en plus clairement que la considération de certaines des réactions modèles proposées en chimie organométallique pouvait constituer une voie d'approche prometteuse des mécanismes des réactions de surface sur métaux [2].

Les réactions considérées plus haut (qui impliquent la formation et la rupture des liaisons C-C) ont pour point commun de se produire sur le même type de catalyseurs, en l'occurrence essentiellement les surfaces des métaux du groupe VIII, et dans des conditions réactionnelles voisines (température, pression, ...). On peut donc légitimement se poser la question de l'existence d'étapes élémentaires et d'espèces intermédiaires communes. Si ces similitudes existent, alors il devient possible de mieux sélectionner le (ou les) mécanisme(s) compatible(s) avec l'ensemble des observations expérimentales.

Il y a environ une dizaine d'années, un certain nombre de travaux ont effectivement suggéré l'existence de liens mécanistiques entre certaines de ces réactions [3-5]. Pour aller plus loin nous nous sommes fixé comme objectif plus particulier de répondre aux trois questions suivantes :

- (i) La croissance de chaîne en synthèse Fischer-Tropsch et l'homologation des oléfines peuvent-elles obéir au(x) même(s) mécanisme(s) de formation des liaisons carbone-carbone ?
- (ii) Ces mécanismes peuvent-ils s'appliquer également aux réactions de rupture des liaisons C-C ?

\*Prix 1991 de la division "Catalyse" de la Société Française de Chimie.

Laboratoire de chimie organométallique de surface, EP 48 CNRS, 2, avenue Albert Einstein, 69626 Villeurbanne Cedex. Tél.: 72.44.53.00 (télécopie : 72.44.28.52).

(iii) Quels sont les mécanismes qui peuvent être raisonnablement envisagés sur la base d'étapes élémentaires modèles proposées en chimie organométallique ?

## SYNTHÈSE FISCHER-TROPSCH ET HOMOLOGATION DES OLÉFINES

Il y a 10 ans, trois principaux types de mécanismes de croissance de chaîne en synthèse Fischer-Tropsch étaient proposés. Ces mécanismes impliquaient respectivement: (i) la condensation de deux groupes hydroxy-carbènes, (ii) l'insertion de CO dans une liaison métal-alkyle, ou (iii) l'insertion d'un fragment méthylène dans une liaison métal-alkyle.

Pendant, un certain nombre de travaux n'étaient pas en faveur des mécanismes (i) et (ii), du moins en ce qui concerne les étapes conduisant aux alcanes et aux alcènes. De plus, il était montré qu'un mélange diazométhane/hydrogène pouvait, sur des catalyseurs à base de métaux du groupe VIII, être transformé en hydrocarbures avec une distribution voisine de celle obtenue à partir de mélanges CO/H<sub>2</sub>. Il semblait donc bien que la croissance de chaîne en synthèse Fischer-Tropsch n'impliquait pas du CO non dissocié mais bien plutôt des fragments de surface de type CH<sub>x</sub> et très probablement CH<sub>2</sub>.

Parallèlement, il était observé au laboratoire que des catalyseurs métalliques très dispersés du type Fe/MgO, Fe/SiO<sub>2</sub> ou Fe/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> conduisaient, à partir de mélanges CO/H<sub>2</sub> ou à partir de mélanges C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>/H<sub>2</sub>, aux mêmes distributions d'hydrocarbures, avec notamment une sélectivité élevée en propène [5]. Ces résultats suggéraient, en accord avec des études antérieures ou parallèles effectuées sur d'autres types de catalyseurs, qu'un mécanisme possible de croissance de chaîne en synthèse Fischer-Tropsch pouvait impliquer le même type d'intermédiaires et d'étapes élémentaires que la réaction conduisant d'une oléfine C<sub>n</sub> à une oléfine C<sub>n+1</sub>.

Par la suite, il a été vérifié que cette réaction d'"homologation" était observée pour d'autres oléfines que l'éthylène. Ainsi, sur des catalyseurs de synthèse Fischer-Tropsch du type Fe<sup>-</sup>, Ru<sup>-</sup>, Os<sup>-</sup> et Rh/SiO<sub>2</sub>, il a été possible d'observer de façon indépendante les réactions représentées dans le schéma 1 [6]. Ces résultats laissent penser que la réaction d'homologation d'une oléfine en oléfines supérieures était une réaction assez générale sur ce type de catalyseurs et que les oléfines C<sub>n+1</sub> étaient bien formées par addition d'un fragment C<sub>1</sub> au squelette carboné de l'oléfine C<sub>n</sub> (et non par une association statistique de fragments C<sub>1</sub> comme cela avait été parfois suggéré).

L'étude conjointe, sur des catalyseurs Fe<sup>-</sup>, Ru<sup>-</sup> et Os/SiO<sub>2</sub>, de la réactivité de mélanges CO/H<sub>2</sub> et C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>/H<sub>2</sub> a permis de mettre en évidence de nombreuses similitudes entre la réaction d'homologation des oléfines et la réaction de formation des hydrocarbures en synthèse Fischer-Tropsch [6]. Certains faits expérimentaux significatifs peuvent être rappelés, notamment :

(i) les deux réactions se produisent sur les mêmes catalyseurs et aux mêmes températures ;

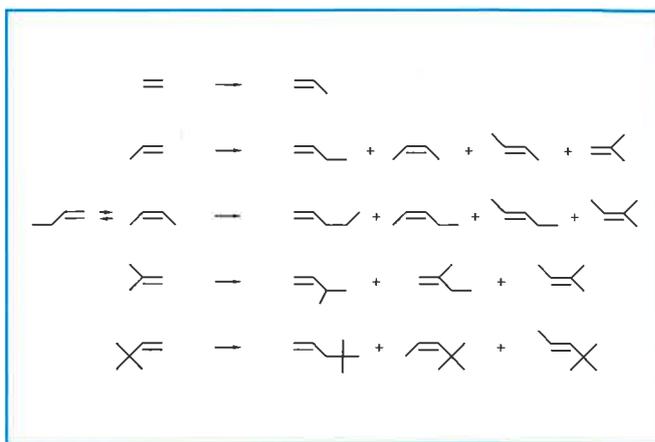


Schéma 1 - Réactions d'homologation d'oléfines observées sur Fe<sup>-</sup>, Ru<sup>-</sup>, Os<sup>-</sup> et Rh/SiO<sub>2</sub>.

(ii) la distribution des hydrocarbures formés dépend du métal et de la température (dans les deux réactions, la croissance de chaîne est favorisée dans le sens Os < Ru < Fe et par les basses températures) ;

(iii) dans les deux réactions, les oléfines sont les principaux produits primaires (et parmi les oléfines, les oléfines terminales sont les produits majoritaires à faible temps de contact) ;

(iv) les régiosélectivités dans la formation des butènes sont identiques ; notamment, que l'on parte de CO/H<sub>2</sub> ou de C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>/H<sub>2</sub> :

- dans les deux réactions, l'isobutène est un produit primaire ;
- dans les deux réactions, les rapports isobutène/n-butènes sont indépendants du temps de contact et identiques (pour un même catalyseur et une même température).

L'ensemble de ces observations confirmait l'hypothèse selon laquelle, au moins sur les catalyseurs étudiés, un même mécanisme de formation des liaisons carbone-carbone pouvait régir la croissance de chaîne en synthèse Fischer-Tropsch et en homologation d'oléfines.

### Mécanismes possibles de formation des liaisons C-C sur catalyseurs métalliques

Sur la base des résultats obtenus à la fois en synthèse Fischer-Tropsch et en homologation des oléfines, deux types de mécanisme de formation des liaisons C-C peuvent être raisonnablement envisagés (schéma 2) [7]. Ces deux mécanismes supposent, que l'on parte d'un mélange CO/H<sub>2</sub> ou d'un mélange oléfine/H<sub>2</sub>, une première étape de formation d'un méthylène de surface. Dans le cas de la synthèse Fischer-Tropsch, la formation d'une telle espèce implique une réaction de dissociation de CO, puis une hydrogénation partielle des fragments monocarbonés ainsi formés. Dans le cas des oléfines, on doit admettre une réaction d'hydrogénolyse qui, à partir d'une oléfine C<sub>n</sub>, conduira à la coupure de liaisons C-C et donnera lieu à la formation de fragments C<sub>1</sub> partiellement hydrogénés (comme nous le verrons par la suite, cette réaction est effectivement observée et est indissociable de la réaction d'homologation proprement dite).

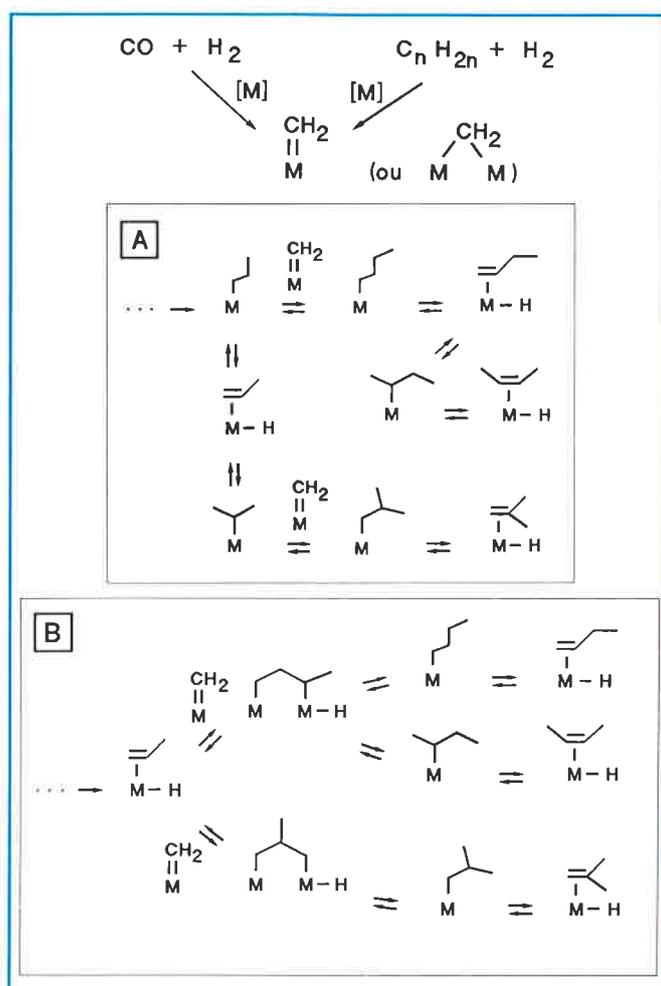


Schéma 2 - Mécanismes possibles de croissance de chaîne en synthèse Fischer-Tropsch et en homologation des oléfines.

Les deux mécanismes envisagés font appel à des étapes élémentaires dont on connaît des exemples en chimie organométallique, exemples que nous rappellerons un peu plus loin. Le premier mécanisme envisageable (schéma 2, mécanisme A) implique l'insertion d'un méthylène de surface dans un fragment métal-alkyle en  $C_n$  pour donner un nouveau fragment métal-alkyle en  $C_{n+1}$  [8-10]. Cette espèce conduit, après b-élimination d'hydrogène, à la formation d'une oléfine coordonnée. Dans le cas particulier de la formation des hydrocarbures en  $C_4$ , le butène-1 est un produit primaire qui résulte d'une b-élimination d'hydrogène à partir d'un fragment métal-alkyle primaire et les butènes-2 proviennent d'une réaction secondaire d'isomérisation. Pour expliquer la formation d'isobutène, qui est formé même à très faible conversion en synthèse Fischer-Tropsch, il est nécessaire d'admettre un équilibre très rapide entre les espèces métal-alkyl primaire et secondaire en  $C_3$ , via la formation de propène.

Le second mécanisme possible de croissance de chaîne (schéma 2, mécanisme B) implique la réaction d'un carbène de surface avec une oléfine coordonnée [3, 5]. Dans le cas de la formation des hydrocarbures en  $C_4$ , le rapport iso/n dépend de la régiosélectivité de l'attaque du carbène sur le propène coordonné. La réaction sur le carbone oléfinique non substitué

conduit à la formation d'un intermédiaire dimétallacyclique qui donnera, après coupure de la liaison M-C la plus encombrée, le butène-1 comme principal produit primaire. La formation d'isobutène comme produit primaire minoritaire s'explique aisément par la réaction du carbène de surface sur le carbone oléfinique substitué du propène.

### Quelques réactions modèles de formation des liaisons carbone-carbone en chimie organométallique

#### a. Réactions d'insertion de carbène

Des étapes élémentaires d'insertion de carbène dans des liaisons M-H et M-R sont à la base du mécanisme de croissance de chaîne de type A considéré plus haut. En chimie organométallique, un certain nombre de travaux (complexes du Ni, Ta, Ir, W, Rh, Ru et Os) ont effectivement mis en évidence ce type de réaction, de façon directe (isolement des intermédiaires) ou indirecte (identification des produits de réaction).

#### b. Réactions de couplage de carbènes

Le couplage de carbènes (ou  $\mu$ -alkylidènes) de surface pour conduire à la formation d'oléfines est une voie qui peut être envisagée comme étape d'initiation dans les réactions de formation des liaisons C-C (mécanisme B). Quelques réactions de couplage de ce type ont été démontrées sur des complexes bimétalliques de l'osmium, du ruthénium et du cobalt.

Il convient de rappeler également que sur des surfaces de Ni, Pd, Fe, Co, Ru et Cu, les fragments carbéniques issus de la décomposition du diazométhane se dimérisent pour donner de l'éthylène. De la même façon, la formation de 2,3-diméthyl-2-butène a été mise en évidence dans la réaction du diazopropane sur du nickel de Raney.

Signalons, enfin, une étude théorique très complète sur le couplage des fragments  $C_1$  sur les surfaces métalliques [11]. Ces travaux suggèrent notamment que le couplage de deux groupes méthylène de surface est une réaction exothermique et qu'il n'existe aucune barrière d'énergie le long du chemin réactionnel, de telle sorte que lorsque deux groupes méthylène atteignent deux sites métalliques voisins, ils peuvent se coupler spontanément pour donner de l'éthylène. Ce résultat différerait notablement de ce que les calculs théoriques suggèrent pour le couplage de deux groupes méthyle ou le couplage d'un groupe méthylène avec un groupe méthyle, réactions qui seraient endothermiques et pour lesquelles il existerait des barrières d'énergie le long du chemin réactionnel.

#### c. Formation et décomposition de dimétallacyclopentanes

Dans l'hypothèse du mécanisme B, la réaction entre un carbène de surface et une oléfine pour former un intermédiaire dimétallacyclopentane est envisagée comme étape de propagation pour la formation des liaisons C-C.

Au cours de ces dernières années, un certain nombre de travaux ont effectivement montré que des complexes bimétalliques de métaux de transition (Fe, Co, Ru, Os) possédant un groupe méthylène pontant peuvent réagir avec une oléfine pour conduire à un intermédiaire dimétallacyclopentane, lequel peut ensuite se décomposer pour donner la (ou les) oléfine(s) homologue(s) immédiatement supérieure(s) à l'oléfine initiale.

## HOMOLOGATION ET HYDROGÉNOLYSE DES OLÉFINES

Sur les métaux supportés du type Ru/SiO<sub>2</sub> et en présence d'hydrogène, toute oléfine subit non seulement des réactions d'hydrogénation et d'isomérisation (isomérisation cis-trans et migration de double liaison quand elles peuvent avoir lieu), mais également, à un degré moindre, des réactions d'homologation (formation d'hydrocarbures supérieurs) et d'hydrogénolyse (formation d'hydrocarbures inférieurs). Comme nous l'avons déjà signalé, ces deux dernières réactions sont tout à fait concomitantes et il paraissait logique d'examiner dans quelle mesure elles pouvaient être mécanistiquement reliées ou, en d'autres termes, si les étapes élémentaires envisagées pour expliquer la formation des liaisons C-C pouvaient également rendre compte de leur rupture.

Ces réactions d'"hydrogénolyse-homologation" ont été notamment étudiées dans le cas de l'éthylène, du propène, des butènes et des pentènes. Les butènes et les pentènes, oléfines de condensation en carbone relativement élevé qui possèdent plusieurs isomères (linéaires ou branchés, internes ou terminaux), permettent d'obtenir un grand nombre d'informations à la fois sur la formation des hydrocarbures supérieurs et sur la formation des hydrocarbures inférieurs.

La méthodologie employée au cours de ces études a consisté à déterminer l'influence de différents paramètres (dont les plus importants sont la structure de l'oléfine initiale, le temps de contact et la température de réaction) sur les taux de conversion et les distributions des hydrocarbures formés.

Il a ainsi été montré que sur des catalyseurs Ru/SiO<sub>2</sub> et en présence d'hydrogène, une oléfine C<sub>n</sub> peut subir la coupure d'une liaison carbone-carbone principalement terminale pour donner un fragment C<sub>n-1</sub> et un fragment C<sub>1</sub>. Ce dernier peut s'hydrogéner en méthane ou réagir avec l'oléfine initiale pour donner les hydrocarbures C<sub>n+1</sub>. A basse température, l'hydrogénation des fragments C<sub>1</sub> en méthane est réduite et les taux de transformation en hydrocarbures C<sub>n+1</sub> sont très proches des taux de transformation en hydrocarbures C<sub>n-1</sub> (figure 1).

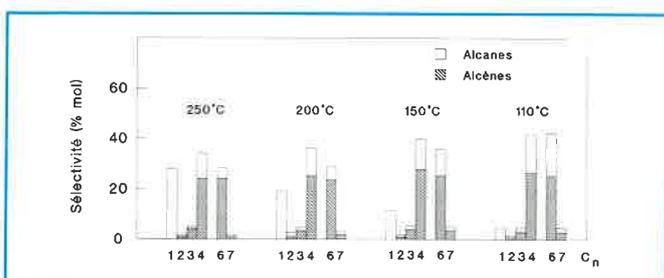


Figure 1 - Distribution des hydrocarbures C<sub>1</sub>-C<sub>4</sub>, C<sub>6</sub>, C<sub>7</sub> formés à différentes températures de réaction dans l'hydrogénolyse-homologation du pentène-1 sur Ru/SiO<sub>2</sub>.

Ces observations sont étayées par les résultats d'expériences de marquage isotopique qui montrent que l'hydrogénolyse-homologation du pentène-1-<sup>13</sup>C-1 conduit à la formation de

butène non marqué et de fragments C<sub>1</sub> marqués, lesquels, par réaction avec le pentène initial, donnent lieu à la formation d'hexène doublement marqué (schéma 3).

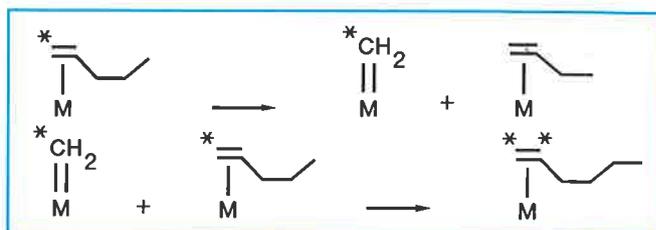


Schéma 3 - Formation de butène et d'hexène à partir du pentène-1-<sup>13</sup>C-1.

L'étude de la distribution des isomères des produits formés à partir de chaque isomère du butène ou de chaque isomère du pentène indique clairement que la structure de l'oléfine initiale conditionne très précisément la structure des hydrocarbures homologues inférieurs (figure 2 et schéma 4) et supérieurs (figure 3 et schéma 5).

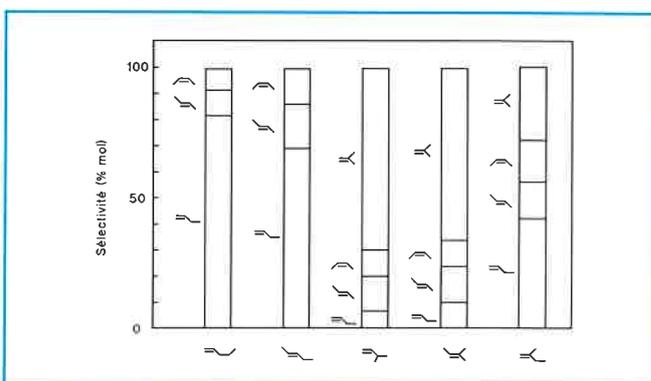


Figure 2 - Distribution des butènes obtenus dans l'hydrogénolyse des différents pentènes sur Ru/SiO<sub>2</sub> à 250 °C.

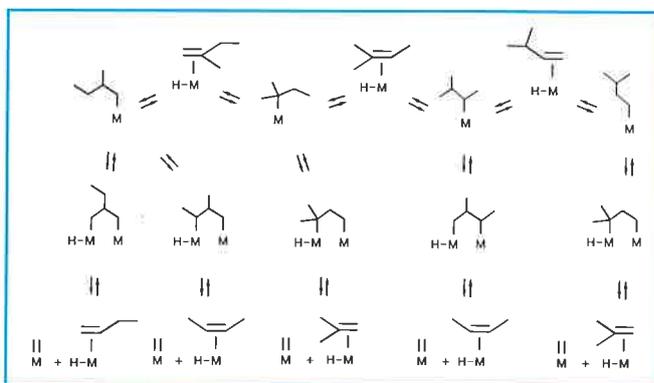


Schéma 4 - Mécanisme possible de formation des butènes produits par hydrogénolyse des pentènes branchés.

Ces réactions de décroissance et de croissance de chaîne ont lieu simultanément et avec des vitesses comparables sur la surface. Les deux types de mécanismes, qui ont été envisagés dans les réactions de croissance de chaîne à partir de mélanges CO/H<sub>2</sub> ou propène/H<sub>2</sub> (voir plus haut), peuvent expliquer également les réactions de coupure des liaisons C-C. Ces deux

mécanismes, basés sur des étapes élémentaires simples de la chimie organométallique, sont en particulier compatibles avec l'ensemble des résultats obtenus dans l'hydrogénolyse-homologation des butènes et des pentènes linéaires et ramifiés [12, 13]. Rappelons qu'ils impliquent :

(i) pour le mécanisme A, des réactions d'insertion (ou de désinsertion) de fragments carbéniques dans des (ou à partir de) fragments métal-alkyle ;

(ii) pour le mécanisme B, des réactions de couplage carbène-oléfine avec la formation et la décomposition d'intermédiaires dimétallacycliques.

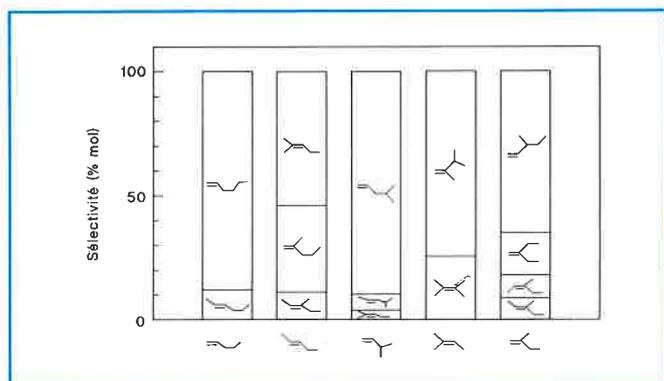


Figure 3 - Distribution des hexènes obtenus dans l'homologation des différents pentènes sur Ru/SiO<sub>2</sub> à 250 °C.

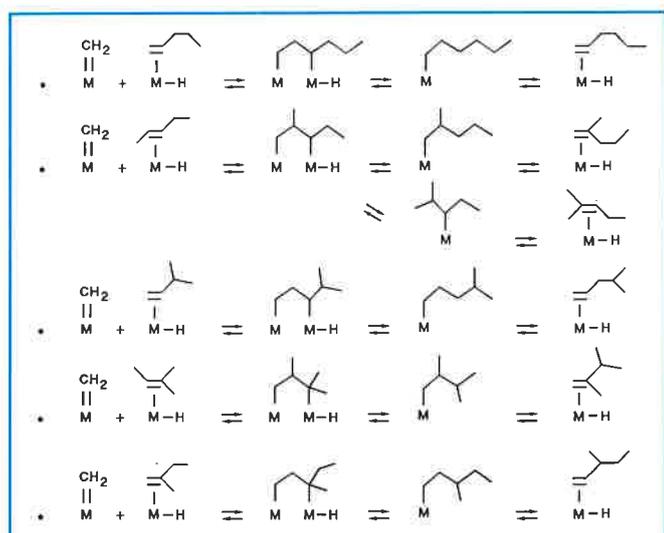


Schéma 5 - Mécanismes possibles de formation des isomères majoritaires des hexènes obtenus par homologation des différents pentènes.

### Les différentes étapes élémentaires envisageables lors de la réaction d'un hydrocarbure avec une surface métallique en présence d'hydrogène

Rappelons que lorsqu'un hydrocarbure oléfinique est mis en contact avec un catalyseur du type Ru/SiO<sub>2</sub> en présence d'hydrogène, il peut subir des réactions d'isomérisation, d'hydrogénation, d'hydrogénolyse et d'homologation.

On peut considérer les fragments métal-alkyle comme des "intermédiaires clés" dans toutes ces réactions qui impliquent l'interaction d'un hydrocarbure avec une surface métallique couverte d'hydrogène. Sur la base des informations apportées par la chimie organométallique [14], il est possible de présenter de façon synthétique certaines des plus importantes étapes élémentaires ayant pour origine (ou conduisant à) une espèce métal-alkyle (schéma 6) :

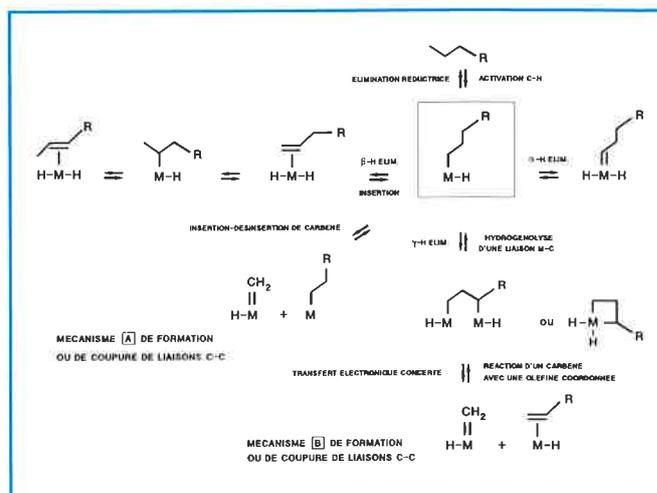


Schéma 6 - Les différentes étapes élémentaires ayant pour origine (ou conduisant à) une espèce métal-alkyle.

1. Par **b**-élimination d'hydrogène, une espèce métal-alkyle primaire donnera une **a**-oléfine qui peut se réinsérer dans une liaison M-H pour donner une espèce métal-alkyle secondaire (une nouvelle **b**-élimination d'hydrogène conduira aux oléfines internes). Toutes ces étapes élémentaires sont entièrement réversibles.
2. Par élimination réductrice, une espèce métal-alkyle donnera un alcane. La réaction inverse est l'addition oxydante d'une liaison C-H de l'alcane sur le centre métallique.
3. Par **a**-élimination d'hydrogène, une espèce métal-alkyle donnera un métal-carbène; la réaction inverse est l'hydrogénation du métal-carbène en espèce métal-alkyle.
4. Une **g**-élimination d'hydrogène, qui active une liaison C-H en **g** sur un groupe alkyle, pourra conduire à la formation d'un dimétallacyclopentane (ou d'un métallacyclobutane). Ce type de réaction a effectivement été observé dans la décomposition de complexes néopentyle du platine, du nickel ou du palladium, ainsi que dans la synthèse de complexes métallacycliques du rhodium, du ruthénium et de l'iridium. La réaction inverse transformera, par hydrogénolyse d'une liaison M-C, le métallacycle en espèce métal-alkyle (une autre possibilité de décomposition étant une **b**-élimination d'hydrogène sur l'espèce (di)métallacyclique qui conduira à la formation d'une espèce allylique puis à une oléfine).
5. Le dimétallacyclopentane (ou le métallacyclobutane) peut aussi conduire, par transfert électronique concerté, à la formation d'un métal-carbène et d'une oléfine, selon un processus analogue à ce qui est observé par exemple dans la réaction de métathèse des oléfines. La réaction inverse (que l'on peut considérer comme la réaction d'un carbène avec une oléfine coordonnée) conduira à la formation d'un (di)métallacycle.

Comme nous l'avons déjà signalé, ce type de réaction a des précédents en chimie organométallique et a été observé sur des complexes du fer, de l'osmium, du cobalt, ou du ruthénium.

6. Finalement, une espèce métal-alkyle peut subir la désinsertion d'un fragment carbénique (par exemple méthylène) et donner une nouvelle espèce métal-alkyle possédant un carbone de moins que l'espèce initiale. Un mécanisme de ce type a été proposé pour expliquer les distributions d'hydrocarbures obtenues dans les réactions d'hydrogénolyse de l'octane ou de l'octène-1 sur des catalyseurs métalliques supportés à base de ruthénium, de cobalt ou de nickel. La réaction inverse est l'insertion d'un fragment méthylène dans une liaison métal-alkyle, réaction qui a été évoquée plus haut (mécanismes de formation des liaisons C-C) et dont on connaît des exemples en chimie organométallique.

Les chemins réactionnels envisagés aux points 5 et 6 sont les seuls qui conduisent à la formation ou à la coupure de liaisons C-C. Ces chemins sont tous deux réversibles, de telle sorte que les mêmes étapes élémentaires peuvent être invoquées à la fois pour la formation et la coupure des liaisons C-C. Une différence importante entre les deux mécanismes doit être soulignée :

- dans un cas, mécanisme A, la formation d'une liaison C-C implique l'insertion d'un carbène dans un fragment métal-alkyl "saturé";
- dans l'autre cas, mécanisme B, la formation d'une liaison C-C implique la réaction du même carbène sur une oléfine "insaturée".

En conclusion, les différentes étapes élémentaires décrites dans le schéma 6 sont suffisantes pour expliquer la simultanéité des réactions d'hydrogénation, d'isomérisation, d'hydrogénolyse et d'homologation des oléfines. Ces étapes élémentaires peuvent également rendre compte de la déshydrogénation, de l'hydrogénolyse et de l'homologation des alcanes.

## UN CAS PARTICULIER : LA DIMERISATION DE L'ÉTHYLÈNE

Sur des catalyseurs Ru/SiO<sub>2</sub> et en présence d'hydrogène, l'éthylène subit non seulement les réactions habituelles d'hydrogénolyse et d'homologation par perte ou addition d'un fragment C<sub>1</sub> (conduisant au méthane et au propène) mais également une réaction de dimérisation particulièrement évidente à basse température (figure 4). Les sélectivités en butènes-2 sont élevées (>70 % de la totalité des butènes), même à faible temps de contact, et il ne se forme pratiquement pas d'isobutène. Ces observations confirment que la majorité des butènes formés ne proviennent pas de réactions d'homologation successives du type C<sub>2</sub> → C<sub>3</sub> → C<sub>4</sub>, puisque le propène conduit, dans les mêmes conditions, à la formation de butène-1 comme produit primaire principal et à des quantités significatives d'isobutène (8 %).

Plusieurs mécanismes peuvent être envisagés pour cette réaction de dimérisation : (i) insertion d'une molécule d'éthylène dans une liaison métal-éthyle ou couplage de deux molécules d'éthylène avec formation d'un intermédiaire métallacyclique (par analogie avec ce qui est proposé en catalyse homogène) ;

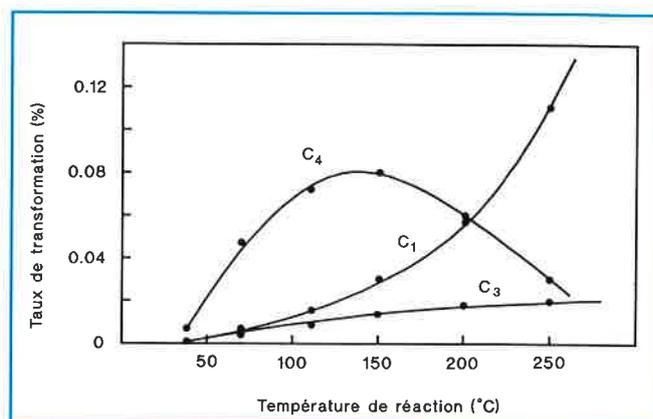


Figure 4 - Conversion de l'éthylène en hydrocarbures C<sub>1</sub>, C<sub>3</sub> et C<sub>4</sub> en fonction de la température dans la réaction C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> + H<sub>2</sub> sur Ru/SiO<sub>2</sub>

(ii) réaction d'un fragment éthylidène (formé par α-élimination d'hydrogène à partir d'une espèce métal-éthyle) avec une molécule d'éthylène ; ou (iii) couplage de deux fragments éthylidène. Au vu des résultats obtenus sur Ru/SiO<sub>2</sub> (formation de butène-2, et notamment de butène-2-cis, comme produit majoritaire) et après analyse des données de la littérature (en particulier sur les réactions modèles de couplage d'espèces alkylidènes), c'est ce dernier mécanisme qui semble être le plus probable (schéma 7).

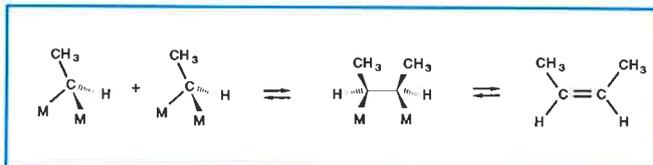


Schéma 7 - Un mécanisme possible de dimérisation de l'éthylène sur Ru/SiO<sub>2</sub>.

## CONCLUSION

Ce court mémoire avait pour objectif d'essayer de rationaliser les mécanismes possibles de formation et de rupture des liaisons carbone-carbone sur catalyseurs métalliques en s'appuyant sur des étapes élémentaires classiques de la chimie moléculaire organométallique. Il semble cependant nécessaire de rappeler qu'un mécanisme, en catalyse, n'est jamais réellement démontré. Tout au plus peut-on vérifier qu'un mécanisme donné est compatible avec l'ensemble des résultats expérimentaux. Il paraît important de souligner l'existence possible d'une véritable continuité entre les étapes élémentaires de la chimie organométallique et celles de la catalyse hétérogène sur métaux, notamment en matière de formation et de rupture des liaisons carbone-carbone.

### Remerciements

Aux travaux qui ont été présentés ici doit être associé J.-M. Basset, qui a initié cette recherche et y a constamment participé. L'auteur tient d'autre part à le remercier pour son aide et ses suggestions au cours de la préparation de cet article.

RÉFÉRENCES

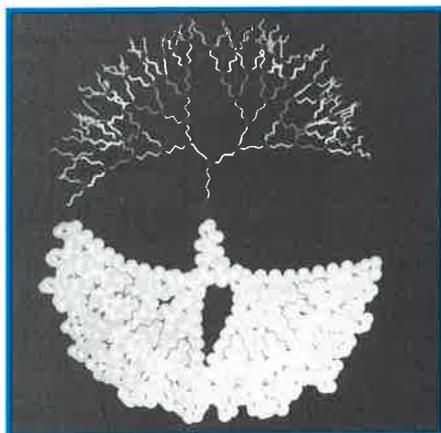
- [1] Voir, par exemple: "Catalyse par les Métaux", Editeurs : B. Imelik, G.-A. Martin, A.J. Renouprez, Editions du CNRS, Paris, 1984.
- [2] En particulier, pour la synthèse Fischer-Tropsch considérée sous ses aspects étapes élémentaires et réactions modèles, on peut se référer à: (a) E. L. Muettterties, J. Stein, *Chem. Rev.*, 1979, 79, 479; (b) W. A. Herrmann, *Angew. Chem., Int. Ed. Engl.*, 1982, 21, 117.
- [3] C. O'Donohoe, J. K. A. Clarke, J. J. Rooney, *J. Chem. Soc., Faraday Trans. 1*, 1980, 76, 345.
- [4] F. G. Gault, *Adv. Catal.*, 1981, 30, 1.
- [5] F. Hugues, B. Besson, J.-M. Basset, *J. Chem. Soc., Chem. Commun.*, 1980, 719.
- [6] M. Leconte, A. Théolier, D. Rojas, J.-M. Basset, *J. Am. Chem. Soc.*, 1984, 106, 1141.
- [7] M. Leconte, D. Rojas, J.-M. Basset, *Nouv. J. Chim.*, 1984, 8, 69.
- [8] P. Biloen, J. N. Helle, W. M. H. Sachtler, *J. Catal.*, 1979, 58, 95.
- [9] R. C. Brady III, R. Pettit, *J. Am. Chem. Soc.*, 1981, 103, 1287.
- [10] A. T. Bell, *Catal. Rev. - Sci. Eng.*, 1981, 23, 203.
- [11] Chong Zheng, Y. Apeloig, R. Hoffmann, *J. Am. Chem. Soc.*, 1988, 110, 749.
- [12] E. Rodriguez, M. Leconte, J.-M. Basset, K. Tanaka, K.-I. Tanaka, *J. Am. Chem. Soc.*, 1988, 110, 275.
- [13] E. Rodriguez, M. Leconte, J.-M. Basset, *J. Catal.*, 1991, 131, 457.
- [14] J. P. Collmann, L. S. Hegedus, J. R. Norton, R. G. Finke, "Principles and Applications of Organotransition Metal Chemistry", University Science Books, Mill Valley (Ca), 1987. ■

# EN BREF

**LA PRODUCTION INDUSTRIELLE D'UN DENDRIMERE SERAIT POSSIBLE**

DSM Research (Geleen, Pays-Bas) a réussi à développer un type de dendrimères dont la production est possible à grande échelle. Il s'agit de polymères qui ne sont pas constitués des classiques macromolécules linéaires, mais de molécules sphériques fortement ramifiées. Ce matériau possède de nombreuses propriétés spéciales et semble offrir, de ce fait, d'intéressantes perspectives pour des applications commerciales. Il est, par ailleurs, stable dans l'eau et résiste aux hautes températures.

L'intérêt manifesté par l'industrie aux dendrimères s'explique par un certain nombre de propriétés spécifiques. La surface extérieure des sphérules compte une infinité d'extrémités qui constituent d'excellents points d'ancrage pour de nouveaux composés.



Modèle à l'ordinateur et structure schématique d'une macromolécule du dendrimère obtenu par DSM.

**Les dendrimères**

Le terme de dendrimères est dérivé de dendrites et de polymères. C'est une nouvelle classe de macromolécules, qui sont bien définies tant sur le plan chimique que sur plan configuration spatiale. Les dendrimères sont des composés qui se sont édifiés génération sur génération. Etant donné que le nombre de ramifications (dendron = branche) double d'une génération à l'autre, la molécule de dendrimère prend une forme sphérique.

Les dendrimères peuvent être utilisés, entre autres, pour améliorer les propriétés des huiles lubrifiantes, augmenter la transformabilité des plastiques et améliorer la qualité de revêtements (coatings). En outre, les différentes ramifications d'une sphérule de dendrimère ménagent entre elles des espaces pouvant abriter d'autres substances. Celles-ci migrent hors des macromolécules d'une façon relativement lente, par diffusion. Ceci permet d'envisager de nouvelles possibilités pour le dosage de médicaments (libération contrôlée d'un composé). Jusqu'ici, la production de dendrimères n'était possible qu'en petites quantités, d'où un prix de revient très élevé (150.000 F/g). Le procédé de DSM consiste à greffer quatre acrylonitriles sur les amines du diamino-butane, puis d'effectuer un hydrogénation. La molécule obtenue offre alors huit possibilités de greffer un acrylonitrile, le nombre de ramifications doublant aux extrémités à chaque fois, conduisant à une molécule sphérique fortement ramifiée. C'est l'un des résultats du programme Synthons de DSM.

**CRÉATION D'EUROSOLID**

Trente-huit scientifiques européens, regroupant neuf pays, ont décidé de créer une association : l'Association Européenne de Cinétique des Transformations et Réactivité des Solides (Eurosolid).

L'ensemble des actions de l'association a pour but de promouvoir la cinétique hétérogène et la réactivité des solides en tant que disciplines scientifiques identifiées et cohérentes comportant leurs concepts et leurs applications. Cette coopération se développera tant sur le plan fondamental pour la recherche de nouveaux concepts que sur le plan de leurs applications à des problèmes liés à l'élaboration, aux propriétés et à la qualité des produits fabriqués et notamment des matériaux. Différentes actions sont envisagées : réunions, programmes de recherche collectifs, rédaction de documents...

La première réunion scientifique, Eurosolid 1, aura lieu les 21 et 22 octobre 1993 à l'école des Mines de Saint-Etienne. Au cours de ces journées, les laboratoires fondateurs présenteront chacun une communication dont le sujet portera sur le travail le plus important effectué par chacun d'eux au cours des cinq dernières années.

Renseignements : Mme Pijolat, Département de chimie-physique des processus industriels, Ecole Nationale Supérieure des Mines, 158, cours Fauriel, 42023 Saint-Etienne Cedex. Tél. : 77.42.01.52.

# Fiche logiciel n° 3

## Adep-Junior

Auteurs et/ou diffuseurs : **LMCTS**

### RESSOURCES

Adep-Junior est opérationnel sur IBM-PC, modèle 486 DX, système MS DOS, mémoire 640 Ko, disque 5 Mo, écran VGA.

### RÉALISATION

Auteurs : B. Pateyron, G. Delluc, M.F. Elchinger (Laboratoire de matériaux céramiques et traitements de surface)

Langage utilisé : langage C

Volume des instructions : 140 Ko + bibliothèque de données

Date de début du projet : 1986

Date de la dernière version : décembre 1992

Investissement humain : 3 hommes \* année

Etat du logiciel : produit diffusable

Version de démonstration disponible : version duplicable avec bibliothèque limitée + démonstration automatique

Développements prévus : version en langue anglaise, équation d'état type viriel, propriété de transport

### DIFFUSION

Contactez Bernard Pateyron au LMCTS CNRS URA 320 (tél. : 55.45.74.39)

Nature de la diffusion : commerciale

Format : binaire

Support de diffusion : disquette type 3" 1/2 ou 5" 1/4

Suivi du produit : assistance

Conditions financières : prix public 3000 F HT, conditions particulières pour les enseignants et leurs établissements

Particularités techniques d'installation : installation automatique sur disque dur

### DOCUMENTATION

Vidéo de démonstration

Références bibliographiques :

- B. Pateyron, M.F. Elchinger, G. Delluc, J. Aubreton, Logiciel de calculs d'équilibres chimiques complexes : TEM, Dossier de valorisation Anvar n° 52, 356, 1986.

- B. Pateyron, J. Aubreton, M.F. Elchinger, G. Delluc, Thermodynamic and transport properties at high temperatures : hydrogen plasma and water plasma, The first Codata Symposium thermodynamic and thermophysical properties Data base, 3 to 10 september 1985, Paris.

- M. Tellat, G. Delluc, M.F. Elchinger, B. Pateyron, Calculs d'équilibres thermodynamiques, JEEP, 1986, Bordeaux.

- M.F. Elchinger, B. Pateyron, G. Delluc, P. Fauchais, Propriétés de transport et de rayonnement en fond continu de quelques mélanges azote-oxygéné, réunion : Modélisation des plasma, Cepat univ. de Toulouse, juin 1989.

- B. Pateyron, M.F. Elchinger, G. Delluc, J. Aubreton, Adep : banque de données de l'université et du CNRS, Direction des bibliothèques et des musées et de l'Information scientifique et technique, 1986, 87, 88, 89.

### ADRESSES

LMCTS : Faculté des sciences, 123 avenue Albert Thomas, 87060 Limoges Cedex. Tél. : 55.45.72.00

# Fiche logiciel n° 3 - suite

## Adep-Junior

### MOTS CLÉS

Génie chimique  
Thermodynamique  
Physique des gaz

### DÉFINITION

Base de calculs et de données thermodynamiques (et de transports)

Adep-Junior recherche la composition qui minimise l'enthalpie libre du système polyphasé (phase solide, phase liquide et phase gazeuse) proposé par l'utilisateur, à la pression et à la température choisies. Pour une composition déterminée, toutes les autres fonctions ou potentiels thermodynamiques (et propriétés de transports dans la version suivante) sont alors calculées.

La détermination des coefficients de transport de la phase gazeuse est fondée sur l'équation intégral-différentielle de Boltzmann résolue par la méthode de perturbation de Chapman-Enskog

### DESCRIPTION

Domaine couvert : les calculs de composition, de propriétés thermodynamiques (et de propriétés de transport dans une version ultérieure)

**Entrées :** définir le système

- 1) Entrer les symboles élémentaires du système chimique à étudier - exemple : H (hydrogène), O (oxygène), etc.
- 2) Entrer les quantités de matière, en moles, du système dans le catalogue de composés possibles présentés
- 3) Choisir l'intervalle de températures sur lequel l'étude est demandée, ainsi que le pas de température entre 2 calculs successifs
- 4) Choisir les différentes pressions pour lesquelles le calcul sera effectué

**Limites d'utilisation :**

En température, 300 K-30 000 K au maximum, dans le cas général le domaine de température est borné par la limite de validité des données thermodynamiques des composés (qui est affichée)

En pression, domaine s'étendant de 10E-30 atm, 100 atm

Systèmes chimiques limités aux composés de la bibliothèque interne.

**Sorties :** exploitation graphique, en outre les fichiers numériques sont importables directement par tableurs, etc.

A l'équilibre thermodynamique :

- fonctions et potentiels thermodynamiques du système : entropie, enthalpie libre de Gibbs, chaleur spécifique, masse volumique de la phase gazeuse,

- composition molaire du système pour les phases gazeuses, liquides et solides

**Méthode :**

Adep-Junior gère non seulement sa banque intégrée de propriétés thermodynamiques, mais également les outils de traitement de ces informations

Adep-Junior recherche la composition qui minimise l'enthalpie libre du système polyphasé (phase solide, phase liquide et phase gazeuse) proposé par l'utilisateur, à la pression et à la température choisies. Pour une composition déterminée, toutes les autres fonctions ou potentiels thermodynamiques et propriétés de transports sont alors calculés.

La détermination des coefficients de transport de la phase gazeuse est fondée sur l'équation intégral-différentielle de Boltzmann résolue par la méthode de perturbation de Chapman-Enskog, (cette fonction n'est pas encore disponible).

**Convivialité**

Les seules entrées sont la définition du système

Exploitation graphique

Résultats en unités MKSA (à l'exception des pressions en atmosphères).

Catalogue ANL (Agence Nationale du Logiciel), BP 239, 54506 Vandœuvre Cedex.

Tél. : 83.91.21.58 (télécopie : 83.27.76.43).

# Réflexions sur les instituts universitaires professionnalisés (IUP) relevant du domaine des sciences

Alain Lablache-Combier \* *directeur de l'ENSCL*

Vingt huit IUP ont été ouverts en septembre 1991. A la rentrée 1992, 83 filières IUP ont été mis en place et accueillent un total de 8.000 étudiants [1]. Il est actuellement prévu qu'à partir de 1997 les IUP délivreront 10.000 diplômés par an [2]. Les IUP ont été créés à la suite d'une analyse effectuée en 1988 par le Haut Comité d'Éducation Économie (HCEE) qu'animait alors Daniel Bloch [2].

Il en ressortait :

- qu'il y avait, en France, un très grand manque d'ingénieurs et qu'il fallait doubler en 5 ans le nombre d'ingénieurs formés,
- qu'il manquait, dans la panoplie, des diplômes technologiques supérieurs de formations en 4 ans.

A la même époque, une enquête réalisée par le Cefi (Comité d'Études sur les Formations d'Ingénieurs) pour le compte du CNGE (Comité National pour le Développement des Grandes Écoles) tendait à prouver que le manque d'ingénieurs dont le pays aurait besoin dans les années futures n'était pas aussi important que le disait le HCEE et qu'il serait, de ce fait, beaucoup plus judicieux de laisser croître d'environ 4 % par an le nombre des diplômés délivrés par les écoles d'ingénieurs, ce qui était alors le taux de croissance observé, que d'accroître massivement et soudainement le nombre des élèves ingénieurs [3].

Peu après, Bernard Decomps, qui succéda à Daniel Bloch à la présidence du HCEE, anima un groupe de travail sur la délivrance de diplômés d'ingénieurs par l'alternance (formation initiale) ou par la formation continue (DUT ou BTS + 3 ans

d'expérience). Ses conclusions conduisirent à la mise en place de structures dites "ingénieurs Decomps", ou des NFI<sup>1</sup> (nouvelles formations d'ingénieurs). Bien qu'originales, les NFI sont de vraies écoles d'ingénieurs. Elles délivrent un diplôme d'ingénieur reconnu par la commission du titre d'ingénieur.

## Dans quel contexte fut décidée la création des IUP, en 1991 ?

- Le principe suivant lequel 80 % d'une classe d'âge devait atteindre le niveau du baccalauréat, d'abord énoncé par Jean-Pierre Chevènement, puis repris à son compte par René Monory qui fut son successeur au ministère de l'Éducation nationale, était devenu un dogme. Le nombre de bacheliers était en croissance exponentielle. Le baccalauréat professionnel, qui en soi est une bonne chose, était reconnu comme un "vrai" baccalauréat, c'est-à-dire que sa possession donnait l'accès au système universitaire, ce qui à mon sens est une erreur grave. Les effectifs des différentes sections des baccalauréats de techniciens F, G, H étaient pléthoriques. Les jurys des différents baccalauréats, même des baccalauréats classiques avaient reçu pour consigne de recalcer le moins possible de candidats.

- Le nombre des étudiants suivant celui des bacheliers était lui aussi en croissance exponentielle. Le ministère de l'Éducation nationale s'aperçut qu'il ne pouvait plus, faute de moyens, appliquer les normes - dites Garaces - de répartition des crédits de fonctionnement de l'enseignement supérieur qu'il avait édictées une dizaine d'années auparavant. Il cacha l'impossibilité dans laquelle il était de

maintenir le montant du crédit alloué par étudiants en taxant le système Garaces de plein de défauts conceptuels : les étudiants pris en compte étaient les étudiants inscrits et non ceux effectivement présents aux examens, le système était "déclaratif", il ne pouvait être tenu compte des variations d'effectifs qu'avec retard... Le ministère a depuis mis en place un nouveau système, dit San Remo, qui repose sur une attribution globale et forfaitaire des crédits de fonctionnement de l'enseignement : il n'est plus tenu compte de la nature (cours, TD ou TP) des enseignements. Que le ministère doive ajuster ce qu'il donne aux établissements à la somme budgétaire dont il dispose, est une contrainte si évidente que je ne comprends pas pourquoi on a essayé de la masquer.

Ce manque de moyens se traduit, par ailleurs, par le désir clairement affiché du ministère :

- de voir diminuer les redoublements tant en premier qu'en second cycles [4].
- de diminuer de façon notable de 100 à 150 h, sur un total initial de 400 à 500 h le volume de l'enseignement annuel délivré en licence et en maîtrise [5-6]. Au même moment, il était fortement "conseillé" aux écoles d'ingénieurs de diminuer d'au moins 25 % le volume horaire annuel de leurs enseignements. Il leur était vivement recommandé de faire appel à des méthodes "modernes" de pédagogie, d'augmenter la part laissée à l'initiative personnelle des élèves.

Il fallait diminuer le nombre d'étudiants en stock et leur délivrer coûte que coûte un diplôme. Aucune attention n'était portée au contenu scientifique de la forma-

\* École Nationale Supérieure de Chimie de Lille, BP 108, 59652 Villeneuve d'Ascq Cedex. Tél. : 20.43.49.92 (télécopie : 20.47.05.99)

<sup>1</sup> Les premières NFI, l'école nouvelle d'ingénieurs en communications de Lille et les NFI de Paris X et de Paris IX, ouvrirent leurs portes en septembre 1990. Les premières promotions des ingénieurs en formation continue sont sorties en 1992 (24 diplômés à Lille, 34 à Paris X et XI). La première formation des ingénieurs en formation initiale sortira en 1995. Il y a actuellement 43 NFI habilitées et 1 617 élèves ingénieurs en stock. Certaines de ces NFI ont des promotions très faibles.

tion délivrée ni en quantité, ni en qualité, ni aux connaissances réellement acquises par les étudiants.

Lors du conseil des ministres du 26 juin 1991, Lionel Jospin afficha sa volonté de ramener à 4 ans après le baccalauréat la durée des études nécessaires pour obtenir un diplôme d'ingénieur. Ceci devait être fait en réduisant de 2 à 1 an la durée théorique du cycle préparatoire [6].

Sa communication fut tout de suite perçue comme une déclaration de guerre aux écoles d'ingénieurs. Son conseiller spécial, Claude Allègre, avait déjà affiché son hostilité au système "écoles d'ingénieurs" [7]. La grande presse ne s'y est

pas trompée [8]. La résistance du monde des ingénieurs fut rapide. Dès le 2 juillet 1991, Philippe Boulin déclarait lors de l'assemblée générale du CNGE, comité dont il est le président : "ce projet aboutirait à disloquer et à dévaloriser le système de formation que constituent nos grandes écoles". A ce congrès, des responsables du CNPF, du Conseil National des Ingénieurs et Scientifiques de France (CNISF), de la Chambre de commerce de Paris, de l'Union des Industries chimiques affichèrent leur hostilité au projet Jospin. M. Denis Monasse, président de l'Association des professeurs des classes préparatoires, écrivait dans ce sens, le 5 juillet 1991, au président de la République. M. Daniel Gourisse adressait, le

16 juillet 1991, une lettre à Lionel Jospin dans laquelle il lui manifestait l'étonnement des membres de la Conférence des grandes écoles qu'il présidait devant cette décision. Même Jean-Marie Rausch, alors ministre des Postes et Télécommunications fit savoir le 16 juillet 1991 que le raccourcissement de la durée des classes préparatoires ne se justifiait pas au niveau des écoles dépendant de son ministère. Tout au long de l'automne 1991, la grande presse fit abondamment état, à la fois, des intentions réelles du ministre et de son conseiller spécial et des oppositions que rencontrait la réforme qu'ils voulaient faire [9]. Lionel Jospin défendit son projet lors du congrès annuel de la Conférence des grandes écoles qui se tint à Tou-

## Un IUP de chimie à

L'IUP de chimie appliquée de l'université d'Orléans dispense une formation en trois années, destinée à façonner des chimistes détenteurs d'un bagage technique et méthodologique visant à favoriser leur intégration rapide et efficace dans le tissu professionnel. Les étudiants ayant reçu cette formation sont destinés à devenir, en priorité, des cadres dotés d'une bonne capacité d'adaptation et susceptibles d'intervenir en recherche et en développement tant au niveau de la mise au point que du transfert de technologie dans l'un des trois domaines : chimie organique et analytique, chimie des matériaux, chimie de l'environnement.

Plusieurs objectifs sont fixés qui doivent renforcer et valoriser au mieux les connaissances acquises dans le domaine de la chimie proprement dite :

- donner aux étudiants une bonne pratique de l'outil informatique dans ses diverses applications,
- leur dispenser un enseignement efficace de l'anglais ainsi que d'une seconde langue étrangère,
- les sensibiliser au rôle fondamental de la recherche en chimie,
- leur assurer une formation de culture générale solide incluant des notions d'économie et de gestion.

Cet ensemble de dispositions doit garantir aux étudiants de l'IUP non seulement l'acquisition des connaissances scientifiques de base qui conditionnent leur avenir professionnel, mais aussi leur insertion rapide et aisée dans la vie active et, surtout, leur aptitude à suivre sans difficultés les évolutions prévisibles dans leurs disciplines.

L'implantation en région Centre d'une industrie chimique très diversifiée (pharmacie, parfumerie et cosmétiques, plastiques et élastomères, agro-alimentaire, verrerie et porcelaine...), ainsi que la présence des structures publiques de recherche performantes (universités, CNRS, INRA, BRGM...) constituent des atouts majeurs pour le développement d'un IUP de chimie : la région Centre n'occupe-t-elle pas la cinquième place nationale par le nombre des salariés qu'elle emploie dans l'industrie et n'est-elle pas devenue la première productrice de médicaments en France ? [1].

Le caractère professionnalisé du cursus de trois ans est garanti par le conseil de perfectionnement de l'IUP, qui a pour rôle essentiel de

définir puis de contrôler une politique générale du contenu pédagogique et de proposer des orientations nouvelles liées à l'évolution des besoins et des techniques dans la discipline. Ce conseil est paritaire profession/université ; il est, en outre, présidé par un représentant de la profession.

Un an après sa création (rentrée 1991), l'institut universitaire professionnalisé de chimie appliquée de l'université d'Orléans a vu ses effectifs passer de 32 à 84 étudiant. On compte actuellement, en première année, 47 inscrits, dont la plupart (environ 85 %) sont issus d'autres académies que celle d'Orléans-Tours. En deuxième année, les 37 étudiants inscrits se répartissent à peu près équitablement entre ceux de la région Centre et ceux d'autres régions. La troisième année sera mise en place à la rentrée 1993. Les tableaux I et II des admissions à la rentrée 1992 indiquent en détail l'origine universitaire des étudiants actuellement inscrits.

L'intéressant article de notre collègue A. Lablache-Combier - qui reprend certains arguments qu'il avait déjà exposés en novembre dernier lors d'une réunion débat nationale [2]- traite du problème des IUP à caractère scientifique *en général*. Or il est nécessaire de faire au préalable observer qu'à l'heure actuelle, chaque IUP connaît des problèmes *spécifiques*, liés par exemple à son propre secteur professionnel d'activité (construction mécanique, électronique, informatique, chimie...) ainsi qu'à l'université qui l'englobe et à la région qui l'environne.

Cela dit, on peut naturellement débattre de questions communes à tous les IUP, en particulier le contexte dans lequel ils ont été créés. Pour notre part nous déplorons, à l'instar de A. Lablache-Combier, les conditions précipitées de cette création et surtout l'insuffisance de la concertation engagée avec les secteurs professionnels concernés (écoles et organes de formation compris). Ainsi, en chimie, notre IUP a-t-il été jeté dans l'arène face à une union patronale dont la réticence était fort explicable par rapport à l'ensemble des débouchés offerts aux ingénieurs diplômés des quelque 20 ENSIC françaises.

Nous avons malgré tout pu nouer avec l'Union des Industries Chimiques un dialogue constructif, fondé sur l'échange de propositions raisonnables - préfigurant ainsi en quelque sorte les futurs travaux de notre conseil de perfectionnement.

louse le 24 et le 25 octobre 1991 [10]. Il n'empêche que le front uni du monde des ingénieurs, qui allait des élèves et des anciens élèves des écoles d'ingénieurs au principaux responsables du monde économique, en passant par les enseignements des classes préparatoires et des écoles d'ingénieurs, fit reculer Lionel Jospin. Lorsque Jack Lang lui succéda en mars 1992, il abandonna l'idée de supprimer les classes de mathématiques spéciales. La création des IUP, qui fut annoncée par Lionel Jospin lors du conseil du 26 juin 1991 [6] répondait à la fois au besoin de diminuer le coût de la formation des maîtres ès-sciences, au désir d'augmenter le nombre des diplômés de l'enseignement supérieur dans le domaine scientifique et technique et au souhait de casser

le système des écoles d'ingénieurs - qui, entre autres, étaient considérées comme trop onéreuses. Si ce souhait n'était pas ouvertement exprimé, il transparaissait clairement dans l'intitulé du diplôme appelé à couronner le cycle IUP. Les lauréats des cycles IUP se verront délivrer le titre "d'ingénieur maître" [11]. Ce n'est certes pas la même chose que le titre "d'ingénieur diplômé" que délivrent les écoles habilitées à délivrer un diplôme d'ingénieur reconnu par la Commission du titre d'ingénieurs. Mais la différence est-elle claire pour tous ?

**Les IUP - leurs points faibles**

L'admission dans un IUP se fait à bac + 1.

La 1<sup>re</sup> année passée dans ces instituts correspond à la 2<sup>e</sup> année d'un Deug "classique". Elle peut être "finalisée". La 2<sup>e</sup> et la 3<sup>e</sup> année sont consacrées à des enseignements "professionnel". Un stage en milieu industriel d'au moins 6 mois est intégré à la scolarité au niveau licence-maîtrise. Autre particularité des IUP : la moitié des enseignants doivent être des "professionnels". Les créations des IUP sont décidées après avis d'un comité ad hoc dont tous les membres sont désignés par le ministre. A terme bref, chaque section d'un IUP devra avoir au moins 100 étudiants.

Les IUP vont couvrir un secteur large, allant de celui relevant traditionnellement des écoles de commerce et de gestion à

**l'université d'Orléans**

Quelques idées directrices ont pu être progressivement dégagées :

- la mise en place d'une formation professionnelle d'un type nouveau en chimie peut être actuellement intéressante à titre *expérimental* : les premiers diplômés de l'IUP seront alors jugés et non préjugés
- l'ensemble du dispositif doit s'appuyer sur un groupe de laboratoires de recherche reconnus et actifs, disposant déjà d'un réseau dense de relations industrielles
- les effectifs recrutés seront dépendants de la conjoncture : le dogme ministériel des "100 par promo" doit nécessairement être modulé selon les secteurs professionnels par rapport à un niveau d'emploi.

Après bientôt un an et demi de fonctionnement - ponctué de difficultés diverses - notre IUP, "vrai" ou "faux" ou plus exactement "vrai-faux" si l'on adopte la nomenclature de A. Lablache-Combière, atteint un stade critique - celui de la mise en place de la troisième année. C'est là, dans le cadre du stage long en entreprise, que nos étudiants auront à prouver qu'ils sont en mesure d'occuper une place reconnue et identifiable dans le tissu industriel.

Pour notre IUP de chimie appliquée, il ne s'agit nullement - est-il besoin de le souligner ? - de s'inscrire dans une grotesque compétition avec les ENSIC : notre conseil de perfectionnement compte d'ailleurs parmi ses membres plusieurs ingénieurs issus de leur sein et qui sauraient nous éviter toute dérive...

Ce que nous souhaitons promouvoir au sein de notre université, c'est en fait une action conjointe de toutes les forces vives de la chimie - incluant en particulier le département de chimie de l'IUT, avec lequel nous coopérons étroitement - action dirigée vers la mise en marche effective d'un nouvel outil de formation professionnalisé en chimie.

Patrick Rollin\*

Directeur de l'IUP de chimie appliquée d'Orléans

\*Université d'Orléans, UFR Sciences, BP 6759, 45067 Orléans Cedex. Tél. : 38.41.73.70 (télécopie 38.41.70.69).

[1]"Les Echos", 22-23 janvier 1993, pp. 13-15.

[2]Association "Qualité de la Science Française", Paris, 9 novembre 1992.

**Tableau I - Admission en 1<sup>re</sup> année (rentrée 1992)**

	Total	Refusés	Autorisés	Démissions	Inscrits
CPGE	12	3	9	6	3
IUT	4	4	0	0	0
BTS	6	6	0	0	0
DEUG A	43	12	31	5	26(3)
DEUG B	23	6	17	4	13(2)
Autres	4	3	1	1	0
Redoublants					5(3)
TOTAL	92	34	58	16	47

NB : Les chiffres entre parenthèses concernent les étudiants de l'académie d'Orléans-Tours.

**Tableau II - Admission en 2<sup>e</sup> année (rentrée 1992)**

	Total	Refusés	Autorisés	Démissions	Inscrits
IUP I	18	0	18	3	15(12)
CPGE	5	3	2	2	0
IUT (C)	54	40	14	2	12(5)
IUT (MP)	16	14	2	1	1
BTS	16	15	1	0	1
Autres	6	5	1	0	1
DEUG A	26	21	5	0	5
DEUG B	14	12	2	0	2(2)
TOTAL	155	110	45	8	37

NB : Les chiffres entre parenthèses concernent les étudiants de l'académie d'Orléans-Tours.

celui couvert par les écoles d'ingénieurs "diplômés".

Les futurs diplômés de ces IUP vont, je l'espère, trouver un emploi une fois leur diplôme obtenu. Sera-t-il toujours du niveau cadre (ingénieur dans le secteur industriel) ? J'en doute fort (mon analyse ne porte que sur le secteur couvert actuellement par les écoles d'ingénieurs "diplômés"). Mis à part le contexte dans lequel ils ont été conçus, quels sont à mon avis, les points faibles des IUP ?

Ils ont été créés non seulement sans consultation avec la majorité des secteurs industriels, mais de plus le CNPF a officiellement émis de sérieuses réserves à leur égard. Dans le domaine de la chimie et du génie chimique, l'Union des Industries Chimiques a clairement fait savoir qu'elle ne voyait aucun intérêt à voir se créer des IUP de chimie ou de génie chimique. Deux l'ont néanmoins été ; l'un à Orléans en 1991, l'autre à Nantes en 1992. Des individus apportent leur concours à la création des IUP, mais non des institutions.

La formation qui y est délivrée est d'un niveau au moins quantitatif très inférieur à celui des maîtrises de sciences et techniques créées en 1969-1970 par Olivier Guichard. Le volume d'enseignement annuel de ces maîtrises est voisin de celui des écoles d'ingénieurs, c'est-à-dire de l'ordre de 900 h pour l'année de licence et autant pour l'année de maîtrise. Il est prévu que le volume de l'enseignement en 3<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup> année des IUP soit voisin de celui des licences et maîtrises classiques [12] : 1 000 h pour la licence et la maîtrise auxquelles doivent s'ajouter des enseignements portant sur deux langues vivantes étrangères et sur les techniques de communications ainsi que des stages en entreprise et en laboratoire. Il était au départ prévu que le volume de l'enseignement en licence maîtrise soit de 600 h. Le décret de création des IUP précise que la formation est organisée en milieu professionnel pour le tiers de sa durée globale, celle-ci comprenant l'ensemble des enseignements et des activités annexes. On peut craindre que la nature et la qualité des enseignements de nature fondamentale délivrés en entreprises soient disparates.

Le diplôme délivré : titre d'ingénieur maître, laisse espérer aux postulants à l'admission dans un IUP et aux étudiants des IUP qu'ils seront embauchés comme des ingénieurs. Je crains pour eux que ceci ne se produise pas. Je pense qu'il est malhonnête de leur laisser espérer. La formation théorique qu'ils auront reçue, inférieure à celle des maîtres ès-sciences et techniques actuels, ne sera en rien comparable à celle délivrée par des écoles d'ingénieurs "diplômés". Le stage en

industrie, d'un minimum de 6 mois ne compensera pas la déficience en enseignement théorique. De toute façon, les élèves des écoles d'ingénieurs habilitées par la Commission du titre d'ingénieur font eux aussi des stages industriels. Leur durée totale est aussi de 5 à 6 mois.

L'obligation de faire dispenser 50 % des enseignements par des professionnels me paraît, à l'expérience, être une mesure très difficile à mettre en œuvre dans certains secteurs disciplinaires et dans certaines régions tout au moins. Il est extrêmement difficile de trouver dans l'industrie une personne compétente, motivée, qui puisse faire de façon continue des enseignements. Les personnes de qualité sont rarement disponibles. Celles que l'industrie accepte de détacher ne sont pas, à de très notables exceptions près, les personnes les plus dynamiques de leur entreprise. Quand un établissement d'enseignement supérieur a la chance d'avoir un ingénieur en poste dans l'industrie qui prend en charge de façon efficace un enseignement, il est, du moins dans certaines villes de province, extrêmement difficile de le remplacer quand il est muté.

Le désir de faire en sorte que les diplômés des IUP parlent deux langues vivantes est louable, mais il me paraît utopique, compte tenu du très faible temps qui pourra être consacré dans les IUP à l'enseignement des langues. L'expérience que j'ai acquise en ce domaine me montre que le quantum qu'il faut donner à un étudiant pour qu'il tire profit de l'enseignement d'une langue qu'il maîtrise mal ou pas du tout à son entrée dans son cycle universitaire est très élevé.

Le créneau défini, bac + 4, n'est peut-être pas aussi porteur que ne le croyaient les pères des IUP, qui ont probablement surestimé dans les années 1988-1991 le manque des cadres scientifiques en France. Il n'est, en effet, pas du tout évident qu'il y ait en France une place pour un grand nombre de personnes dont le niveau de formation se situe entre celui d'un technicien type IUT, BTS (c'est-à-dire d'un niveau bac + 2) et un ingénieur classique à bac + 5. Dans un récent rapport [13], le comité des applications de l'académie des sciences (CADAS) conclut qu'à l'avenir le monde économique français aura besoin de deux types d'ingénieurs, des ingénieurs concepteurs et des ingénieurs d'exécution. Ces deux catégories d'ingénieurs sont, de fait, déjà formées dans les diverses écoles d'ingénieurs diplômés existantes. Il est, par ailleurs, certain que le maintien à 5 ans de la formation des écoles d'ingénieurs classiques et l'augmentation très importante du nombre annuel d'ingénieurs diplômés - qui devrait atteindre les 26 000 en 1995 et qui aura effectivement doublé de 1988

à 1995 - ne va pas favoriser l'insertion dans le secteur industriel des diplômés des IUP en tant que cadres.

### Le diplôme de recherche technologique

Les pères des IUP veulent couronner le système IUP par un troisième cycle. Le diplôme correspondant devait initialement s'intituler "titre de docteur ingénieur". Son nom sera plus probablement "diplôme de recherche technologique" : il s'obtiendra en effectuant un stage industriel de 2 ans en entreprise dans un secteur technologique "novateur". Au cours de ce stage, l'étudiant devra être mis dans un environnement où sa créativité devra pouvoir s'épanouir. Il devra être en mesure de réaliser une invention. L'idéal serait que son travail soit concrétisé par la prise d'un brevet. Durant ces deux années l'étudiant ne devra pas avoir à suivre plus de 200 heures d'enseignement en quelque domaine que ce soit. Une attention particulière devra être donnée à la formation à la communication écrite et orale, à l'économie de la recherche et à la protection de l'environnement ; 100 heures au maximum pourront être choisies parmi les enseignements de DEA. Inciter les diplômés des IUP à parfaire leur formation par l'apprentissage est une excellente chose. Faut-il impérativement limiter les heures de formation théoriques que suivront les étudiants durant ce cycle ? C'est une question qui, à mon sens, demeure ouverte.

Le ministre propose aux écoles et formations universitaires qui délivrent le diplôme d'ingénieur de les habilitier à délivrer, tout comme les IUP, le diplôme de recherche technologique. Il y mettait au départ deux conditions :

- que dans les écoles d'ingénieurs le cursus soit organisé de manière à ce que les connaissances technologiques et scientifiques générales requises de l'ingénieur soient obtenues et sanctionnées au niveau bac + 4 et que les écoles s'engagent, de ce fait, à délivrer au candidat le titre d'ingénieur sans examen supplémentaire autre que celui sanctionnant l'enseignement complémentaire donnant accès au titre d'ingénieur docteur. Ceci revient à faire admettre par les écoles que leur formation est délivrée en 4 ans après le baccalauréat et non en 5, puisque ceux qui ne suivent pas les enseignements de la 5<sup>e</sup> année recevront lorsqu'ils auront terminé leur stage technologique de 2 ans, en plus du diplôme de recherche technologique, le diplôme d'ingénieur de leur école, tout comme leurs camarades qui ont suivi une formation en 5 ans après le baccalauréat ;

- pour les formations universitaires habilitées à délivrer un diplôme d'ingénieur,

qu'elles aient une structure bac + 4 apparente et que ce cursus soit reconnu par le ministère de l'Éducation nationale comme "équivalent" à une formation d'ingénieur maître. Lorsque l'on sait que, dans les écoles, habilitées à délivrer le diplôme d'ingénieur, la scolarité annuelle oscille entre 900 et 1100 heures suivant les cas et que l'on se rappelle que, dans les 2 dernières années des IUP, elle n'est, du moins en théorie, au total que de 1 000 heures, on peut aisément saisir l'humour de cette condition.

La Conférence des directeurs et formations d'ingénieurs (CDEFI), qui regroupe tous les responsables des structures dépendant du ministère de l'Éducation nationale habilitées à délivrer un diplôme d'ingénieur a, le 11 mars 1992, clairement fait savoir que, si elle approuvait toute mesure qui peut permettre d'accroître la culture technologique des élèves de leurs écoles et formations, elle était hostile à ce qu'à la fin d'un tel cycle de formation technologique soit délivré un titre dénommé "ingénieur docteur". Que, tenu par le "cahier des charges" sur lequel repose l'habilitation à délivrer le diplôme d'ingénieur de l'école ou la formation que dirige chacun de ses membres, elle souhaitait qu'un éventuel cycle technologique ne puisse être commencé par les élèves de leur école ou formation qu'une fois achevée la scolarité normale de la dernière année d'études. Elle demandait également que chaque directeur concerné ait l'entière maîtrise de l'articulation pédagogique et administrative de cette nouvelle formation avec le cycle ingénieur.

Comme l'ensemble du monde des ingénieurs, la CDEFI était hostile au fait que les diplômés des IUP reçoivent le titre d'ingénieur maître. La majorité de ses membres a approuvé les démarches faites par les associations d'anciens élèves des écoles d'ingénieurs diplômés pour que cette dénomination soit changée. A ce jour, elles n'ont pas abouti. La CDEFI était également opposée à ce que le 3<sup>e</sup> cycle technologique conduise au titre de docteur ingénieur. Le fait de concevoir que des personnes (les anciens élèves des IUP) non-ingénieurs (diplômés), qui n'auraient pas fait de recherche mais seulement un stage "novateur", puissent être gratifiées du titre d'ingénieur docteur s'inscrivait à l'évidence dans une stratégie globale de démolition du système "ingénieur diplômé". Heureusement, au cours de l'été 1992, le ministère de l'Éducation nationale a eu la sagesse de renoncer à cette dénomination et envisage de délivrer à la fin de des 2 ans de stages un "diplôme de recherche technologique". De même il paraît acquis aujourd'hui que les conditions mises par la CDEFI pour rentrer dans le système "stage industriel novateur" de longue durée, seront acceptées.

Certaines écoles relevant de secteur tel

que la mécanique, où très peu d'ingénieurs poursuivent leurs études par la préparation d'un doctorat, se disent intéressées par le diplôme de recherche technologique. Il n'en va pas de même en chimie où entre le quart ou le tiers des jeunes diplômés font des thèses et où le doctorat est le diplôme maximal reconnu internationalement. Par ailleurs, à un moment où l'embauche des jeunes ingénieurs est difficile, ce nouveau cursus scolaire peut être dévié de son but. Il peut permettre à une société d'embaucher "au rabais" des ingénieurs en ne les payant que comme des stagiaires. Les budgets recherche des sociétés étant limités, ce nouveau cycle ne risque-t-il pas de diminuer le nombre de bourses de vraies thèses offertes par les industries ? Quel intérêt l'industrie portera-t-elle à ce diplôme ? Sa reconnaissance internationale sera difficile. Ce n'est ni un master type anglais ou américain ni un mastère - diplôme délivré par la Conférence des grandes écoles - ni bien sûr un doctorat

### L'avenir des IUP tel que je le conçois

Les universités ont, en général, été très favorables à la création des IUP. Ceci s'est manifesté par de très nombreuses demandes de création. Pourquoi cette attitude ?

Tout d'abord, tout ce qui peut accentuer la professionnalisation des formations, donc a priori favoriser l'insertion professionnelle des étudiants, est, en soi, une bonne chose. Les MST, les Miage sont des formations professionnalisantes, souvent d'un bon niveau. Pourquoi alors vouloir les transformer en IUP ? Il ne faut pas sous-estimer les pressions qu'exerça, du temps de Lionel Jospin, le ministère de l'Éducation nationale sur les présidents d'universités pour que ceci se fasse. Ensuite, le nom du diplôme délivré, "titre d'ingénieur maître" a été un véritable miroir aux alouettes. D'aucun, heureusement minoritaires, parmi les responsables des IUP y ont vu un moyen en banalisant le titre d'ingénieur de casser le "monopole" des écoles d'ingénieurs. D'autres plus nombreux ne cachent pas qu'ils ont cherché un label qui est, à tort ou à raison, un sésame pour l'embauche des jeunes.

Qu'en est-il aujourd'hui ? Il m'apparaît qu'il a deux sortes d'IUP : de "faux" IUP. Certains IUP créés *ex nihilo* ont eu des moyens importants pour se mettre en place. D'autres IUP sont en fait des MST ou des Miage dont on a changé le nom. L'enseignement délivré dans ces IUP est de qualité, et de plus les normes théoriques d'enseignement fondamentales ne sont pas du tout respectées. Les MST, les ex-Miage continuent à délivrer en licence et en maîtrise près de 900 heures d'enseignement annuel contre 1 000 heures permises au total pour la licence plus la maîtrise. Les nouveaux IUP

dotés de moyens se rapprochent de ces normes. Dans ces IUP, les effectifs sont souvent très nettement inférieurs à ceux initialement "imposés" - 100 élèves par promotion - ceci permet un bon encadrement des élèves.

Par contre, des IUP ont été dotés lors de leur création de moyens très faibles. Ils doivent fonctionner suivant les normes "théoriques" des IUP. L'enseignement qu'ils délivrent n'est pas des plus performants. Ce sont eux les "vrais IUP".

Les "faux" IUP, ceux qui ont les moyens de faire un enseignement de qualité, vont tout faire pour pouvoir délivrer un vrai diplôme d'ingénieur, ce qui implique que, comme le firent par le passé de nombreuses MST, elles se transforment en école d'ingénieurs. Leur scolarité passera alors de 4 ans à 5 ans. Elles devront passer par les "fourches caudines" de la Commission du Titre d'ingénieur. Or, Claude Allègre a tenu que la CTI n'intervienne en aucune manière dans l'habilitation des IUP.

Les "vrais" IUP, ceux qui n'ont pas les moyens de faire plus et mieux que ce qu'en théorie les IUP devaient faire, vont se trouver marginalisés. Leurs élèves n'arriveront le plus souvent qu'à se faire embaucher que comme technicien supérieur. Le résultat global aura été d'allonger de 2 ans la formation de ces personnels qui sont habituellement issus d'un IUT ou d'une section de technicien supérieur.

### Conclusion

L'intérêt des IUP aurait pu être double :

- augmenter le nombre d'étudiants recevant une formation professionnelle,
- développer la sélection à l'université.

Mais ils ont été conçus, dans un climat malsain de lutte contre les écoles d'ingénieurs, sur des données contestables :

- Le besoin en cadres scientifiques a été surestimé.

- Le système, prôné par le ministère de l'Éducation nationale (bac + 2, bac + 4, bac + 6, bac + 8 (thèses)) n'est pas forcément celui qui s'imposera en Europe. Certes, il se rapproche du système anglais et américain, mais les cursus allemands sont différents.

- Il n'est pas du tout évident que la formation bac + 4 telle que celle que devaient délivrer les IUP corresponde à un besoin de l'industrie. Le maintien à 5 ans des écoles d'ingénieurs "classiques" est un coup dur pour les IUP. Il n'y a, me semble-t-il, que peu de place pour des cadres dont le niveau soit intermédiaire entre celui des IUT et des écoles d'ingénieurs à 5 ans. La nature des diplômes des IUP est vraiment différente de celle délivrée par des écoles d'ingénieurs, même si les appellations sont similaires [14].

La création des IUP a été mal ressentie par les IUT. Elle ne favorisera pas, bien au contraire, la promotion des techniciens supérieurs, car elle a freiné le développement des filières Decomps (NFI) d'ingénieurs. Or ces filières étaient appelées à permettre le passage au niveau ingénieur d'un nombre important de techniciens supérieurs grâce à la formation continue.

Si l'économie ne redémarre pas vite, les premiers diplômés des IUP auront la malchance d'arriver sur le marché du travail à un moment des plus défavorables pour le lancement du produit "IUP". La rareté des emplois offerts, l'augmentation peut-être un peu inconsidérée du nombre de "vrais" ingénieurs formés par an peuvent conduire certaines sociétés à n'offrir aux "ingénieurs maîtres" que des emplois de techniciens supérieurs. Ceci aura pour corollaire de déclasser les diplômés des IUT qui seront embauchés à la place des bacheliers professionnels, et ainsi de suite. Je ne pense pas que c'était ce qui était cherché.

La création des IUP n'a en rien résolu le problème de la professionnalisation ni de la sélection dans les universités. Les exigences économiques, les lois de l'offre et de la demande vont faire vite dévier les IUP de la trajectoire qui avait été initialement programmée pour eux. On ne gagne rien en créant quelques choses contre un système qui existe et qui, malgré ses défauts, a fait ses preuves. Quant on met en place une structure nouvelle dont la vocation est de permettre à ceux qui la suivront d'être appréciés du secteur économique, on ne lésine pas sur les moyens. Les IUT ont été une réussite, certes car ils correspondaient à un besoin, mais aussi car ils purent, dès le départ, délivrer un enseignement de qualité.

Il va falloir trouver une solution pour mieux former une masse importante d'étudiants. Cela ne pourra pas se faire sans moyens. Il faudra redonner une priorité aux critères de qualité abandonnés au profit de ceux de quantité

Cet article a été rédigé en janvier 1993. Le diplôme de recherche technologique a été créé par un arrêté du 9 mars (JO du 17 mars 1993). Les élections législatives de mars 1993 annoncent un changement de politique. Le 15 avril, M. François Fillon, nouveau ministre de l'Enseignement supérieur et de la Recherche déclarait devant la Conférence des Présidents d'universités : "Je m'interroge, et je vous interroge, sur un certain désordre dont m'entretiennent des responsables professionnels concernant l'usage peut-être trop laxiste du terme "ingénieur" pour des formations d'une durée particulière ou dans les disciplines tertiaires, ou sur le diplôme de recherche technologique".

L'A.C.

## RÉFÉRENCES

- [1] a) D. Bloch, Université 2000. La formation des ingénieurs maîtres. Rapport du groupe de réflexion sur les formations universitaires au métier d'ingénieur, ministère de l'Éducation nationale, mars 1991.
- [1] b) Les IUP premier bilan, Id Conseil National des Ingénieurs et Scientifiques de France, *La gazette du CEFI*, nouvelle série, septembre-octobre 1992, n° 1.
- [2] a) D. Bloch, Quelques propositions pour l'enseignement supérieur, *Éducation - économie*, décembre 1988, 4,22.
- [2] b) Haut comité éducation économie - rapport n° 3, octobre 1988.
- [2] c) Gérard Cortois, La guerre des ingénieurs. Le maillon manquant des "technologues". *Le Monde*, Campus, 5 janvier 1991, 11.
- [3] CNGE, Étude prospective sur les emplois d'ingénieurs, novembre 1988.
- [4] Muriel Frat, Université : "la diversité sans la rigidité". Après la communication sur la rénovation des universités au conseil des ministres mercredi, Claude Allègre, conseiller spécial de Lionel Jospin, en charge des questions d'enseignement supérieur, nous livre son point de vue, *Le Figaro*, rubrique Notre vie, samedi 29-dimanche 30 juin 1991.
- [5] G. Courtois, Rénovation des premiers cycles et remodelage des licences et maîtrises. Le ministère de l'Éducation nationale veut réorganiser les études universitaires dès la rentrée 1992, *Le Monde*, mardi 14 janvier 1992, 13.
- [6] a) Rénover les enseignements supérieurs pour les adapter au monde du XXI<sup>e</sup> siècle. Texte présenté par M. Jospin au conseil des ministres du 26 juin 1991.
- [6] b) Lionel Jospin, Une ambition pour l'université, *Le Monde*, rubrique Éducation Campus, jeudi 27 juin 1991, 15.
- [7] a) Claude Allègre, *Pour la science*, avril 1991, 162, 7.
- [7] b) *Le débat*, mars 1991, 5.
- [8] a) Isabelle Mandraud, La 2<sup>e</sup> année des classes préparatoires serait supprimée. Lionel Jospin s'attaque aux écoles d'ingénieurs, *L'Usine Nouvelle*, 27 juin 1991, n° 2322.
- [8] b) Muriel Frat, Réforme Jospin au conseil des ministres d'hier. Universités : les premiers cycles revus et corrigés. La fin des math. spé, "Université : la résistance et l'ouverture", entretien avec Claude Allègre, *Le Figaro*, rubrique Éducation, jeudi 27 juin 1991, 11.
- [9] a) J.F. Lardy-Gaillot, Un projet ministériel contesté dans la région : réduction des classes préparatoires, les professeurs lèvent leurs boucliers, *La Voix du Nord*, 22 septembre 1991.
- [9] b) Jacques Malherbe, Face au projet de réduction des classes préparatoires les grandes écoles haussent le ton. Elles demandent au gouvernement un débat public sur le sujet, *Le Figaro*, rubrique Éducation, jeudi 10 octobre 1991.
- [9] c) La guerre des prépas". Les effectifs des classes préparatoires ne cessent d'augmenter. Mais une grave menace pèse sur l'avenir de cette voie royale d'accès aux grandes écoles, *Le Figaro*, 22 octobre 1991, 11.
- [9] d) Gérard Courtois, Branle-bas de combat dans les "prépas". Soupçonné de vouloir réduire la durée de formation des ingénieurs, M. Jospin a déclenché la fronde des directeurs de grandes écoles et des enseignants, *Le Monde*, rubrique Éducation Campus, jeudi 24 octobre 1991, 15.
- [9] e) Jacques Malherbe, Muriel Frat, "Prépas" la réplique du RPR, Arnel Pecheul, secrétaire national chargé de l'enseignement au sein du mouvement gaulliste, répond à Claude Allègre, conseiller spécial de Lionel Jospin, *Le Figaro*, rubrique Éducation, mercredi 6 novembre 1991, 8.
- [9] f) Marie-Laure de Léotard, Pourquoi Jospin veut "casser" les prépas. Le ministre rêve d'en finir avec le monopole des grandes écoles, mais il y a résistance, *L'Express*, rubrique Éducation, 7 novembre 1991, 62.
- [10] Gérard Courtois, Devant le congrès des grandes écoles M. Jospin souhaite créer deux filières de formation d'ingénieurs, *Le Monde*, rubrique Éducation, 26 octobre 1992.
- [11] Création du titre d'ingénieur maître, décret n° 92-84 du 23 janvier 1992.
- [12] Organisation dans les instituts universitaires professionnalisés des études conduisant à la délivrance du titre d'ingénieur maître, décret n° 92-85 du 23 janvier 1992.
- [13] Académie des Sciences, Comité des Applications de l'Académie des Sciences, rapport commun n° 1, La formation des ingénieurs, mars 1992.
- [14] IUP. Encore des difficultés : créé il y a un an pour accueillir des étudiants au niveau bac + 1 afin de leur donner une formation professionnalisée alternée, de 3 ans, les IUP connaissent aujourd'hui des difficultés malgré un démarrage prometteur. Relation écoles-professions, n°49, janvier-février 1993, p. 10

## L'IUP de chimie-biologie de Nantes

Il a été créé, en septembre 1992, à partir de deux maîtrises des sciences et techniques (MST) de chimie et d'une MSA de biologie végétale :

- MST "physico-chimie des biotransformations" (10 ans d'expérience),
- MST "chimie fine organique" (3 ans),
- MSA "biologie végétale appliquée à l'agro-alimentaire" (10 ans).

Il fonctionne de façon suivante :

1<sup>re</sup> année : tronc commun à tous les étudiants.

2<sup>e</sup> année : tronc commun : 60 % et division en trois options correspondant aux trois anciennes formations : 40 %.

3<sup>e</sup> année : tronc commun : 35 % et suite des 3 options.

La création de l'IUP a été l'occasion de mettre certains cours en commun, de regrouper les forces et de définir un profil de formation "chimie-biologie" permettant aux futurs diplômés de rechercher un emploi dans un domaine plus vaste : chimie, biologie, pharmacie, santé agro-alimentaire, agrochimie, cosmétologie ..., en recherche aussi bien qu'en contrôle de production ou suivi de la qualité.

L'expérience acquise au cours des années précédentes a permis déjà de créer des liens avec le tissu industriel (agro-alimentaire, chimie...). Des collègues des grands organismes de recherche (INRA, IFREMER, INSERM) et des écoles (ENITIAA, ENV (vétérinaires) apportent leur concours précieux. Une coopération est également organisée avec l'IUT "génie chimique" de Saint-Nazaire pour la partie "Génie des procédés" (hall de l'atelier de TP de l'IUT).

Déjà, les étudiants avaient tous des stages obligatoires dans leurs cursus, et des professionnels participaient aux enseignements.

Enfin, le contexte universitaire s'appuie sur un solide environnement de recherche : laboratoires associés au CNRS, reconnus par la DRED, ... ainsi sur trois DEA regroupés au sein d'une école doctorale de chimie-biologie. Les collectivités locales apportent leur appui : le schéma "Université 2000" prévoit la construction d'un bâtiment de 4000 m<sup>2</sup> en 1994-1995. Les relations sont, par ailleurs, excellentes avec les représentants de la Chambre régionale des industries chimiques.

A l'ouverture de l'IUP (septembre 1992), 72 étudiants ont été sélectionnés pour la 1<sup>re</sup> année. Un recrutement complémentaire est prévu en octobre 1993 pour l'entrée en 2<sup>e</sup> année. A terme, le flux de sortie sera donc comparable à celui qui provenait déjà des trois anciennes formations, soit environ 70 diplômés (option chimie) et 35 (option biologie).

La qualité et le niveau des enseignements ont été conservés. Le programme de 1<sup>re</sup> année est conçu comme un DEUG renforcé de 650 h ; 2<sup>e</sup> année : 680 h ;

3<sup>e</sup> année : 610 h. Le stage de 6 mois est effectué en fin de 3<sup>e</sup> année.

L'IUP a pris le statut d'un département au sein de la faculté des sciences et des techniques de l'université de Nantes). L'équipe enseignante est dynamique et motivée, et l'université a nettement soutenu le projet. Les étudiants sont "heureux" de vivre cette expérience. Ils travaillent bien.

Pour ces 72 étudiants de 1<sup>re</sup> année, une subvention de 625 000 F vient d'être allouée par le ministère. On pouvait, bien sûr, espérer plus ; mais ces crédits supplémentaires permettent quand même de notables innovations pédagogiques. Dans son estimation du coût de fonctionnement, le ministère a prévu environ 2 fois plus par étudiant d'IUP (1<sup>re</sup> année) que pour un étudiants de DEUG.

En aucune façon, il n'a été question d'esprit de lutte avec les écoles d'ingénieurs. Simplement, la création d'un IUP a été l'occasion de formuler de façon plus lisible notre enseignement, et de concrétiser l'expérience acquise depuis 10 ans au sein de trois formations déjà professionnalisées. Notre "tableau de marche" nous autorise un certain optimisme, et le travail à accomplir nous motive. Nous essaierons de donner à nos jeunes les meilleurs atouts possibles. Ils seront prêts à jouer leur chance dans trois ans, c'est-à-dire à la porte de l'an 2000.

Robert Chiron \*  
(Directeur de l'IUP de chimie-biologie de Nantes)

*Campus de la faculté des sciences et des techniques de Nantes.*



\* Faculté des sciences et des techniques de Nantes, IUP chimie-biologie, 2, rue de la Houssinière, 44072 Nantes Cedex 03. Tél. : 40.37.30.35 (télécopie : 40.74.50.00).

# Étude d'un support d'enregistrement holographique photopolymérisable

Travaux pratiques à l'ENSC de Mulhouse pour les élèves des classes préparatoires

**Yves Defosse\*** *stagiaire doctoral*, **Christiane Carré\*** *chargée de recherche CNRS*,  
**Daniel-Joseph Lougnot\*** *directeur de recherche CNRS*

Depuis quatre ans, le Laboratoire de photochimie générale de Mulhouse accueille dans ses locaux des élèves des classes préparatoires du lycée A. Schweitzer. Il s'agit de leur faire découvrir le monde de la recherche tout en essayant d'illustrer leur cours de chimie [1, 2]. L'un des thèmes abordés consiste à étudier et utiliser un des systèmes photopolymérisables développé en tant que support d'enregistrement holographique par le laboratoire de Mulhouse. Il est à la base de plusieurs applications réalisées en collaboration avec des partenaires universitaires ou industriels [3].

La manipulation permet de mettre en évidence le rôle des différents constituants de la composition photosensible. C'est l'occasion pour les élèves d'effectuer eux-mêmes un enregistrement holographique et une expérience d'interférométrie.

## OBJECTIF PÉDAGOGIQUE

Au cours de ces travaux pratiques, les élèves découvrent et utilisent le matériel de recherche du laboratoire. Chaque groupe de quatre étudiants est en tête à tête avec un chercheur pendant 2 h 30. Le dialogue s'établit facilement et des questions très diverses sont posées au sujet du système réactionnel considéré, des écoles d'ingénieurs ou du fonctionnement de la recherche universitaire. Toutes les questions sont les bienvenues : c'est l'occasion de leur donner une image de la chimie qui soit concrète et attirante.

Afin de ne pas apporter de surcharge de travail aux élèves, les expériences choisies doivent illustrer des notions précises du cours de chimie organique ou générale. Le TP d'holographie propose d'étudier le système amorceur de la réaction de polymérisation. Les étudiants enregistrent les spectres UV-visible des échantillons avant et après irradiation. Ils utilisent la loi de Beer-Lambert et peuvent en déduire la courbe de disparition du colorant. L'étude qualitative des variations de viscosité du milieu permet d'évoquer les notions de monomère et de polymère. Au cours des expériences d'enregistrement hologra-

phique, les élèves utilisent du papier photographique. Ceci ouvre la discussion au sujet des différents supports photosensibles qui diffèrent entre eux par leur mode de mémorisation des informations incidentes. C'est l'occasion de mettre en évidence l'intérêt du système photopolymérisable en holographie comparé aux émulsions argentiques qui nécessitent un développement après exposition.

En fin de TP, les étudiants suivent en temps réel la dissolution du chlorure de sodium en milieu aqueux par interférométrie holographique. Ils utilisent ainsi une technique d'analyse basée sur l'optique pour visualiser un gradient de concentration et appréhender les phénomènes de transport mis en jeu au sein d'une solution. De telles expériences permettent d'établir des liens entre la chimie et l'optique qui ne sont pas deux mondes complètement séparés, mais qui peuvent étroitement collaborer.

## PRINCIPE DE L'EXPÉRIENCE

Le milieu réactionnel se compose d'un monomère qui est un acrylate trifonctionnel, d'un colorant et d'un co-amorceur donneur d'atome d'hydrogène. Sous l'action de la lumière, le système polymérise. Le colorant passe dans un état excité par absorption des photons incidents. Il peut ensuite réagir avec le co-amorceur pour donner naissance à des radicaux libres capables d'amorcer la réaction en chaîne.

Lorsque l'échantillon photopolymérisable est placé dans le champ d'interférences de deux ondes lumineuses cohérentes, il est soumis à des variations d'intensités mises en jeu à l'échelle du micron et qui contiennent les informations d'amplitude et de phase caractérisant chacun des deux faisceaux incidents [4]. Dans les régions correspondant aux franges d'intensité maximale, il y a réaction chimique : les photons induisent localement la polymérisation du support. L'apparition des chaînes polymères se traduit par une variation d'indice de réfraction dans ces zones car monomère et polymère ne sont pas caracté-

risés par le même indice. Par contre, dans les franges de faible intensité, il n'y a pas réaction. Les informations sont mémorisées sous forme d'une modulation d'indice de réfraction [3].

Le montage expérimental est décrit (figure 1). Après élargissement, le faisceau laser passe au travers d'un cube séparateur pour donner naissance à deux ondes spatialement et temporellement cohérentes. Le faisceau objet traverse une cuve transparente remplie d'eau et vient interférer avec le faisceau de référence au niveau du support photosensible.

L'hologramme de la cuve est enregistré : pendant l'exposition, le colorant disparaît et le système réactionnel polymérise.

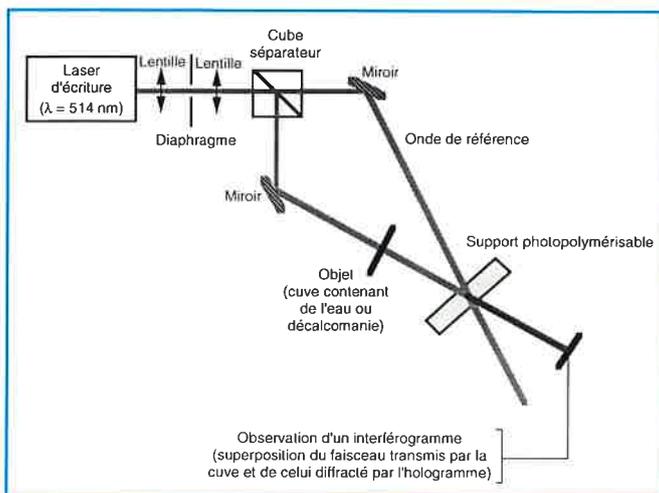


Figure 1 - Montage expérimental utilisé pour enregistrer un hologramme ou pour effectuer une expérience d'interférométrie (c'est la superposition de l'onde diffractée par l'hologramme et de celle transmise par la cuve contenant de l'eau qui est observée sur l'écran).

Lorsqu'il est ensuite rééclairé par le faisceau de référence, il y a diffraction et on retrouve intégralement l'onde lumineuse issue de la cuve au moment de l'enregistrement (figure 2).

En interférométrie, l'hologramme est simultanément réilluminé par les deux faisceaux. Il s'agit d'observer la superposition de l'onde de référence diffractée et de l'onde objet transmise dans la même direction. Les deux ondes étant en phase en tout point, une teinte uniforme est observée sur l'écran placé sur le trajet des faisceaux.

Lorsque du chlorure de sodium est introduit au fond de la cuve, il se dissout et un gradient de concentration s'établit. La concentration en sel, qui est nulle à la surface, est une fonction

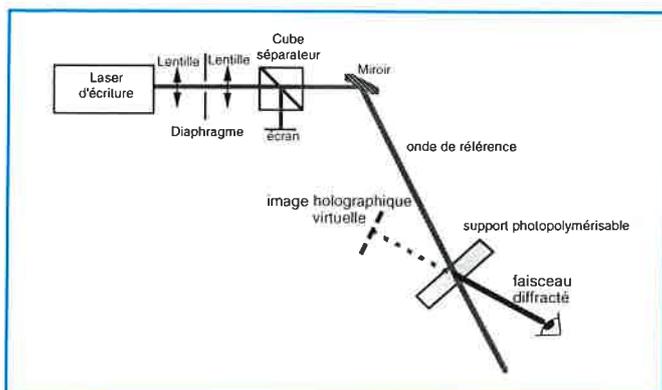


Figure 2 - Restitution d'une image holographique.

croissante de l'abscisse du point considéré. Optiquement, ceci correspond à une variation locale d'indice de réfraction et se traduit par une modification de phase pour l'onde objet. Une succession de franges sombres et brillantes apparaît sur l'écran. Elles sont dues à l'interférence de l'onde de référence diffractée qui représente la cuve à l'instant initial, et de l'onde objet dont la phase dépend localement de la concentration en sel. Plus ces franges sont serrées, plus important est le gradient de concentration. Son évolution peut être suivie à partir de l'analyse en fonction du temps de ces franges [3, 4].

## PARTIE EXPÉRIMENTALE

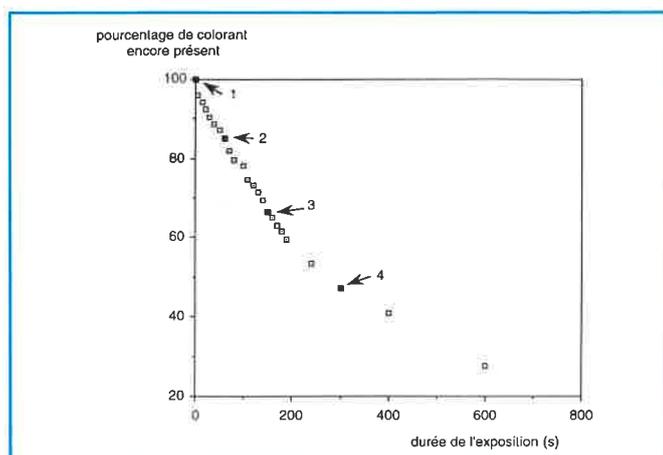
### 1. Etude du système photopolymérisable

Deux expériences sont proposées. La première met en évidence le changement de viscosité du milieu réactionnel dû à la polymérisation et la seconde permet de déterminer le taux de disparition du colorant en fonction de l'énergie lumineuse reçue par l'échantillon.

Les étudiants peuvent observer qualitativement la polymérisation par étude du changement de viscosité du matériau qui est produit par irradiation. Au départ, le milieu réactionnel est un liquide de haute viscosité. Les élèves préparent eux-mêmes les échantillons obtenus par déposition d'une goutte du mélange photosensible entre deux lames porte-objet de microscope, séparées par une cale en aluminium de 30 µm. Les échantillons sont ensuite illuminés à 514 nm, longueur d'onde émise par le laser à argon. L'intensité incidente est de 0,5 mW/cm<sup>2</sup>. Après chaque exposition, les plaques de verre sont écartées l'une de l'autre afin d'observer l'état du film polymérique. Au bout de 30 secondes, le milieu se présente sous la forme d'un film mou uniforme, difficilement détachable du verre, alors qu'après 60 secondes, il est parfaitement rigide et n'adhère plus au support. C'est l'occasion pour les étudiants d'utiliser un spectrophotomètre UV-visible (Beckman DU7) pour caractériser le colorant, et d'appliquer la loi de Beer Lambert. Les spectres d'absorption sont enregistrés avant et après irradiation de chaque échantillon afin de tracer la courbe de la concentration en colorant encore présent en fonction de l'énergie lumineuse reçue (figure 3).

### 2. Application : enregistrement d'une image holographique

Les élèves enregistrent eux-mêmes un hologramme avec le support photopolymérisable. L'objet est une décalcomanie collée sur une plaque de verre dépolie. La lumière qu'elle transmet interfère avec l'onde de référence (figure 1). Immédiatement après enregistrement, les étudiants observent l'image holographique restituée par le système polymérique éclairé par le faisceau de référence. Cette expérience permet de mettre en évidence le caractère autodéveloppant du matériau (il ne nécessite aucune phase de développement, contrairement aux émulsions argentiques).



**Figure 3** - Courbe du pourcentage en colorant encore présent dans l'échantillon en fonction de la durée de l'exposition (la longueur d'onde d'irradiation est de 514 nm et l'intensité incidente de 0,5 mW/cm<sup>2</sup>) :

1. avant exposition, 2. après 1 min d'exposition, 3. après 2 min 30 s d'exposition, 4. après 5 min d'exposition.

### 3. Étude de la dissolution du chlorure de sodium en milieu aqueux

Après avoir enregistré l'hologramme de la cuve contenant l'eau et introduit le chlorure de sodium, les étudiants suivent en temps réel par observation de l'interférogramme les variations de concentration dans le milieu. Elles sont dues aux processus de diffusion des espèces ioniques ou à l'intervention humaine. C'est le moment de leur montrer que l'obtention d'une solution homogène n'est pas un processus immédiat. Deux interférogrammes (avant et après agitation dans la cuve) sont mémorisés.

Le déphasage entre le faisceau objet et l'onde de référence diffractée est donné par :

$$\Delta \phi = 2 \pi \frac{\Delta d}{\lambda}$$

l : longueur d'onde à laquelle l'hologramme est enregistré et utilisé,

$\Delta d$  : différence de chemin optique parcouru respectivement par le faisceau objet et l'onde diffractée.

entre deux franges sombres successives qui correspondent aux

points où les deux ondes sont en opposition de phase, le déphasage est égal à  $2\pi$ . La variation de chemin optique est due au chlorure de sodium qui modifie l'indice de réfraction dans la cuve :

$$L [n(p+1) - n(p)] = \lambda$$

L : largeur de la cuve,

$n(p)$ ,  $n(p+1)$  : indices de réfraction pour les p et p+1<sup>e</sup> franges.

La concentration en chlorure de sodium, qui est en première approximation proportionnelle à l'indice de réfraction, est déterminée en tout point de la solution en repérant la position des franges sombres sur l'écran.

### Conclusion

Notre ambition est d'aborder avec les élèves de mathématiques spéciales un problème concret en suivant une démarche proche de celle qu'adopterait un ingénieur. Nous souhaitons, également, montrer à de futurs cadres que le travail du chercheur universitaire peut s'insérer dans une perspective industrielle.

Enfin, l'étude spatio-temporelle des phénomènes de diffusion intervenant dans la dissolution d'une substance cristalline par la technique d'interférométrie holographique se trouve être d'actualité : la dernière mission spatiale MIR a embarqué une expérience dans laquelle des phénomènes de croissance cristalline sont suivis par interférométrie.

### RÉFÉRENCES

- [1] C. Carré, R. Tupinon, D.J. Lougnot, *BUP*, **1992**, 86 (745), 885.
- [2] C. Carré, R. Tupinon, D.J. Lougnot, *L'Actualité Chimique*, **1991**, 2, 145.
- [3] C. Carré, D.J. Lougnot, P. Leclere, Y. Renotte, Y. Lion, *J. Optics*, **1992**, 23 (2), 73.
- C. Carré, D.J. Lougnot, *J. Physique III*, sous presse, **1993**.
- [4] P. Hariharan, *Optical Holography*, Cambridge University Press, Cambridge, **1984**.
- J.C. Viéno, P. Smigielski, H. Royer, *Holographie optique-développements, applications*, Dunod Ed., Paris, **1971**.
- C. Durou, J. Mahenc, *C.R. Acad. Sc. Paris*, **1971**, 272 C, 2035.

## EN BREF

### INGÉNIEURS CHIMISTES PAR LA VOIE DE LA FORMATION CONTINUE

Les Écoles Nationales Supérieures de Chimie de Clermont-Ferrand (ENSCCF), Lille (ENSCL), Montpellier (ENSCM), Mulhouse (ENSCMu), Rennes (ENSCR) et l'École Nationale Supérieure de Chimie et de Physique de Bordeaux (ENSCPB) se sont associées dans un service commun de formation continue. Sa vocation est de préparer les candidats à une entrée directe en 2<sup>e</sup> année de formation initiale, indifféremment dans l'un des six établissements cités. Le diplôme obtenu par cette voie est identique à celui sanctionnant la formation initiale.

Les candidats doivent remplir deux conditions :

- être titulaires d'un DUT, d'un BTS ou d'un diplôme sanctionnant une formation technologique jugée équivalente,
- justifier d'une activité salariée minimale de 30 mois, au 1<sup>er</sup> septembre de l'année d'inscription, dans les fonctions de technicien supérieur.

La formation est répartie sur trois années. Durant la première, les candidats conservent leur activité professionnelle et suivent un enseignement par correspondance. Ensuite, les candidats deviennent, pendant 2 ans, élèves de l'école pour laquelle ils auront opté. Au cours de leur scolarisation, les candidats (salariés ou demandeurs d'emploi) peuvent bénéficier des rémuné-

rations prévues pour les stagiaires de la formation professionnelle.

L'administration du service commun de formation continue est exclusivement assurée par l'ENSCMu qui envoie, sur simple demande, un dossier d'inscription à toute personne intéressée. La date limite de retour du dossier complet est fixée au 31 juillet 1993.

Renseignements : ENSCMu, Formation continue, 3, rue Alfred Werner, 68093 Mulhouse Cedex. Tél. : 89.42.70.20 (télécopie : 89.59.98.59).

#### CATALOGUE INVENTAIRE DES APPLICATIONS PÉDAGOGIQUES DE L'ORDINATEUR EN CHIMIE

Comme tous les deux ans, le Centre Documentaire Informatique Enseignement Chimie (CDIEC) actualise son catalogue inventaire des Applications pédagogiques de l'ordinateur en chimie. Pour cette édition 94, un appel à tous les concepteurs de logiciels, utilisables en autoformation et dans l'enseignement de la chimie, de la biochimie, est lancé pour réunir une documentation aussi complète que possible.

La disponibilité du catalogue sera annoncée dans la lettre d'informations du CDIEC et dans la presse spécialisée. L'insertion de la description de votre application est gratuite, vous restez maîtres et responsables de la diffusion de vos produits, vous pouvez utiliser la lettre d'information du CDIEC comme support de promotion de votre application.

Renseignements : Centre Documentaire Informatique, Enseignement chimie, CDIEC, Université de Nice Sophia-Antipolis, 06108 Nice Cedex 2. Tél. : 93.52.99.64 (télécopie : 93.51.79.25).

#### UN RÉSEAU DES CHERCHEURS FRANÇAIS EN GRANDE-BRETAGNE

Pour renforcer le rôle des jeunes scientifiques dans la coopération internationale, le service scientifique de l'ambassade de France à Londres a mis en place, en novembre 1992, un réseau des chercheurs français de Grande-Bretagne.

Dans la foulée, un bulletin a vu le jour qui fourmille d'informations pratiques à l'usage des jeunes chercheurs.

Renseignements : Valérie Fleurette, Service Science et Technologie de l'ambassade de France à Londres : 6 Cromwell Place, London SW7 2JN, Grande-Bretagne. Tél. : +44 (71)581-0711 (télécopie : +44 (71) 584-7991).

#### J.M. LEHN À LA PRÉSIDENTENCE DE L'IOCD

Jean-Marie Lehn, prix Nobel de chimie en 1987, professeur au Collège de France et à l'Université Louis Pasteur de Strasbourg, a été élu président de l'International Organization of Chemical Sciences in Development (IOCD) pour deux ans. Il succède à Glenn T. Seaborg, prix Nobel de chimie en 1951 et directeur associé du Lawrence Berkeley Laboratory. Seaborg était président du l'IOCD depuis sa fondation à Paris en 1982, il est nommé président d'honneur.



## ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE DE CHIMIE DE LILLE

Une école formatrice d'ingénieurs pour la chimie

- Une école formatrice d'ingénieurs pour la chimie, la parachimie et la métallurgie débouchant sur des carrières attractives, variées, bien rémunérées.
- Une école délivrant un enseignement permettant aux élèves de prendre en compte tous les aspects d'une unité industrielle, procédés, choix des matériaux, process, sans négliger les contraintes économiques et humaines. Les points forts en sont la chimie industrielle (catalyse, polymères, formulation, électrochimie), le génie chimique, les matériaux-métallurgie, et les stages industriels.
- Une école ouverte sur l'étranger
  - . enseignement intensif d'anglais et d'allemand, optionnel de japonais,
  - . possibilité (40 % de la promotion devant obtenir son diplôme en 1993) de passer la totalité de la 3e année dans une université de langue anglaise (préparation d'un Master of Science), de langue allemande ou néerlandaise,
  - . accueil de nombreux étudiants étrangers venant des universités "partenaires".
- Une école possédant des laboratoires de recherche de haut niveau, liés à l'industrie où les élèves peuvent s'initier à la recherche (DEA en 3e année) ou compléter leur formation par la recherche (thèses) dans les principaux domaines de la chimie, de la métallurgie et du drug design (Master).
- Une école bien implantée dans sa région.
- Une école offrant un cycle préparatoire intégré (avec possibilité d'internat) dès septembre 1993.

École Nationale Supérieure de Chimie de Lille  
BP 108, 59652 Villeneuve d'Ascq Cedex  
Tél. : 20.43.41.24. Télécopie : 20.47.05.99.

# LA FÉDÉRATION GAY-LUSSAC REGROUPE LES GRANDES ÉCOLES DE CHIMIE ET DE GÉNIE CHIMIQUE

- 13 écoles nationales (ENSI & INSA)
- 5 écoles privées

Les trois années d'études effectuées dans ces écoles conduisent au diplôme d'ingénieur chimiste ou de génie chimique.

Grâce à la **qualité du personnel enseignant** dont la plupart dirige, en même temps, un ou plusieurs laboratoires de recherche, ce diplôme, **de haut niveau**, permet au sein de nos entreprises chimiques et parachimiques d'accéder aux fonctions de **direction générale** au même titre que les autres diplômés des grandes écoles françaises.

Les écoles conduisent aussi :

- au **DEA** qui peut être préparé au cours de la troisième année,
- au **master**,
- au **doctorat**.

Leur nombre, le niveau de leurs promotions, leurs plans de développement, permettent :

- de **satisfaire** les **besoins croissants** de l'industrie,
- de maintenir une **dimension humaine** dans chaque école où élèves et professeurs se connaissent individuellement,
- d'adapter en permanence la **qualité de la formation et l'adéquation** avec les besoins industriels.

Localisées sur des sites universitaires offrant une **concentration d'activités complémentaires d'enseignement et de recherche**, elles bénéficient, tout en gardant leurs **autonomies**, de la **synergie** créée par cette situation.

Elles sont regroupées au sein de la *Fédération Gay-Lussac* qui comprend, en plus des 18 écoles de chimie et de génie chimique, des représentants :

- de l'Union des Industries Chimiques,
- de la Société de Chimie Industrielle,
- de la Société Française de Chimie,
- du Centre d'Études Supérieures de Génie et Ingénierie Chimique,
- de l'Union des Associations des Anciens Élèves des Écoles Supérieures de Chimie.

Dans ce contexte, elles ont mis en place un **plan d'action** qui, tout en améliorant les moyens humains et matériels, vise à :

- promouvoir l'image de la chimie au niveau de l'enseignement secondaire,
- moderniser l'équipement scientifique destiné aux travaux pratiques et à la recherche,
- répondre mieux encore aux **besoins des industriels**,
- et enfin, accroître leur renommée nationale et leur **dimension internationale** par l'échange de professeurs et d'élèves.

**Centres de recherches et de transfert de technologie** (fonctionnant en réseaux pour certaines d'entre elles), elles permettent aux étudiants, tout au long de leurs études, d'avoir des **contacts étroits avec l'industrie** qui se traduisent, en particulier, par l'intégration dans la scolarité :

- de **stages**,
- d'**études en alternance**,
- d'enseignements effectués par des professionnels en activité,
- par la présence de **responsables industriels** dans les conseils d'administration ou de perfectionnement des écoles.

La chimie est partout dans notre société, dans la vie courante : **santé, bien-être**, énergies, spatial, protection de l'environnement...

Les entreprises concernées ont **besoin de plus en plus** d'ingénieurs en **production**, en **contrôle**, en **marketing**, de docteurs dans les domaines de la **recherche** et du **développement**... pour pourvoir des postes à haute responsabilité.

Nos grandes écoles de chimie et de génie chimique **répondent à ce besoin** tant sur le plan **qualitatif** que **quantitatif**.

# FÉDÉRATION GAY-LUSSAC

## Liste des 18 écoles

- **ENSCP** : École Nationale Supérieure de Chimie et de Physique de **Bordeaux**  
Tél. : (16) 56 84 66 93
- **ENSCCF** : École Nationale Supérieure de Chimie de **Clermont-Ferrand**  
Tél. : (16) 73 40 71 45
- **ENSCL** : École Nationale Supérieure de Chimie de **Lille**  
Tél. : (16) 20 91 00 95
- **ESCIL** : École Supérieure de Chimie Industrielle de **Lyon**  
Tél. : (16) 72 44 84 76
- **ICPI** : Institut de Chimie et de Physique Industrielle de **Lyon**  
Tél. : (16) 72 32 50 57
- **ITECH** : Institut Textile et Chimique de **Lyon**  
Tél. : (16) 78 72 98 31
- **ENSSPICAM** : École Nationale Supérieure de Synthèses, de Procédés et d'Ingénierie Chimique d'**Aix-Marseille**  
Tél. : (16) 91 28 86 00
- **ENSCM** : École Nationale Supérieure de Chimie de **Montpellier**  
Tél. : (16) 67 14 43 00
- **ENSCMu** : École Nationale Supérieure de Chimie de **Mulhouse**  
Tél. : (16) 89 42 70 20
- **ENSIC** : École Nationale Supérieure des Industries Chimiques de **Nancy**  
Tél. : (16) 83 35 21 21
- **ENSCP** : École Nationale Supérieure de Chimie de **Paris**  
Tél. : 43 26 99 58
- **ESCOM** : École Nationale Supérieure de Chimie Organique et Minérale de **Paris**  
Tél. : 45 48 87 43
- **ESPCI** : École Supérieure de Physique et Chimie Industrielles de la Ville de **Paris**  
Tél. : 45 35 43 01
- **ENSCR** : École Nationale Supérieure de Chimie de **Rennes**  
Tél. : (16) 99 36 29 95
- **INSA CFI** : Institut National des Sciences Appliquées de **Rouen**  
Tél. : (16) 35 14 60 00
- **EHICS** : École Européenne des Hautes Études des Industries Chimiques de **Strasbourg**  
Tél. : (16) 88 41 68 00
- **ENSCT** : École Nationale Supérieure de Chimie de **Toulouse**  
Tél. : (16) 61 17 56 56
- **ENSIGC** : École Nationale Supérieure d'Ingénieurs de Génie Chimique de **Toulouse**  
Tél. : (16) 61 52 92 41

Fédération Gay-Lussac  
Maison de la Chimie, 28, rue Saint-Dominique, 75007 Paris  
Tél. : 44.18.03.70 - Télécopie : 44.18.03.82

## **DO YOU NEED TO PUBLISH...**

- \* Quantities of numerical data
  - \* Detailed descriptions of procedures
  - \* Computer program listings

### **...in a refereed primary research journal?**

**JOURNAL OF  
CHEMICAL  
RESEARCH**

Offers a convenient means of publishing such material quickly, in the easily accessible **Synopsis + Microform** format. *Without the need for Databanks or Supplementary Data schemes!*

## **DO YOU NEED TO PUBLISH RAPIDLY...**

- \* Full details of an isolated but important observation?
  - \* Full details of work supplementary to a published major project?

**JOURNAL OF  
CHEMICAL  
RESEARCH**

Offers an attractive means of publishing such material, within 3 months of acceptance, in its two-page Short Paper format.

**Pour toute information, contacter :**  
la Société Française de Chimie,  
co-éditeur du J.C.R.  
250, rue Saint-Jacques  
75005 Paris

  
SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE CHIMIE

## Les débuts de l'atomisme chimique

Myriam Scheidecker-Chevallier \* *maître de conférence*

A la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle et au début du XIX<sup>e</sup>, il va de soi que les phénomènes de la nature que les physiciens et chimistes observent et explorent dans leurs laboratoires vont permettre de mieux comprendre la constitution et l'organisation intime de la matière. Celle-ci obéit à quelques lois simples de la nature pouvant s'exprimer dans le langage mathématique. Il y a tout lieu de croire que les lois physiques établies à notre échelle de perception sont transférables à l'échelle des "particules ultimes" qui échappe à nos sens. Mais on se rend compte, de plus en plus, que les résultats qu'accumulent les chimistes dans les laboratoires soulèvent des questions nouvelles que le mécanisme triomphant des XVII<sup>e</sup> et XVIII<sup>e</sup> siècles n'est plus en mesure de résoudre. L'approche théorique purement calquée sur la physique ne convient plus et la chimie cherche tant bien que mal à s'en démarquer. Le domaine d'étude privilégié de la chimie est celui de la combinaison chimique, domaine particulièrement large puisqu'il englobe la théorie de la chaleur, l'efficacité des machines à vapeur, l'électricité galvanique, le magnétisme... C'est que la combinaison chimique qui s'établit entre les corps matériels doit également avoir lieu entre ces corps et les agents impondérables : le calorique, la lumière, l'électricité, le magnétisme... [1].

Pour cerner la structure intime de la matière, de nombreuses voies d'approche sont possibles, mais les deux questions fondamentales qui demeurent en suspens sont, d'une part, de se représenter "les particules ultimes" de matière participant à la constitution des corps et, d'autre part, de trouver une expression mathématique des forces auxquelles ces particules sont soumises, et qui produisent les changements tant physiques que chimiques qui sont observés.

### LES INTERPRÉTATIONS ATOMISTIQUES ET DYNAMISTES DES PHÉNOMÈNES

Les physiciens des XVII<sup>e</sup> et XVIII<sup>e</sup> siècles, fidèles en cela aux enseignements de Newton, s'efforcent de simplifier la structure des objets mécaniques pour les rendre susceptibles d'un traitement mathématique.

Les objets théoriques à traiter pour rendre compte des phénomènes liés à la structure intime de la matière peuvent bien être des molécules de gaz ou des corpuscules de lumière pourvus de certaines propriétés ou simplement des points centres de forces, selon que les hypothèses au départ sont plutôt "atomistiques" ou plutôt "dynamistes". Les physiciens qui se réclamaient de l'une ou l'autre tendance s'en réfèrent à toute façon à Newton.

### LE COURANT ATOMISTIQUE

En France, sous le premier Empire, la plupart des physiciens et des chimistes adoptent une vision newtonienne du monde, laquelle est confortée par la mécanique céleste de Laplace et la théorie chimique de Lavoisier. Cette vision du monde est alors professée à la Société d'Arcueil par Laplace et Berthollet [2]. Selon Laplace, la matière est formée de corpuscules pondérables qui exercent entre eux des forces d'attraction instantanées inversement proportionnelles au carré de la distance qui les sépare. Ces forces sont dans la droite ligne qui joint les corpuscules. Cette représentation implique que les lois de l'attraction universelle, qui règlent le cours des planètes, sont valables pour les constituants de la matière, les molécules pondérables. Si les corpuscules pondérables sont sources de forces d'attraction, il faut admettre l'existence d'un fluide calorifique impondérable formé de corpuscules qui se repoussent mutuellement et qui sont attirés par la matière pondérable. Ce fluide empêche la matière de s'effondrer sur elle-même.

La physique de Laplace admet aussi d'autres corpuscules : des grains de lumière pour rendre compte des phénomènes optiques ; des molécules électriques, positives et négatives, pour rendre compte des phénomènes électriques ; et des masses magnétiques, boréales et australes, pour rendre compte des phénomènes magnétiques.

La physique laplacienne suppose ainsi que la matière est formée de corpuscules qui sont autant de sources de forces ; elle conçoit des corpuscules et des forces qui sont spécifiques à chaque catégorie de phénomènes physiques : une force assure la cohésion, une autre la dureté de ces atomes ; s'y ajoutent des forces d'attraction magnétique, électrique, d'affinité chimique. Cette physique conduit à une vision du monde harmonieuse et cohérente où les lois physiques établies à notre échelle de perception sont transférables à l'échelle microscopique.

Cette impression de cohérence est renforcée par la similitude mathématique des lois d'interaction des corpuscules, pondérables, électriques et magnétiques. Mais, il n'est pas question de rechercher derrière la similitude de ces lois physiques une essence qui leur serait commune.

Notons en passant que la séparation des phénomènes en catégories distinctes met une borne infranchissable à la possibilité d'unifier les lois de la nature.

Dans un tel contexte, la matière au repos est supposée constituée de corpuscules pondérables disjoints et immobiles, et ce dans les trois états : solide, liquide et gazeux. Newton prétendait que les mouvements des particules ne se produisent que

\**Histoire des Sciences, Laboratoire de chimie organique du fluor, université de Nice-Sophia Antipolis, 28, av. Valrose, BP 71, 06108 Nice Cedex 2. Tél. : 93.52.98.98. (télécopie : 93.52.99.19).*

lorsque les conditions physiques sont modifiées et la disposition relative des particules dans la matière au repos ne change pas, c'est seulement "la distance entre les particules qui augmente ou diminue".

Lavoisier ne s'éloigne pas de cette représentation statique de la matière : "tous les corps de la nature obéissent à deux forces : le fluide igné, la nature du feu qui tend continuellement à en écarter les molécules, et l'attraction qui contrebalance cette force...". Le corps reste solide si l'attraction l'emporte, il est liquide lorsque les deux forces sont en équilibre, à l'état gazeux une troisième force vient empêcher que "leurs molécules s'écartent indéfiniment" : la pesanteur de l'atmosphère.

Pendant les deux premières décennies du XIX<sup>e</sup> siècle, les physiciens, fidèles à Lavoisier, optent pour la matérialité du principe de la chaleur, en ayant conscience toutefois que les données manquent pour avoir quelque certitude :

Laplace considère que : "... tous les phénomènes terrestres dépendent de ce genre de forces, comme les phénomènes célestes dépendent de la gravitation universelle. Leur considération me paraît devoir être maintenant le principal objet de la philosophie mathématique... quelques essais m'ont fait voir que, en se rapprochant ainsi de la nature, on pouvait donner à ces démonstrations autant de simplicité et beaucoup plus de clarté que par les méthodes usitées jusqu'à ce jour".

Après 1810, surtout grâce aux succès des nouvelles théories de Laplace sur l'action de capillarité, la réfraction atmosphérique et la double réfraction, un certain nombre de phénomènes sont susceptibles de devenir objets de mathématisation, en prenant pour point de départ un nouveau modèle basé sur des forces intermoléculaires à très courte distance.

Selon Berthollet, "M. Laplace est enfin parvenu à soumettre tous ces phénomènes à un calcul mathématique, qui fait connaître leur véritable rapport... Tous les corps sont composés de molécules matérielles qui s'attirent entre elles. Il ne s'agit point ici de cette attraction réciproque au carré des distances qui règle les mouvements des corps célestes, mais de ces attractions qui ne s'exercent qu'à très petite distance, et qui constituent des affinités chimiques... les faits prouvent que leur intensité décroît toujours avec une rapidité extrême, à mesure que la distance augmente. Ce principe simple et non contesté est la base de toute la théorie de M. Laplace".

Berthollet dans son "Essai de statique chimique", qui paraît en 1803, s'applique à réaliser ce programme : "C'est donc l'observation seule qui doit servir à constater les propriétés chimiques des corps, ou les affinités par lesquelles ils exercent une action réciproque dans une circonstance déterminée : cependant, puisqu'il est très vraisemblable que l'affinité ne diffère pas dans son origine de l'attraction générale, elle doit également être soumise aux lois que la mécanique a déterminées pour les phénomènes dus à l'action de la masse, et il est naturel de penser que plus les principes auxquels parviendra la théorie chimique auront de généralité, plus ils auront d'analogie avec ceux de la mécanique : mais ce n'est que par la voie de l'observation qu'ils doivent atteindre à ce degré, que déjà l'on peut indiquer".

Mais les forces interparticulaires ne sont pas connues, tant celles qui provoquent l'affinité des substances chimiques entre elles et dont s'occupent plus particulièrement les chimistes, que celles dues aux divers fluides impondérables : le calorique, la lumière, l'électricité, le magnétisme dont le statut matériel est hypothétique, et qui suscitent autant l'intérêt des chimistes que celui des physiciens. Un changement d'état, par exemple, peut être perçu comme une combinaison chimique entre le corps et le fluide calorique. C'est donc un domaine d'étude que se disputent, à l'époque, physiciens et chimistes. Il en est de même pour l'étude du magnétisme et de l'électricité.

Lavoisier avait exprimé la nécessité de mathématiser la chimie : "Connaître l'énergie de toutes ces forces, parvenir à leur donner une valeur numérique, les calculer est le but que doit se proposer la chimie...". Il reconnaissait, après avoir essayé

d'élaborer une formule représentant la réaction à l'aide de plusieurs paramètres : "qu'on aurait une formule trop compliquée et ce serait introduire en chimie une géométrie trop recherchée, dont elle n'est point encore susceptible".

De son côté, Haüy considérait comme tout aussi prématuré la recherche des causes de la formation des cristaux : "l'affinité des molécules les unes pour les autres, le degré de densité du fluide, son degré de température et les autres circonstances semblables, seraient autant d'éléments que l'on ferait rentrer dans le calcul et la solution du problème déterminerait la loi de décroissement... mais ces solutions pour lesquelles les données nous manquent encore, sont réservées à d'autres temps et à d'autres moyens".

En France, le point de vue mécanico-moléculaire laplacien, dont Berthollet est le plus fidèle représentant, occupe une position dominante durant les deux premières décennies du XIX<sup>e</sup> siècle.

## ■ LE COURANT DYNAMISTE

Le point de vue dynamiste est plus propice à la conception d'une matière divisible à l'infini. Alors que l'atomisme laplacien fait de la masse le concept premier et considère la force comme une émanation de la matière, les points de vue dynamistes font de la force, soit un concept plus fondamental que la matière (c'est la conception dynamiste au sens strict), soit aussi fondamental que lui, la nature s'interprétant alors comme une dualité de matière et de force (variante du dynamisme).

Dans la seconde moitié du XVIII<sup>e</sup> siècle, Kant et Boschovich conçoivent indépendamment une théorie dynamique de la constitution de la matière. Malgré de larges analogies, ces deux théories présentent des différences significatives.

Boschovich dans sa "Theoria philosophiae naturalis" déduit ses principes métaphysiques de Leibniz, mais intègre ceux de la physique de Newton ; il considère que la matière s'efface devant le jeu de forces dont elle est le support. Il envisage des atomes ponctuels, centres de forces de faibles portées alternativement attractives et répulsives selon la distance. Ces forces s'annulent pour certaines valeurs bien déterminées de la distance, ce qui revient à entourer chaque point d'une série de surfaces sphériques concentriques, correspondant à des interactions nulles, c'est-à-dire à des positions d'équilibre pour d'autres atomes ponctuels. Il y a un premier équilibre stable constituant des particules primaires tenaces. Un équilibre similaire parmi les particules primaires pouvant produire des particules moins stables d'un ordre de complexité supérieur, qui peuvent à leur tour former des agrégats moins stables. Ainsi, les corps chimiques sont construits par un entrecroisement de forces, la combinaison chimique étant possible quand les systèmes d'équilibre de forces de telles particules complexes s'harmonisent et peuvent s'entrecroiser.

En 1786, dans "Les premiers principes métaphysiques de la sciences de la nature", Kant considère alors que la matière d'un corps qui remplit un espace s'oppose à l'invasion de la matière environnante en contrariant le mouvement. Le mouvement qu'elle provoque pour cela a une cause : la force motrice de répulsion. La matière est divisible à l'infini, comme l'espace qu'elle remplit par une force d'expansion résultant des forces répulsives de chacune de ses parties. Ainsi le vide ne peut exister dans aucune région de l'espace, puisqu'il serait envahi par la matière environnante : une matière subtile, l'éther, remplit donc l'espace tout entier. S'il n'existait que des forces primordiales répulsives dans la nature, la matière se diluerait à l'infini. Des forces primordiales attractives sont donc nécessaires, mais si elles existaient seules, les parties de la matière se rassembleraient en un point et l'univers effondré sur lui-même se réduirait à un point. Ainsi, la matière et l'éther sont pensés uniquement comme mobiles et causes de mouvement, ces dernières sont des forces motrices primordiales.

Le courant dynamiste trouve, un support au début du XIX<sup>e</sup> siècle dans la "Naturphilosophie", philosophie allemande idéaliste qui conçoit l'univers tout entier en équilibre dynamique entre les pouvoirs opposés de l'universelle dualité. En 1812, Oersted, qui se réclame de ce courant philosophique représenté par Schelling, écrit : "la différence fondamentale entre l'atomiste et le dynamiste est toujours que le premier veut construire le tout à partir de parties qui sont déjà complètes, tandis que le dernier considère que le tout, avec ses parties se développe comme différentes formes d'une force originelle. Toutefois, c'est seulement à la frontière de la science que cette différence devient claire".

La plus grande difficulté du dynamisme pour les chimistes est que, d'une part, cette théorie est plus difficile à visualiser que celle des "boules de billard" et, d'autre part, comment imaginer qu'une matière constituée de points puisse avoir une masse ? Si Berthollet dans son étude de l'affinité chimique a délibérément adopté la vision mécaniste laplacienne, le chimiste H. Davy a abordé cette question en se situant dans la vision dynamiste issue de Boschovich.

Pour H. Davy, la même matière pondérable dans différents états électriques, ou différents arrangements, peut constituer des corps avec des propriétés chimiques différentes. Aussi, en 1814, il prouve que le diamant et le charbon, qui ont des propriétés physiques et chimiques on ne peut plus différentes, ne diffèrent en fait que par leur forme cristalline et leur conductivité. Par conséquent, les propriétés physiques et chimiques devraient en définitive se réduire ultérieurement à une seule et même cause. Les formes différentes de matière sont convertibles et l'affinité chimique est impliquée dans une théorie dynamique de la matière, conforme à une loi mathématique simple comparable à celle de la mécanique céleste.

Mais pour Davy, l'atomisme est un aspect possible du dynamisme. Il connaît et utilise au besoin différentes théories. Ainsi, de l'atomisme dynamique jusqu'à la pure théorie des forces, son attitude vis-à-vis des théories est heuristique.

Les physiciens, pour la plupart, sont persuadés, lorsqu'ils appliquent l'analyse mathématique et qu'ils confrontent les résultats des calculs théoriques aux données expérimentales, d'obtenir des "lois naturelles", même si la nature des "agents" dans les corps, ou la nature même des forces leur échappent complètement. Ils ont clairement conscience toutefois, que ce sont les questions soulevées par les chimistes dans leur laboratoires qui leur permettront d'aller plus loin.

### PRATIQUE EXPÉRIMENTALE ET INTERPRÉTATION DALTONIENNE EN CHIMIE

Malgré le grand désir des chimistes de découvrir des lois de la nature, de quantifier leur science et de lui donner un statut aussi prestigieux que celui de la physique, force est de constater, à la fin du XVIII<sup>e</sup> et au début du XIX<sup>e</sup> siècle, que la chimie prospère quand elle est naïve et visuelle et dépérit quand elle essaye d'être trop abstraite et subtile. C'est pourtant elle qui détient les secrets de la constitution intime de la matière, mais comment faut-il s'y prendre pour les lui arracher ?

La pratique des chimistes à cette période conduit à une accumulation de données de plus en plus fiables : obtention et purification de nouveaux corps simples, mesures de volume de corps gazeux, de densité de vapeur, de chaleur spécifique, d'examen de cristaux, etc. Les chimistes se servent de calculs élémentaires simples mais précis et réussissent à donner une réalité à la composition intime des corps à tel point qu'ils vont peu à peu faire exister "les atomes" et visualiser leur "agencement" au sein de la matière.

Par contre, ils ne réussissent pas, dans la période que nous évoquons, à avancer vraiment dans la connaissance des lois de "l'affinité chimique". Thomson, en 1830, est toujours aussi indécis et, dans la 7<sup>e</sup> édition du Système de chimie, il décrit

"l'affinité chimique comme une force inconnue", et Würtz, en 1869, déclare "qu'après un siècle de recherche l'affinité chimique est une sorte de force dont l'esprit humain a jusque là formulé le moins d'idées définies".

### JOHN DALTON ET L'ATOMISME CHIMIQUE

John Dalton en étudiant l'état gazeux pour résoudre des problèmes de météorologie va être amené à révolutionner le modèle newtonien de la constitution intime de la matière.

Newton avait fait des hypothèses spéculatives sur la constitution de la matière sans les confondre avec des démonstrations mathématiques : les "particules ultimes" étaient en petit nombre et les mêmes pour tous les corps. La diversité des corps observée à notre échelle provenait de la diversité dans l'arrangement de ces quelques "principes élémentaires". Ainsi le métal "or", construit à partir de "particules ultimes" de même matière homogène mais différentes en tailles et formes, possédait un caractère particulier, différent de l'argent, par exemple, non pas en vertu d'atomes d'or élémentaires tous identiques entre eux et radicalement différents des atomes d'argent, mais parce que ses éléments, les mêmes que l'argent, étaient arrangés de façons différentes dans les deux métaux (figure 1).

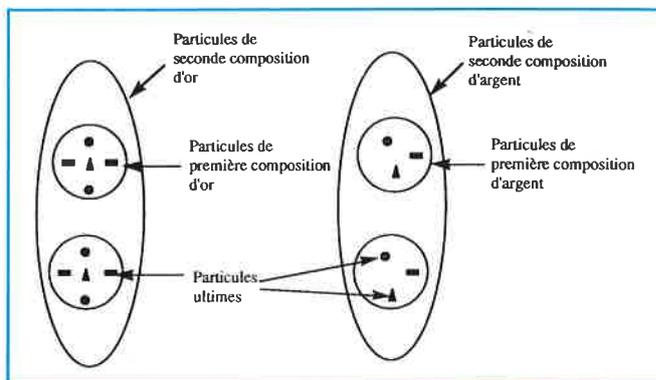


Figure 1 - La possibilité de transmutation

Il y avait un premier arrangement de particules primaires donnant des particules de première composition, ces dernières étaient arrangées pour donner des particules de deuxième composition et ainsi de suite jusqu'à la n<sup>e</sup> composition.

Ces architectures, emboîtées et hiérarchisées, donnaient ses particularités à l'espèce chimique considérée.

Les opérations chimiques que réalisaient les chimistes ne détruisaient les édifices qu'au niveau le plus superficiel, celui de la dernière composition.

A ce compte là, les opérations de transmutation, par exemple de l'argent en or, étaient envisageables si les réarrangements se produisaient au niveau des "particules" élémentaires, c'est-à-dire au niveau des particules ultimes de matière, qui n'était pas celui des réactions chimiques ordinaires.

La nouveauté de Dalton est d'introduire une alternative aux idées de Newton. Désormais, chaque corps simple possède une spécificité chimique parce qu'il est constitué "d'atomes chimiques" tous identiques et spécifiques de par leur poids et leurs qualités propres (secondaires aussi).

Ce sont Les particularités, la spécificité des atomes eux-mêmes qui communiquent aux corps, à notre échelle, leur spécificité chimique, et non pas l'agencement différent "d'unités de base identiques", comme le pensait Newton.

Ainsi la réaction chimique change aussi de statut, la réaction 1 atome (d'une sorte) + 1 atome (d'une autre sorte) peut très bien donner un composé binaire totalement différent chimiquement, "l'atome composé" de Dalton qui plus tard deviendra la

molécule. Et toutes ces "particules ultimes", soit simples, soit composées, sont rigoureusement semblables au sein d'un composé chimique, homogène bien défini [3].

L'approche de Dalton n'est plus physicienne comme celle de Berthollet, ou celle de H. Davy car la quantification ne concerne plus les forces de la matière, elle se limite aux "unités" de la chimie : déterminer les poids relatifs des "ultimes particules", ce sera le programme de recherche de toute une génération de chimistes.

*"We have already observed that all atoms of the same kind, whether simple or compound, must necessarily be conceived to be alike in shape, weight, and every other particular"*.

L'hypothèse atomique de Dalton est considérée, au début, avec beaucoup de prudence, mais finalement sa fécondité sera remarquable. En relativement peu de temps, 1810-1840, tout en gardant son statut d'hypothèse, elle va permettre aux chimistes de relier entre eux quantités de phénomènes qui sans elle auraient sans doute eu beaucoup de mal à être rationalisés. H. Davy, en 1826, malgré ses réticences plutôt métaphysiques, est obligé de le reconnaître : *"Il appartient à M. Dalton d'avoir le premier porté l'attention des philosophes de façon non équivoque sur cet important sujet que... ce faisant la chimie statique ne dépend plus que de simples soustractions et multiplications, rendant capable l'étudiant de porter des résultats expérimentaux précis et bien authentiques"*.

## RATIONALISATION DE FAITS EXPÉRIMENTAUX

Les chimistes, par des travaux de laboratoires méthodiques et rigoureux et des calculs simples, vont permettre de donner une base expérimentale solide à l'atomisme daltonien.

### A) Les saturations salines et les équivalents

Wenzel dans son ouvrage "Théorie des affinités", publié à Dresde en 1777, réalise diverses analyses rigoureuses tendant à montrer que les rapports relatifs entre les quantités d'alcalis et de terre, qui saturent une quantité donnée d'un même acide, sont les mêmes que pour tous les acides.

J.B. Richter reprend en 1792 les travaux inachevés de Wenzel dans son ouvrage la "Stoechiométrie chimique". Il arrive à démontrer que si l'on connaît le rapport des masses (des éléments) dans les combinaisons primitives, on connaît aussi ce même rapport dans les nouvelles combinaisons. Il s'en suit, par exemple, que les différentes quantités de bases qui forment des sels neutres avec 1 000 parties d'acide muriatique (HCl) anhydre forment aussi des sels neutres avec un même poids (1 394 parties) d'acide vitriolique anhydre (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Il donne, dès 1793, les premières "séries de masse" pour les "bases alcalines et terreuses", c'est-à-dire "les quantités équivalentes" de bases saturant un même poids d'acides sulfurique, chlorhydrique, nitrique... A cette occasion, il affirme : *"les masses d'alcalis ou de terres alcalines, quand elles maintiennent la neutralité avec une même masse d'un quelconque des trois acides volatils, conservent toujours les mêmes rapports entre elles"*.

Richter consacra sa vie à établir exactement les relations quantitatives dont il avait su voir l'importance. Son tableau des "équivalents" va avoir une grande influence sur les conceptions de Berzelius pour lui faire accepter la théorie atomique de Dalton.

### B) Les proportions définies et multiples

Les travaux de Wenzel et Richter avaient mis les chimistes sur la voie de résoudre la question suivante : *"Doit-on admettre, par exemple, que la réaction chimique qui aboutit à la forma-*

*tion du sulfate de baryum insoluble sépare d'une solution un individu chimique stable, à composition fixe, ou bien au contraire que le sel formé par la réunion d'acide sulfurique et de baryte en proportion déterminée ne doive sa constance de combinaison qu'au fait accidentel de son insolubilité dans l'eau ?*

Lavoisier établit une différence entre la solution et la dissolution, l'une pouvant avoir lieu dans toutes les proportions tandis que l'autre, changeant la nature du corps dissous, n'admet que des proportions fixes et semblables.

Berthollet, contestant l'interprétation de Lavoisier, s'attache à montrer dans "l'Essai de statique chimique" que la prétendue différence entre la solution et la dissolution ne consiste que dans les degrés de force d'une même affinité, le degré de la première étant plus faible que celui de la seconde. Les éléments, propose-t-il, ont leur maximum et leur minimum, au-delà desquels ils ne sauraient se combiner ; mais, entre ces deux limites, ils le peuvent dans toutes les proportions.

Si certaines combinaisons semblent se former avec des proportions constantes, ce que Berthollet ne conteste pas, il se refuse à en faire une loi générale. Pour lui, ce sont les proportions indéfinies qui constituent la loi générale et sa théorie de l'action chimique en rend compte, alors que les proportions constantes sont des exceptions, des cas particuliers qu'il cherche à expliquer tout en restant dans le cadre de sa théorie : *"ainsi la théorie que j'ai exposé sur la force de l'affinité qui croît en raison de la quantité avec laquelle une substance peut agir doit être modifiée relativement à la condensation, parce que cet effet ne dépend pas seulement de l'action qu'elle exerce, mais de celle qu'elle éprouve elle-même et c'est dans certaines proportions, très variables selon les dispositions des deux substances qui exercent une action mutuelle, que cet effet est le plus grand"*.

La plus grande condensation est donc pour lui un cas particulier qui provoque la formation d'une combinaison à proportions constantes. Ainsi, pour Berthollet, si dans le sulfate de baryte le rapport entre l'acide sulfurique et la baryte est constant, c'est parce que l'acide et la base doivent s'unir dans "cette juste et fixe proportion" pour que le sel formé soit absolument insoluble.

C'est d'ailleurs parce que la conception de la combinaison chimique de Berthollet est beaucoup plus large que celle que nous admettons aujourd'hui que la théorie des proportions indéfinies semble corroborée par un nombre important de faits indéniés. Ainsi, pour lui, lorsque la réunion de plusieurs matières fournit un tout homogène, celui-ci doit recevoir le nom de combinaison : c'est le cas des solutions aqueuses, des alliages métalliques, des verres...

Proust, quant à lui, s'oppose ouvertement à Berthollet, il s'applique à montrer que les métaux ne produisent avec le soufre comme avec l'oxygène qu'une ou deux combinaisons dans des proportions fixes et invariables, tous les degrés intermédiaires que Berthollet et d'autres croient observer n'étant en effet que des mélanges de deux combinaisons à proportions fixes. La discussion entre les deux chimistes restera célèbre, la controverse se poursuit jusqu'en 1806 et en donnant raison à Proust contre Berthollet ; les multiples analyses chimiques réalisées à cet effet vont permettre de définir de façon plus précise le concept de combinaison chimique.

C'est finalement en modifiant la définition de Berthollet sur la combinaison, en lui donnant un sens plus restreint "idéal", que le concept deviendra, comme c'est souvent le cas en science, plus opératoire. Une combinaison chimique devient un composé dont les proportions des constituants sont constantes.

Mais, indépendamment du fait de la fixité des proportions dans une combinaison chimique donnée, il est un autre fait tout aussi important qui est celui de la proportionnalité des quantités de divers éléments qui entrent en combinaison avec un même élément. C'est la loi découverte, nous l'avons vu, par Richter dès 1793. Autrement dit : entre tous les corps composés, formés

par l'union de deux éléments, il existe une relation de composition telle qu'il suffit de déterminer les proportions suivant lesquelles les éléments les plus divers s'unissent à l'un d'entre eux pour avoir déterminé du même coup les proportions suivant lesquelles les premiers s'unissent entre eux.

Cette loi ou "loi des proportions multiples", attribuée à Dalton, peut s'énoncer ainsi : "si deux corps A et B forment plusieurs combinaisons et que l'on calcule la composition en rapportant toujours au même poids de l'un deux A, les diverses quantités du corps B unies au même poids de A sont entre elles suivant des rapports tout à fait simples".

Comme le fait remarquer Würtz : "dès 1804, l'hypothèse atomique apparaît comme l'explication théorique adéquate de la loi des proportions fixes et multiples".

La première table que Dalton publie sur les poids atomiques contient de façon implicite et la loi des proportions multiples et la théorie atomique. Dalton considère que lorsque deux corps se combinent en plusieurs proportions, cette combinaison ne saurait s'effectuer que par l'addition d'atomes élémentaires entiers : il en résulte que les proportions de l'un des corps restant constantes, celles du second doivent être exactement multiples l'une de l'autre.

Ainsi, la loi des proportions définies de Proust et celle des proportions multiples de Dalton deviennent compréhensibles, comme le reconnaît Berzelius dans une lettre adressée à Dalton : "Vous avez raison en ce que la théorie des proportions multiples est un mystère sans l'hypothèse atomistique, et autant que j'ai pu m'apercevoir, tous les résultats gagnés jusqu'ici contribuent à justifier cette hypothèse".

Les proportions définies et multiples une fois admises par la communauté des chimistes, Berthollet y compris, l'atomisme chimique n'est pas accepté pour autant. Il faudra que d'autres lois expérimentales tout aussi importantes viennent s'ajouter à celles-ci.

### C) La loi volumique des combinaisons gazeuses de Gay-Lussac

Les progrès techniques (invention de la cuve à eau puis à mercure...) ayant permis d'étudier les "fluides aériformes", les deux siècles précédents, on considère désormais que c'est l'état gazeux qui présente la plus grande simplicité. En effet,

Symboles atomiques des éléments simples

(tirés de : "A New System of Chemical Philosophy, Dalton")

ELEMENTS			
	Hydrogen		Strontian <sup>w</sup> 46
	Nitrogen		Barytes 68
	Carbon		Iron 50
	Oxygen		Zinc 56
	Phosphorus		Copper 56
	Sulphur		Lead 90
	Magnesia		Silver 190
	Lime		Gold 190
	Soda		Platina 190
	Potash		Mercury 167

les distances entre ses particules constituantes sont suffisamment grandes pour que les forces d'attraction interparticulaires n'agissent plus et que les seules forces répulsives dues au calorique soient juste compensées par la pression atmosphérique. La combinaison chimique entre deux fluides élastiques est soigneusement étudiée par Gay-Lussac, élève de Berthollet à la Société d'Arcueil. En 1809, il publie le mémoire célèbre sur "La loi volumique des combinaisons gazeuses" où il constate la simplicité des rapports volumétriques entre différents gaz se combinant l'un avec l'autre : "J'ai fait voir que les combinaisons des substances gazeuses les unes avec les autres se font toujours dans les rapports les plus simples, et tels qu'en représentant l'un des termes par l'unité, l'autre est un, ou deux, ou au plus trois. Les contractions apparentes de volume qu'éprouvent les gaz en se combinant ont aussi des rapports simples avec le volume de l'un d'entre eux".

Gay-Lussac dans sa recherche de lois régulières dans les réactions chimiques a déjà longuement exploité les poids et c'est seulement avec les volumes qu'il trouve une relation des plus simples.

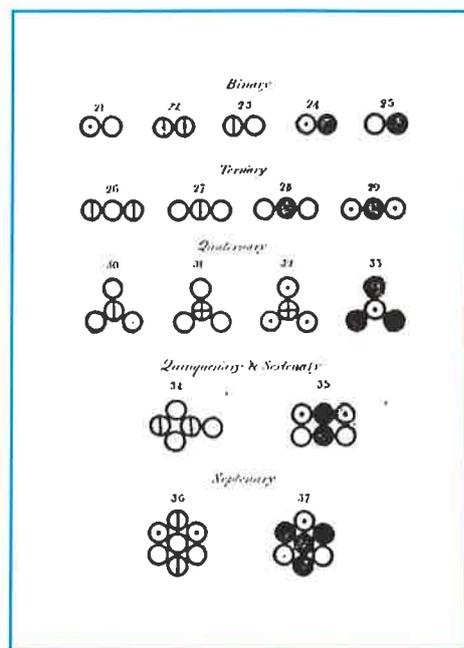
On peut remarquer que Gay-Lussac, dans la tradition cartésienne, ne considère pas le poids ou la masse comme une propriété aussi fondamentale que l'extension ou volume. Le volume ou l'espace occupé par un corps est la seule mesure de la quantité de matière qui s'y trouve. Il faut dire aussi que les tubes gradués pour recueillir les gaz donnent des résultats plus fiables que la balance.

Berzelius, qui contrairement à Berthollet a mis plus de quatre ans pour se procurer une copie du "New System" de Dalton, s'empare des résultats remarquables obtenus par Gay-Lussac pour les mettre en correspondance avec le nouvel atomisme : "ce qui dans une théorie est appelé "atome" est dans l'autre théorie un "volume". Dans l'état actuel de nos connaissances la théorie des volumes a l'avantage d'être fondée sur des faits bien constitués, tandis que l'autre appuie ses fondations sur une supposition seulement".

On peut dire que la loi des volumes de Gay-Lussac, qui suggère à A. Avogadro (1811) et à A.M. Ampère (1814) indépendamment l'hypothèse qui porte leur deux noms, est un pas important pour confirmer l'atomisme chimique. "L'hypothèse qui se présente la première à cet égard et qui me paraît même la seule admissible est de supposer que le nombre des "molécules intégrantes" dans les gaz quelconques est toujours le même à volume égal ou est toujours proportionnel aux volumes". Cette hypothèse (appelée aujourd'hui loi d'Avogadro)

Symboles atomiques des éléments multiples

(tirés de : "A New System of Chemical Philosophy, Dalton")



dro-Ampère) mettra plus de cinquante ans pour être définitivement acceptée.

Dalton, dès 1801, en supposant les "atomes" de même volume, formule lui aussi cette hypothèse pour l'abandonner en 1803 lorsque, dans sa seconde théorie des mélanges de gaz, il est amené à postuler des volumes différents pour chaque sorte d'atome. Puisque les atomes des différents gaz ont des poids et des tailles différents et que leur "sphère de calorique" se touche, il ne peut y avoir le même nombre d'atomes dans l'unité de volume.

Ainsi la loi volumique de Gay-Lussac et l'hypothèse d'Avogadro-Ampère permettent aux chimistes une plus grande efficacité pour la détermination des poids atomiques par la mesure des densités de vapeur.

### D) La loi de Dulong et Petit sur les chaleurs spécifiques

Cette loi qui établit, en 1819, que "les atomes de tous les corps simples ont exactement la même capacité pour la chaleur", suppose l'acceptation de la théorie atomique.

Pour Dulong et Petit, l'atomisme daltonien très controversé, à l'époque, leur semble être une théorie acquise. Il est tout à fait naturel à leurs yeux de rapporter les propriétés individuelles des corps simples aux caractères des atomes qui les composent. "Nous avons essayé d'introduire dans l'étude de quelques-unes de ces propriétés qui paraissent plus intimement liées à l'action individuelle des molécules matérielles, les résultats les plus certains de la théorie atomistique. Le succès que nous avons déjà obtenu nous fait espérer non seulement que ce genre de considérations pourra contribuer puissamment aux progrès ultérieurs de la physique, mais que la théorie corpusculaire, à son tour, en recevra un nouveau degré de probabilité, et qu'elle y trouvera des moyens plus purs de discerner la vérité entre des hypothèses également vraisemblables".

Le poids atomique est le paramètre essentiel qui permet de passer des chaleurs spécifiques obtenues expérimentalement à celle de l'atome : et, ils s'en expliquent : "Pour passer des chaleurs spécifiques des particules elles-mêmes, il suffit de diviser les premières par les nombres de particules renfermées dans un même poids des substances que l'on compare. Car, il est clair que ces nombres de particules sont, pour des poids égaux

de matière, réciproquement proportionnels aux densités des atomes. On arrivera donc au résultat cherché en multipliant chacune des capacités déduites de l'expérience par le poids de l'atome correspondant".

Réciproquement, si l'on ne connaît pas le poids de l'atome en question, ou si l'on veut confirmation de sa valeur obtenue par d'autres méthodes, il suffira de diviser un nombre constant par la chaleur spécifique du corps simple solide constitué de ces atomes.

Cette règle est générale et, sauf pour quelques corps (carbone, bore, silicium), étonnamment conforme aux procédés de détermination des poids atomiques par voie chimique, elle complète efficacement la règle d'Avogadro qui ne concerne que les corps pris à l'état gazeux.

Si on travaille volontiers avec les poids atomiques, on hésite encore à se prononcer sur l'existence de ces unités indivisibles que sont les atomes, mais comment refuser encore longtemps le droit d'existence à des unités dont on connaît le poids ?

### E) L'isomorphisme

Les minéralogistes avaient essayé à plusieurs reprises d'établir un lien entre la composition chimique et la forme cristalline, de déduire même la composition chimique des "caractères extérieurs" de tel échantillon naturel (Linné, Romé de L'Isle,...).

Plus tard, Nicolas Le Blanc découvrit que plusieurs sulfates se combinent parfaitement entre eux et en toutes proportions. "Ceux du fer et du cuivre sont dans ce cas et il en résulte toujours des rhomboïdes". Mitscherlich, en 1823, se pose les questions suivantes : "Différents corps combinés avec le même nombre d'atomes d'un ou de plusieurs éléments ont-ils la même forme cristalline ? L'identité de forme cristalline n'est-elle déterminée que par le nombre d'atomes ? Cette forme réelle est-elle indépendante de la nature chimique des éléments ?"

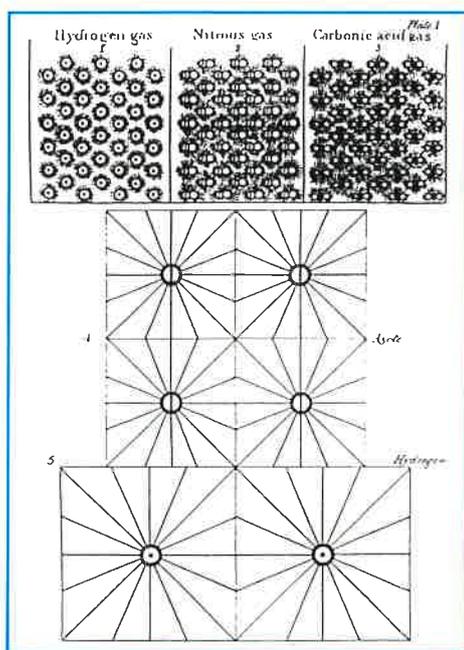
La loi de Mitscherlich, que Berzelius nomme isomorphisme, permet d'établir le fait qui "consiste en ce que les corps qui sont composés d'un même nombre d'atomes assemblés de la même manière, affectent la même forme quand ils cristallisent". Ainsi, nous dit Berzelius, "lorsqu'un corps (dont la composition atomique est inconnue) est isomorphe avec un autre corps dont on connaît le nombre d'atomes. On peut regarder comme connu le nombre d'atomes des deux corps, l'isomorphie étant une suite mécanique de l'égalité dans la composition atomique".

Désormais, l'espérance de déduire la structure chimique d'un corps du seul examen de sa cristallisation perd de son caractère chimérique et devient même une règle féconde dans les travaux de laboratoire à condition d'être utilisée de façon prudente et rigoureuse.

On voit là que les chimistes font un pas dans la visualisation concrète des atomes dans l'architecture de la matière.

La notation chimique pour les atomes des différents corps simples proposée par Berzelius et qui sera conservée par la suite, facilite considérablement l'écriture des réactions chimiques. Sa théorie électro-chimique, intéressante en chimie minérale, s'avère inapte à expliquer les réactions entre corps organiques et les fulgurants progrès de la chimie organique, entre 1820 et 1840, posent les bases de la chimie structurale, la découverte de l'isomérisation et des réactions de substitution contribuent à faire envisager non plus les formules brutes des composés, mais aussi les formules développées dans l'espace.

Ainsi, dans la période que nous envisageons et malgré quelques années de doute, les chimistes en utilisant toutes sortes de précautions verbales, en faisant "comme si" les atomes existaient, s'en servent de plus en plus. A ce stade de développement de leur science, dans leurs opérations de synthèse et d'analyse, les atomes leur permettent de "pénétrer"



Disposition et arrangement de particules constituant des fluides élastiques et schématisation des atomes élastiques

(tirés de A New System of Chemical Philosophy, Dalton)

dans l'architecture intime de la matière. Il ont dans les mains un jeu de construction dont les briques sont les atomes chimiques de Dalton. Ainsi, leur représentation de la constitution intime de la matière devient de plus en plus, et presque malgré eux, réaliste.

Le concept de combinaison chimique s'étant clarifié, ils peuvent laisser aux physiciens le soin de s'emparer du domaine des fluides impondérables. D'ailleurs, l'hypothèse de ces fluides cessera bientôt d'être opératoire. Ainsi, après 1815, avec le déclin de l'influence de Laplace, on voit apparaître la théorie ondulatoire de la lumière de A. Fresnel et la théorie analytique de la chaleur de Fourier (1822).

Les physiciens, pour la plupart, procèdent à une mathématisation directe des phénomènes sans considération des causes physiques. Par exemple, les phénomènes de propagation de substance, qu'il s'agisse de la chaleur, de la lumière, de l'électricité, d'un sel en solution..., peuvent être traités en se dispensant de considérer la structure du milieu dans lequel elle diffuse. Il s'agit d'établir une "équation fondamentale" concernant les flux de substance qui s'écoule d'une couche élémentaire de matière à la suivante. Mais après cette phase de mathématisation indépendante de représentations réalistes, l'élaboration de la théorie cinétique des gaz va amener les physiciens à reconsidérer le modèle mécanico-moléculaire. Héracath détermine les premiers calculs sur les vitesses des molécules et, en 1858, Clausius introduit le concept de libre parcours moyen entre deux collisions moléculaires. Par divers procédés, on s'attache alors à déterminer les diamètres des molécules individuelles et leur nombre par unité de volume.

Par la suite, vers 1880, grâce aux progrès de la thermodynamique, l'approche phénoménologique et énergétique des pro-

blèmes est privilégiée. On s'oblige à nouveau à ne plus formuler d'hypothèses sur la structure ultime de la matière. Ainsi, l'approche rivale mécanico-moléculaire d'un Boltzmann est fortement critiquée par le courant positiviste et énergétiste : Ostwald en Allemagne, P. Duhem et M. Berthelot en France.

Mais, en 1905-1906, Einstein et Smoluchowski vont pouvoir procéder à la vérification expérimentale de la théorie cinétique moléculaire grâce au mouvement brownien. La formule de distribution d'Einstein et la loi de Stokes contribuent à réfuter l'énergétisme et à faire accepter la théorie atomique. Les doutes au sujet de la "réalité" des atomes seront finalement dissipés vers 1911.

En définitive, il faudra aux physiciens et chimistes tout un siècle depuis l'atomisme chimique de Dalton jusqu'à l'interprétation théorique d'Einstein du mouvement brownien, pour faire définitivement évoluer la théorie atomique de la constitution de la matière d'une acceptation instrumentaliste à une acceptation réaliste.

#### RÉFÉRENCES

- [1] M. Scheidecker-Chevalier, R. Locqueneux, La Théorie Mathématique de la Combinaison Chimique d'A.M. Ampère, *Revue d'Histoire des Sciences* (à paraître, 1993).
- [2] R. Locqueneux, La naissance de l'électromagnétisme : une incompréhensible expérience, *Science et Vie*, hors série n° 166, mars 1989, p. 49.
- [3] R. Luft, A propos des notions d'élément et d'atome, *L'Actualité Chimique*, nov.-déc. 1991, p. 430-433, citation de Dalton, p. 431-432. ■

### Le retour de Lavoisier à l'Académie des sciences

Le hasard fait bien les choses, dit-on ! A la fin du mois de novembre 1992, les Archives de l'Académie des sciences ont pu réintégrer dans leurs collections, enfin - c'est vraiment le cas de le dire - 346 lettres adressées à Lavoisier ou écrites par lui de 1784 à 1793, qu'archivistes et historiens désespéraient depuis longtemps de retrouver.

L'histoire de ces documents est une longue histoire qui remonte au début des années 1950. Lors de la mise en œuvre de la publication de la correspondance de Lavoisier, René Fric qui était, à l'époque, le maître d'œuvre de cette opération, obtint, au mépris de toute prudence, de se voir confier personnellement des manuscrits provenant de Lavoisier par l'Académie des sciences et également par les descendants de l'époque du savant. Le temps passa, l'âge aidant, l'inévitable se produisit et des mélanges intervinrent entre les deux fonds. Quand il mourut, vers 1970, ses héritiers, un peu désemparés, rendirent l'ensemble des papiers Lavoisier retrouvés chez lui à la famille descendant de Lavoisier. Ceux-ci, en fort honnêtes gens, rendirent à l'Académie des sciences ce qu'elle pensait lui appartenir.

Mais le hasard avait mis un peu de malignité dans cette affaire et elle ne s'arrête pas là. Les héritiers de René Fric n'avaient pas retrouvé tous les papiers de Lavoisier qu'il avait en sa possession et, un beau jour, alors qu'on démolissait la maison, un

inconnu passa par là, vit un placard qui béait, des documents anciens qui s'en échappaient, les ramassa et les garda chez lui... pendant plus de vingt ans.

C'est lui qui, il y a peu, appela l'Académie des sciences et exposa sa trouvaille ; au terme d'une négociation serrée, il accepta de remettre, entre deux trains, sur le quai venteux d'une gare du Centre de la France, les fameux papiers au conservateur des Archives de l'Académie. Ce geste permit aux lettres de Lavoisier, qui étaient restées dans le bureau de René Fric, puis dans un grenier pendant près de quarante ans, de reprendre enfin leur place dans le fonds Lavoisier des Archives de l'Académie des sciences, qui lui-même s'était, entre-temps, en 1991, enrichi des documents que conservaient encore les descendants de Lavoisier.

Pour l'heure, on peut donc dire qu'à l'exception de quelques papiers partis définitivement aux États-Unis dans les années 1950, l'intégralité des papiers de Lavoisier (correspondance, papiers scientifiques et politiques, gestion de ses biens, papiers de famille, etc.) est réunie aux Archives de l'Académie des sciences. Gageons que leur richesse saura susciter de nombreuses études sur la vie et l'œuvre de ce grand savant dont on commémorera, en 1994, le bicentenaire de la mort.

**Christiane Demeulenaere**  
*Archives de l'Académie des sciences*

Il y a cent ans....

Dans le Bulletin de la Société Chimique de Paris

(aujourd'hui Bulletin de la Société Chimique de France)



Alphonse Combes, Président de la Société Chimique de Paris



A. Béhal, Secrétaire général de la Société Chimique de Paris

Sur la composition chimique de l'essence de Niaouli, G. Bertrand

(Soc. Chim. 3e série, t. IX, 1893, p. 432)

Le Niaouli (*Melaleuca viridiflora* de Brongniart et Gris) est un arbre de la famille des Myrtacées, qui croît en abondance à la Nouvelle-Calédonie. Ses feuilles fraîches donnent, par distillation en présence de l'eau, jusqu'à 2,5 % de leur poids d'une essence jaune pâle, tirant un peu sur le vert, et dont l'odeur douce et spéciale rappelle celle du cajepout.

... L'analyse de l'essence de niaouli m'a révélé un autre fait que je dois signaler. On admet, et cela est assez bien démontré par l'expérience, que les terpènes résultent de la soudure de deux molécules d'un carbure incomplet  $C^5H^8$  : c'est ainsi qu'en chauffant le valérylène dérivé de l'alcool amylique, M. Bouchardat a obtenu un citrène (*Comptes rendus*, t. 80, p.146, et t. 87, p.654). Or, j'ai trouvé dans l'essence de niaouli la trace de cette synthèse, effectuée cette fois dans le végétal : c'est un alcool amylique, qu'on peut extraire, en très petite quantité, des portions d'essence passant vers 130°, quand on sépare le térébenthène. Je me proposais de poursuivre cette recherche, et j'avais déjà mise en évidence la présence d'un alcool amylique dans les essences de cajepout et d'eucalyptus, quand j'ai appris, par M. Bouchardat lui-même, que ce savant était arrivé pour la dernière essence à un résultat identique, et plus avancé. Je ne continuerai donc pas ce travail, assez heureux de m'être rencontré avec un chimiste si distingué.

Extrait du procès verbal de la séance industrielle juin 1893 (président : M. Combes)

(Soc. Chim. 3e série, t. IX, 1893, p. 481)

M. Ch. Combes décrit les méthodes actuelles pour l'obtention de l'aluminium, fondées sur les procédés électriques. Les procédés se divisent en deux classes : les procédés électrothermiques et les procédés électrolytiques. A propos des premiers, il fait l'étude de l'effet utile du four électrique et le compare à celui des divers appareils usités en métallurgie. Il fait brièvement l'historique du four électrique et énumère les principales applications qui en ont été faites.

Fusion des métaux (Siemens, 1880). Réduction des oxydes métalliques les plus réfractaires (Cowles, 1885). Réduction de la silice pour la fabrication du carborandum, carbure de silicium cristallisé possédant la dureté du diamant, fabriqué industriellement aux États-Unis. Passant aux méthodes électrolytiques, M. Combes étudie les procédés Minet, Héroult, Hall, calcule le rendement et rappelle ensuite les propriétés de l'aluminium et de ses principaux alliages. En terminant, il remercie le directeur de la Société française d'électrometallurgie, qui

a bien voulu mettre à sa disposition un grand nombre d'échantillons d'objets fabriqués en aluminium ; il ajoute que désormais l'aluminium sera un métal industriel venant rivaliser avec les métaux usuels connus ; les applications nombreuses déjà faites lui promettent un brillant avenir.

M. Dreyfus, pour montrer la rapidité de l'accroissement de la fabrication de l'aluminium, donne les chiffres suivants qui représentent les quantités qui ont été fabriquées annuellement à Neuhausen et à Froges.

	Neuhausen	Froges
1890.....	30,000 kg	7,000 kg
1891.....	60,000	20,000
1892.....	300,000	80,000
1893.....	1,000,000	160,000

et ces deux derniers nombres ne représentent que la fabrication faite jusqu'à aujourd'hui.

Les utilisations les plus immédiates paraissent être l'équipement militaire et la construction des torpilleurs sans compter que dès que son prix sera plus abordable l'aluminium paraît destiné à remplacer le fer dans la plupart de ses emplois, en particulier dans les constructions.

Sur le chlore liquide, par M. Fribourg

Soc. Chim., 3e série, t. IX, 1893, p. 351)

L'importante industrie de l'acide carbonique liquéfié est déjà connue de tous les chimistes. L'industrie de la brasserie, les laboratoires emploient ce corps depuis plusieurs années. Il en est de même de l'ammoniaque liquéfiée et de l'acide sulfureux, je viens vous dire quelque mots du chlore liquéfié. L'industrie du chlore liquéfié est encore à ses débuts, l'importance d'un pareil produit ne vous échappera pas, car on peut ainsi transporter sans trop de frais un agent industriel très puissant et indispensable à l'industrie du blanchiment et à tant d'autres industries.

Le chlore liquéfié, occupant un petit volume, pourra remplacer le chlorure de chaux, l'eau de javelle et tant d'autres produits qui ont été substitués au chlore pur, si difficile à transporter à l'état de gaz ou de dissolution.

Le chlore, découvert par Scheele, était connu à l'état liquide dans les laboratoires. Le tube de Faraday qui contient l'hydrate de chlore permettait, en chauffant légèrement une des branches et en refroidissant l'autre, d'obtenir et de montrer dans les cours quelques centimètres cubes de chlore liquide.

Actuellement, le chlore est liquéfié au moyen de pompes, mais le piston au lieu d'être en métal est formé par de l'acide sulfurique, le corps de pompe est un tube en U, en fonte et garni de plomb, une des branches du tube contient du pétrole, l'autre branche de l'acide sulfurique. Le chlore arrive par une soupape à la surface de l'acide. Dans la période d'aspiration, le pétrole s'élève dans la branche du tube en U, tandis que l'acide s'abaisse dans l'autre, le chlore peut pénétrer dans l'espace libre. Dans la période de refoulement, la soupape d'arrivée du chlore se ferme, le chlore comprimé, maintenu gazeux par un manchon d'eau chaude, est conduit dans un réfrigérant en plomb qui le conduit dans les récipients qui sont employés dans l'industrie.

Actuellement, cette industrie est établie dans l'importante usine de M. Pechiney à Salindres.

Les récipients qui servent à le transporter contiennent 50 kilogrammes, le poids de l'emballage est d'environ 100 kilogrammes.

...Les avantages que l'industrie pourra tirer de l'emploi du chlore liquide seront considérables le jour où la question du transport à bon marché sera résolue. Quant aux laboratoires, les services que rendra ce produit ne sont pas négligeables, on a, sans danger, dans un appareil peu encombrant, des quantités considérables d'un corps assez long à préparer. ■

## Michel Robatel

Président-directeur général de Robatel

**L'Actualité Chimique :** Vous êtes Président d'honneur du Symagec qui regroupe les fabricants de matériels pour l'industrie chimique. Quelle est la place des équipementiers dans l'industrie chimique française ?

**Michel Robatel :** Elle est plus qu'honorable, contrairement à ce qui fut récemment écrit par erreur.

La chimie française, qui occupe le quatrième rang mondial, investit 23 milliards de francs par an, soit 6,2 % de son chiffre d'affaires. Sur ces 23 milliards de francs, on peut considérer que les équipements proprement dits, c'est à dire les matériels de chaudronnerie (réacteurs, colonnes, échangeurs), les matériels de génie chimique, les pompes et compresseurs, la tuyauterie, la robinetterie et l'instrumentation représentent environ 50 % du total, soit 11 milliards de francs.

Si l'on compare ce chiffre à celui réalisé par les sociétés françaises fournisseurs réguliers de l'industrie chimique, qui emploient plus de 15 000 personnes, on constate qu'une très large majorité de ces investissements est bien d'origine française ou provient d'entreprises étrangères implantées en France.

Cette observation est encore plus vraie pour les matériels spécifiques de génie chimique tels que filtres, centrifugeuses, séchoirs, etc.

Prenons l'exemple des centrifugeuses industrielles : le marché français est de l'ordre de 200 millions de francs par an, tous appareils confondus. Selon les années, les constructeurs français ou les firmes étrangères produisant en France en assurent entre 80 et 90 %.

Si d'autres secteurs de l'équipement, tels que ceux de la machine-outil ou du matériel textile, pouvaient afficher de telles performances, l'industrie française de la mécanique serait plus florissante !



Malheureusement, après sept années de croissance régulière, de 1984 à 1990, les investissements de la chimie française se sont réduits et l'année 1993 sera très difficile, notamment pour les petites et moyennes sociétés qui constituent l'essentiel de la profession des équipementiers.

**AC :** Les équipementiers français sont-ils en mesure de résister à la concurrence étrangère ?

**M. R. :** Je crois vous avoir déjà pratiquement répondu.

Une autre preuve de la qualité des produits français réside dans la part des équipements de génie chimique exportés : 35 % globalement et près de 40 % pour les matériels spécialisés.

Ces exportations débordent largement le continent européen et les plus courageux sont déjà implantés aux USA, comme De Dietrich et nous-mêmes Robatel, et même au Japon.

L'exportation requiert l'implantation de réseaux ou de filiales et une présence permanente, c'est à dire de coûteux investissements commerciaux. Il est évident que la taille souvent modeste de nos entreprises constitue un handicap.

N'oublions pas que nos homologues allemands, japonais ou américains disposent d'un marché national respectivement 2, 4 et 5 fois supérieur au nôtre.

**AC :** Pensez-vous que la politique d'investissement des entreprises chimiques favorise le développement de votre secteur industriel ?

**M. R. :** Il va de soi qu'un concepteur et un constructeur de biens d'équipements - notamment spécialisé - ne peut se développer que si son client lui-même, c'est à dire l'industrie chimique, investit, se modernise, en un mot évolue. C'est le cas et nous nous en réjouissons.

Mais cette condition nécessaire n'est pas suffisante. Encore faut-il qu'une coopération étroite et confiante puisse s'établir entre ces deux partenaires obligés, auxquels il faut en ajouter un troisième, le monde de la recherche.

Des progrès ont été réalisés depuis une dizaine d'années dans cette voie, par une évolution des esprits, peut être aussi grâce aux ingénieurs formés à la discipline du génie des procédés qui diffuse davantage chez les équipementiers.

De nouveaux produits ou procédés ont ainsi permis de progresser dans les domaines de la sécurité et de la protection de l'environnement, des bonnes pratiques de production, des ateliers multiproduits de l'automatisation des procédés, de l'analyse en ligne, etc.

Cependant, il est regrettable que, chez certains grands groupes ou grandes ingénieries, l'apport intellectuel des équipementiers spécialisés ne soit pas encore apprécié à sa juste valeur et que, trop souvent, seules des considérations à courte

vue, telles que le niveau de prix, interviennent dans leurs décisions d'achat. Cette remarque est d'autant plus valable en période de récession où une pression excessive sur les prix peut mettre en péril nos entreprises, les forçant à se séparer d'hommes de valeur et d'expérience.

J'évoquais à l'instant un troisième partenaire, celui de la recherche. Nous devons, dans ce domaine, dès lors que nos firmes ont atteint une taille suffisante pour disposer d'un noyau de recherche et développement, établir et développer des relations étroites et de longue durée avec les équipes spécialisées des universités, écoles et centres de recherche. Là encore le mouvement est donné, mais il faut l'amplifier.

**AC : Vous êtes également président d'honneur d'Interchimie. Comment avez-vous perçu la manifestation 93 ?**

**M. R. :** Je n'y suis resté qu'une journée et n'ai pu en effectuer une visite détaillée. Cependant, mon impression a été excellente.

Que de chemin parcouru depuis le premier salon que nous avons organisé en 1974 pour succéder à l'ancien Salon de la Chimie !

Permettez-moi de rendre hommage aux efforts conduits depuis cette époque par les animateurs successifs d'Interchimie, et notamment par ses deux commissaires généraux : Pierre Piganiol, de 1974 à 1986, et maintenant Pierre Fillet.

Le concours de 975 exposants, dont 385 étrangers, plus de 30 000 visiteurs professionnels, la variété des produits et des services offerts, l'effort de présentation plaçant Interchimie au tout premier rang international des expositions de génie chimique.

Mais Interchimie doit être davantage qu'une juxtaposition de stands complétée par un congrès : il doit être le carrefour, le lieu de rencontres privilégié, le "triangle d'or", comme le dit avec bonheur le professeur Villermaux, de ces trois partenaires obligés que sont les chimistes, les scientifiques et les constructeurs d'équipements, une sorte de version française de la Dechema, une "Frechema", et ceci pour le meilleur service d'une clientèle désormais planétaire. ■

## Les ressources humaines dans la stratégie de développement de l'industrie chimique

La modernisation de l'outil industriel et l'ajustement des effectifs ont été réalisés en Europe et en particulier en France où les effectifs ont décliné de 13 % en 10 ans (-11,1 % avec la pharmacie) essentiellement dans les emplois les moins qualifiés. C'est, notamment, la conséquence de la restructuration engagée dans la chimie européenne. La France se situe dans une position moyenne entre les pays d'Europe du Nord (Allemagne, Belgique, Pays-Bas) dans lesquels les effectifs de l'industrie chimique ont globalement progressé au cours des années 1980 et ceux comme l'Italie et le Royaume-Uni où les réductions d'effectifs ont été particulièrement sévères (tableau I).

Le Groupe de stratégie industrielle chimie (GSI chimie) du Commissariat Général du Plan, qui rassemble des différents acteurs concernés par les perspectives à moyen terme de l'industrie chimique française (entreprises, syndicats de salariés, administrations), a publié un rapport\* sur les ressources humaines dans la stratégie de développement de l'industrie chimique. Ce rapport, dont nous reproduisons ci-après de larges extraits, a été établi par un groupe constitué pour travailler sur le thème des ressources humaines et dont la présidence a été confiée à René

Pénisson, directeur des ressources humaines de Rhône-Poulenc. Les objectifs étaient de réfléchir aux évolutions prévisibles de l'emploi, des qualifications et de l'organisation du travail dans l'industrie chimique, compte tenu des mutations technologiques et de la transformation des marchés,

### Evolution des effectifs et par catégories

Les effectifs de l'industrie chimique au sens strict, comprenant la chimie de base (minérale et organique) et la parachimie sans la pharmacie, ont diminué assez nettement depuis 1980 (voir figures 1 et 2). Cette industrie employait 223 000 personnes fin 1990 (avec une diminution de 0,4 % en 1991) à comparer à 256 000 per-

sonnes fin 1980. Cette baisse des effectifs a cependant été moins forte pour l'industrie chimique (13 %) que pour l'ensemble de l'industrie (17 %) et a, en outre, été accompagnée d'une forte hausse de la production, celle-ci surestimée cependant par l'augmentation du recours à la sous-traitance.

L'analyse de la pyramide des âges permet de noter le poids relativement plus important des personnes de plus de 40 ans dans la chimie que dans l'ensemble de l'industrie (les données utilisées pour la pyramide d'âges sont celles de l'enquête emploi de mars 1989 de l'INSEE), ainsi qu'un déficit relatif dans l'intervalle de 20 à 30 ans, ce qui s'explique par la faiblesse du flux d'embauche de ces dernières années. Les diminutions d'effectifs ont été plus

**Tableau I - Evolution des effectifs de l'industrie chimique (y compris la pharmacie) en Europe.**

(en milliers de personnes)	1980	1990	Variations
Allemagne	550,0	582,4	+ 5,9 %
Royaume-Uni	431,0	317,3	- 26,4 %
France	295,8	263,1	- 11,1 %
Italie	283,0	217,0	- 23,3 %
Belgique/Luxembourg	89,9	96,6	+ 7,5 %
Pays-Bas	91,0	93,0	+ 7,4 %

(source : CEFIC)

\*Rapport du GSI chimie du Commissariat Général du Plan (CGP, 18, rue Martignac, 75007 Paris. Tél. : (1) 45.56.51.00) : "Les ressources humaines dans la stratégie de développement de l'industrie chimique", janvier 1993.

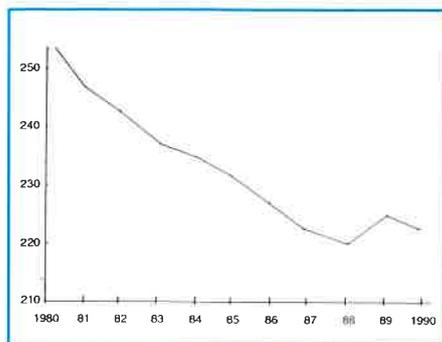


Figure 1 - Evolution des effectifs. Ensemble de la chimie (en milliers de personnes)

importantes pour les ouvriers et les employés (5 100 personnes soit 18 % pour les ouvriers non qualifiés, 11 000 personnes soit 12 % pour les ouvriers qualifiés et 3600 personnes soit 11 % pour les employés, sur la période 1984-1988).

A l'inverse, les effectifs de la catégorie cadres ont progressé au cours de la même période respectivement de 3 500 personnes, soit 13 %, et ceux de techniciens de 1 300 personnes, soit 9 %.

En outre, cette diminution s'est accompagnée d'un accroissement du niveau moyen de qualification, de sorte que les emplois dans la chimie sont désormais caractérisés par plus de technicité, de souplesse et d'interdisciplinarité, avec une différence d'évolution entre la chimie de base (organique et minérale) et la parachimie du fait que la chimie de base était déjà concentrée il y a 10 ans alors que, pour la parachimie, la concentration est toujours en cours.

**Evolution par filière et secteur d'activité**

Les évolutions d'effectifs par filière au cours de la période 1980-1990 sont assez contrastées : diminution des emplois de production (- 21 000, soit - 19 % pour la filière fabrication ; - 6 100, soit - 20 % pour la filière entretien) et des emplois de bureau (- 3 200, soit - 28 % pour la

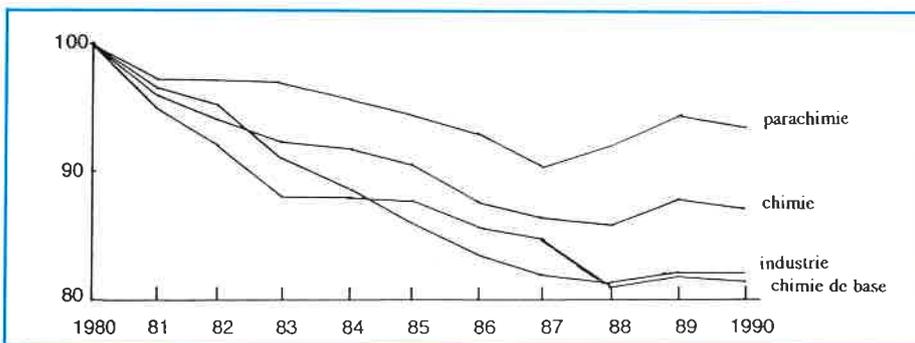


Figure 2 - Evolution des effectifs. (base 100 = 1980).

comptabilité ; - 4 000, soit - 11 % pour la filière administration). Les effectifs dans la filière labo ratoire/recherche ont été stables. Les effectifs ont par contre progressé dans l'informatique (+ 900, soit + 27 %), le technique (+ 1 000, soit + 8 %) et le commercial (+ 400, soit + 1,5 %). La croissance forte observée pour l'informatique ne devrait vraisemblablement pas se prolonger dans les années 1990. L'informatique est en effet de moins en moins l'affaire de spécialistes et pénètre dans toutes les activités.

Le relatif maintien des effectifs en chimie organique et en parachimie (tableau II) n'est dû qu'à une bonne progression dans les secteurs des matières plastiques, des produits de base pour la pharmacie et de la parfumerie.

Des évolutions divergentes ont également été observées dans les secteurs "périphériques" de l'industrie chimique (tableau III).

On note ainsi des évolutions divergentes selon les secteurs d'activité. Cependant, la suppression de productions et de sites non rentables, ainsi que des investissements de productivité ont conduit, en moyenne, à une baisse des effectifs portant notamment sur les emplois non qualifiés.

**Un niveau de formation et de qualification en progression**

L'industrie chimique a, comme l'ensemble de l'industrie française, embauché au cours des années 60 et 70 avec des exigences faibles en matière de qualification et de diplôme. L'industrie française a été et reste encore, de ce fait, très largement caractérisée par le bas niveau de formation initiale des ouvriers, agents de maîtrise et techniciens, si l'on compare sa situation à celle des pays voisins et notamment de l'Allemagne. Ce constat concerne l'industrie chimique dans une moindre mesure car le niveau de qualification initiale est compensé par un effort déjà ancien de formation continue interne, principalement dans les grands groupes.

En reprenant les dernières enquêtes de l'Union des Industries Chimiques (février 1993), on note que la proportion d'ingénieurs et cadres atteint 17% en 1992 contre 11 % en 1980 (figure 3) et, en comparant le nombre d'ingénieurs chimistes recrutés entre 1988 et 1991 (tableau IV), il apparaît par ailleurs qu'en 1991, par rapport à 1988, les recrutements de chimistes, en valeurs absolues et en % de la population d'ingénieurs chimistes en place, sont en fort retrait, en particulier pour les ingénieurs confirmés, alors que les catégories autres ingénieurs et autres cadres se maintiennent au même niveau et que les technico-scientifiques restent à un niveau intermédiaire entre ceux de 1988 et 1990 (figure 4).

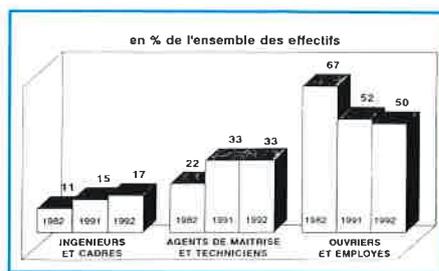


Figure 3 - Evolution des qualifications professionnelles dans l'industrie chimique, en % de l'ensemble des effectifs. Source : UIC, février 1993.

Le groupe "Ressources humaines" note qu'il existe un rapprochement encore insuffisant entre l'entreprise et le système de formation malgré les bonnes relations traditionnelles entretenues et la nécessité de formation bien comprise. Le cas de l'usine de Pont-de-Claix de Rhône-Poulenc ainsi qu'une enquête effectuée auprès des établissements d'Elf Atochem montrent que les entreprises ont surtout des motifs à court terme pour nouer ces relations et que des obstacles subsistent à l'établissement de relations efficaces et durables.

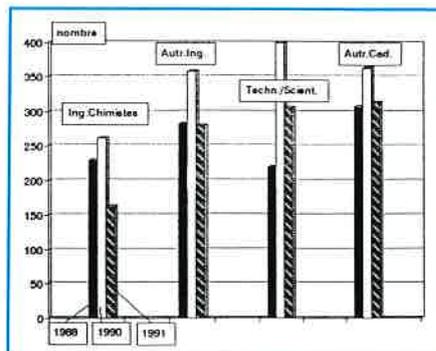


Figure 4 - Evolution (1988-1991) du recrutement ingénieurs et cadres de l'industrie chimique (source UIC, février 1993).

### Recommandations

S'appuyant sur des expériences menées par des entreprises comme Elf Atochem, Exxon, Kodak, L'Oréal, Rhône-Poulenc, le rapport présente six recommandations sur les actions à mener dans le domaine des ressources humaines au cours des prochaines années :

1. Mettre en place de nouveaux indicateurs de performance globale, qui ne soient pas seulement centrés sur le coût unitaire, mais aussi sur la valeur ajoutée, la réduction des délais et dysfonctionnements, l'amélioration de la qualité...
2. Changer les organisations en supprimant les structures pyramidales trop lourdes, en simplifiant les procédures et les processus de fonctionnement. Favoriser partout la responsabilité et l'initiative, avec un souci constant du service au client, de la qualité et de l'innovation.
3. Développer les instruments d'une gestion prévisionnelle des emplois et des compétences, pour permettre à chaque entreprise de faire face à la flexibilité exigée par la demande et pour disposer d'une palette suffisante de savoir-faire.
4. Accompagner cette évolution par une politique de formation initiale et continue active, en développant l'apprentissage, le tutorat, et en améliorant le partenariat entre les entreprises et l'Éducation nationale.
5. Multiplier les échanges d'expériences pour mieux réussir les nouveaux développements, faciliter l'évolution des structures anciennes et favoriser les processus de changement.
6. Renforcer la cohésion sociale par la concertation afin que ces adaptations se réalisent dans l'intérêt des salariés et des entreprises.

Tableau II - Effectifs par branche de la chimie en 1990

	1990	Evolution 1980/1990
Chimie minérale .....	30 829	- 36,4 %
dont engrais .....	10 311	- 41,7 %
Chimie organique .....	82 855	- 8,4 %
dont chimie organique de synthèse .....	31 136	- 25,9 %
produit de base pour la pharmacie .....	15 733	+ 30,3 %
matières plastiques.....	16 415	+ 32,4 %
Parachimie .....	109 792	- 6,4 %
dont savons et détergents .....	10 214	- 7,4 %
peintures et vernis .....	20 202	- 10,3 %
produits photographiques .....	11 403	- 23,8 %
parfumerie .....	34 598	+ 22,2 %

(Sources : UNEDIC)

Tableau III - Effectifs des secteurs "périphériques" de l'industrie chimique

	1990	Evolution 1980/1990
Pharmacie .....	77912	+ 9,2 %
Caoutchouc.....	84 199	- 28,9 %
Transformation des matières plastiques...	141 148	+ 19,3 %

(Source : UNEDIC)

Tableau IV - Comparaisons des recrutements d'ingénieurs chimistes

Années	1988	1990	1991
Débutants	138	158	121
Confirmés	91	103	41
Total	229	261	162
%/ing. chim. en place	6,9	6,8	4,2

(Source : UIC)

## RENCONTRES CNRS D'ARC ET SENANS 17-19 septembre 1993

### SCIENCES ET CITOYENS

Le rendez-vous annuel de réflexion, d'échange d'idées pour le futur sous forme de dialogues entre jeunes et chercheurs.

Renseignements : CNRS, 15, quai Anatole France, 758007 Paris. Tél. : (1) 47.53.12.87 (ou par Minitel, 3614 CNRS, rubrique Sciences et citoyens)

# La protection des plantes

Neuf à dix milliards d'hommes en l'an 2000 ? Telles sont les prévisions. Les besoins de l'humanité croissent donc rapidement. Pour y faire face, l'agriculture devra nécessairement se développer. L'apport des industries chimiques et biologiques paraît incontournable.

Le Conseil National des Ingénieurs et des Scientifiques de France (CNISF) a voulu faire le point sur les possibilités offertes par ces industries. Il a, pour cela, rassemblé quelques spécialistes qui nous ont fait part de leurs vues prospectives dans les domaines économiques et techniques.\*

*"Le rôle essentiel des produits de protection des plantes est de permettre l'expression la plus grande possible du potentiel des cultures"* Jean Pierre Guillou (directeur général de l'Union des Industries de la Protection des Plantes-UIPP) est formel, le défi à relever demeure plus que jamais "Nourrir les Hommes".

La planète Terre portera vraisemblablement entre 9 et 10 milliards d'hommes en l'an 2000. Les ennemis des cultures peuvent causer des dégâts considérables ! (tableau 1). Deux exemples :

- en France, un hectare de betteraves non désherbé produit deux fois moins qu'un hectare désherbé.

- la pyrale, un ravageur du maïs, peut faire chuter les rendements de 30 à 40 %.

Pour appuyer son argumentation, l'UIPP cite une étude réalisée par les universités de Hanovre et de Kiel. Celle-ci montre que, sans protection, les pertes de rendement pourraient atteindre 83 % du potentiel pour la culture du riz, 52 % pour la culture du blé, 59,5 % pour la culture du maïs, 46,5 % pour la culture de l'orge.

Tableau 1 - Pertes de rendement dues aux ennemis des cultures

Cultures	Maladies	Ravageurs	Mauvaises Herbes	Total	Sans Protection des Plantes
Blé	13,3 %	9,3 %	13,1 %	35,7 %	51,9 %
Maïs	10,8 %	14,5 %	13,1 %	38,4 %	59,5 %
Orge	9,9 %	8,8 %	11,0 %	29,7 %	46,5 %
Riz	15,9 %	21,5 %	17,2 %	54,6 %	83,2 %

(Source : UIPP)

Par conséquent, l'UIPP a adopté comme devise "Protéger les cultures pour nourrir les hommes".

## Enjeux économiques

La mise au point d'un produit nécessite des investissements considérables que l'UIPP évalue à 700 millions de francs sans compter les coûts relatifs aux investissements industriels nécessaires à la fabrication et à la formulation des produits.

Ces coûts reposeraient sur une synthèse qui se chiffre par environ 20 000 molécules par an et l'on estime qu'un rendement d'une molécule sur 10 000 est un résultat qui, aujourd'hui, permet encore d'accéder à une certaine rentabilité. Cependant, les coûts augmentent, et de moins en moins de grandes entreprises sont capables d'assumer l'entretien d'une recherche fondamentale, innovante et prospère.

En 1970, 22 entreprises couvraient 80 % du marché. Pour la même performance en 1991, elles n'étaient plus que 13, et en l'an 2000 il est envisagé que, au maximum, une dizaine de groupes seront capables de réinvestir annuellement les sommes nécessaires à la mise au point de nouveaux produits.

La taille critique des entreprises augmentant, les périodes d'amortissement de sommes engagées s'accroissent. La courbe traduisant le bilan économique d'un produit phytosanitaire montre un point d'équilibre qui est estimé à environ 13 ans après le dépôt d'un brevet. En raison de l'évolution actuelle des exigences, cette courbe a tendance, d'une part, à se déformer dans le sens du coût supérieur, mais également à retarder le point d'équilibre financier.

En termes financiers, le marché de l'agrochimie représente globalement 100 milliards de francs, le marché européen en



J..P. Guillou (UIPP) :

*"Le marché mondial de l'agrochimie représente 130 milliards de francs. En chiffre d'affaires par nature de produits ; les herbicides représentent 46 %, les insecticides 27 % et les fongicides 21 %. Le chiffre d'affaires français a représenté 13 milliards de francs en 90/91"*.

couvre environ 30 % et le marché français environ 10 %. Lorsqu'on parle de marché mondial, il faut bien sûr penser à une foule d'utilisations possibles de l'ensemble des produits, mais pour fixer les idées, il faut surtout penser à 5 grandes cultures que sont le soja, le maïs, le coton, le riz et le blé. Ces cinq cultures drainent la plus grande partie des utilisations : 68 % des herbicides et environ 50 % des insecticides.

Pour ce qui concerne le marché européen, sa maturité rend sa progression plus lente car il existe maintenant peu de problème parasitaire qui n'ait pas trouvé une solution technique.

Seuls quelques virus et bactéries ne peuvent être évités qu'à l'aide d'une lutte préventive. Mais de nombreux problèmes sans solution demeurent dans les pays en développement. L'innovation reste la clef de voûte du développement de cette industrie.

\* Ce point a été effectué au cours d'un colloque intitulé "Protection des plantes, actualité et perspectives" tenu dans le cadre d'Interchimie 93.

## Stratégies de recherche

"A court et moyen termes, les produits chimiques continueront à être utilisés comme moyen de lutte majeur dans la protection des végétaux". Même si Robert Nyfeler (directeur des services scientifiques Ciba division Agriculture) ajoute que "les méthodes de lutte biologiques et l'utilisation de plantes issues des biotechnologies joueront un rôle de plus en plus important dans ce marché". Mais, quels que soient ces produits, ils devront satisfaire aux mêmes exigences : "... être très efficaces, sélectifs, ciblés, fiables et d'un rapport coûts/bénéfices favorable. En outre, ils doivent être sans danger pour l'applicateur, le consommateur et l'environnement".

R. Nyfeler nous explique par la suite comment s'effectue l'identification de nouvelles structures *lead*.

La recherche de nouvelles molécules à action phytosanitaire passe par deux étapes :

- la première étape constitue l'identification de nouvelles structures *lead*. (Ce terme désigne des molécules d'une structure nouvelle et originale et qui possèdent des propriétés biologiques prometteuses).

- la seconde étape concerne l'optimisation de la structure *lead* par variation chimique. Ceci en vue de trouver d'autres molécules ayant des propriétés aussi ou plus favorables dans les domaines de l'activité et de la sécurité.

Quatre voies principales sont à notre disposition pour identifier de nouvelles structures *lead*. Ce sont le *random screening*, la recherche d'analogues chimiques, l'utilisation de substances naturelles et la conception de molécules sur la base d'hypothèses biorationnelles.

Le principe du *random screening* consiste à évaluer un grand nombre de molécules dans l'ensemble des tests biologiques. Cette méthode est largement tributaire du hasard et le taux de succès est très faible. Il faut donc évaluer un nombre important de substances pour finalement arriver à des résultats intéressants.

La figure 1 décrit le concept *random screen* utilisé chez Ciba, où sont testées environ 15 000 molécules par an. Elles proviennent des programmes de la société, mais également de sources externes, telles que les universités ou les instituts de recherche. Toutes les molécules sont remises à un groupe logistique qui les répartit dans tous les tests établis. Des molécules issues d'un projet herbicide, par exemple, sont testées d'office quant à leurs propriétés fongicides ou insecticides éventuelles. Les tests s'effectuent d'abord en serres et ensuite, pour les molécules d'une activité intéressante, en plein champ.

Dans l'approche basée sur la recherche d'analogues chimiques, des molécules connues pour leurs propriétés biologiques

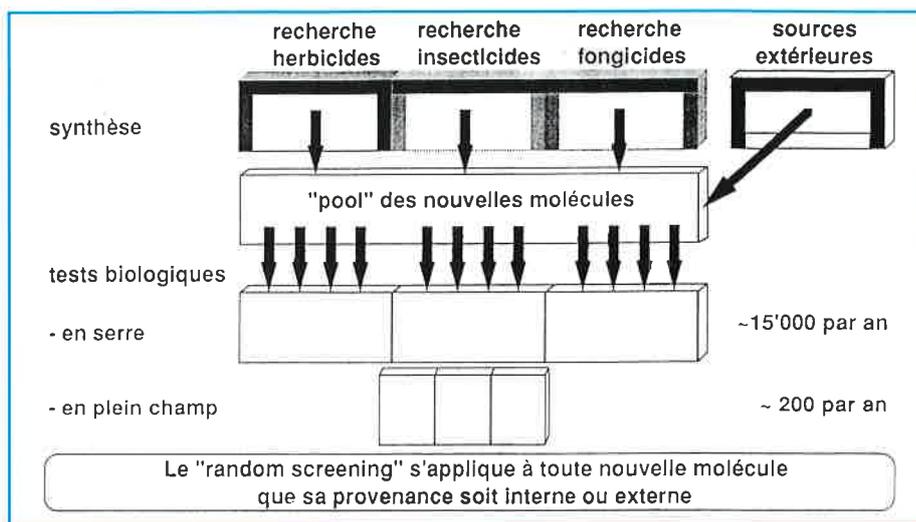


Figure 1 - Random screening : le concept

intéressantes peuvent servir de nouvelles structures *lead*. Des programmes d'optimisation sont initiés pour trouver des molécules ayant une structure originale et une activité biologique améliorée ou des propriétés utiles supplémentaires, telles que la sélectivité.

Il va de soi que ces molécules doivent constituer une véritable innovation de façon à ce qu'il n'y ait aucun risque de violation de brevets existants.

L'approche de la recherche d'analogues chimiques est souvent jugée comme un procédé "bon marché" et facile à mettre en œuvre. En réalité, la modification intelligente, créative et systématique d'une molécule peut aboutir à des produits originaux ou à de nouvelles structures *lead* qui se prêtent à leur tour à une optimisation ultérieure.

La troisième méthode pour trouver de nouvelles structures *lead* consiste à tester des produits naturels.

Les micro-organismes, les plantes, les insectes et les organismes marins produisent un grand nombre de métabolites secondaires susceptibles d'exercer une

action biologique intéressante. Suivant la complexité de la structure chimique et de l'activité biologique, les produits naturels peuvent être développés directement ou servir de structure *lead* pour les chimistes de synthèse.

Par exemple (figure 2), le pyrrolnitrine, antibiotique naturel, a été isolé en 1964 au Japon à partir de différentes espèces de *Pseudomonas*. Il a été développé comme agent fongicide pour le traitement des maladies de la peau. Dans nos tests en serre, cette molécule a montré une activité intéressante contre *Botrytis*, *Pyricularia* et *Cercospora*. Or, comme le pyrrolnitrine est très instable à la lumière, il était hors de question de l'utiliser directement comme produit phytosanitaire. Il fut cependant considéré comme une structure *lead* intéressante.

Une méthode de synthèse était heureusement à disposition et permettait la conception facile d'un grand nombre d'analogues du type illustré par la structure au centre de la figure 3. Grâce à ce travail, deux fongicides d'une activité remarquable ont été trouvés : le Fenciclo-

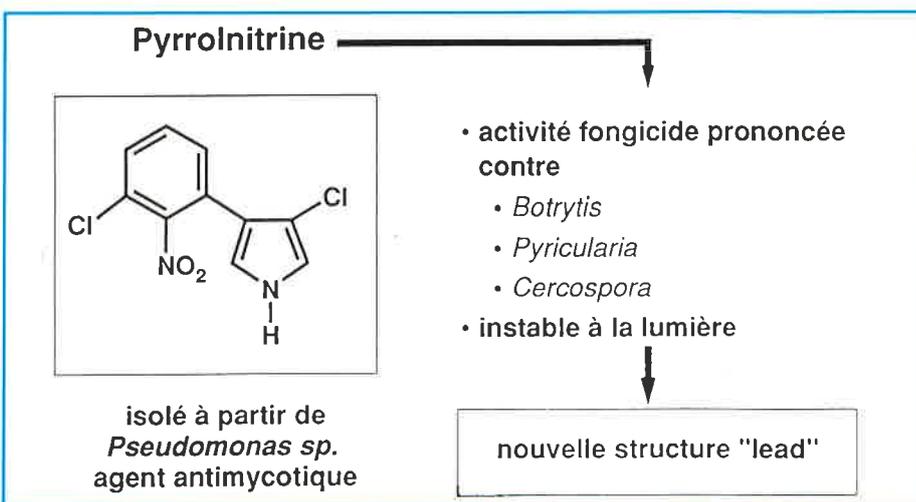


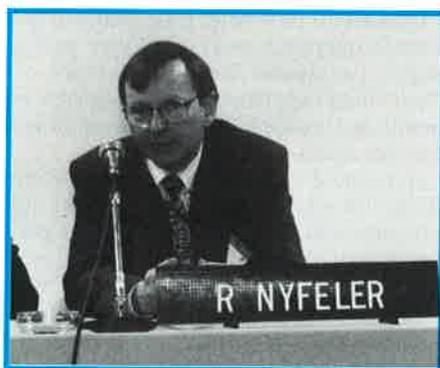
Figure 2 - Point de départ - Un produit naturel

nil et la CGA 173506. Les deux produits sont actifs contre de nombreux champignons et peuvent être utilisés en traitement de semences. En outre, ces produits sont stables à la lumière du soleil.

Pour le moment, il n'existe que peu d'exemples connus de produits développés et commercialisés sur la base de cette approche. Les pyréthroides, les analogues de l'hormone juvénile et les avermectines sont probablement les cas les plus connus. Néanmoins, les efforts se multiplient dans un grand nombre de sociétés afin d'identifier, grâce à cette méthode, des produits naturels pouvant servir de structures "lead". D'autres résultats prometteurs viennent d'être publiés. Une pyrrole à action insecticide, dérivée du dioxapyrrolomycine, et deux nouveaux fongicides dérivés du produit naturel strobilurine en sont les exemples les plus intéressants. Ces trois produits sont toujours en voie de développement.

La conception de nouvelles structures lead sur la base d'hypothèses biorationnelles est un domaine où les espoirs sont grands mais dont il n'existe pas d'exemple de développement réussi. R. Nyfeler nous en explique le principe de base.

Il est fondé sur les connaissances de la biochimie d'organismes cibles sélectionnés et l'on s'efforce d'identifier les enzymes ou les récepteurs essentiels au fonctionnement de ces organismes. Ensuite, il faut isoler ces enzymes et ces récepteurs et mettre au point des tests biochimiques qui permettent de mesurer leur fonctionnement et leur effet inhibiteur.



R. Nyfeler (Ciba division Agriculture) : "En dehors des connaissances scientifiques, il nous faudra toujours une bonne dose d'intuition et de chance. Cela ne signifie nullement que le processus de découverte soit une progression à l'aveugle. Au contraire, dans ce processus nous serons de plus en plus orientés et guidés par de nombreuses informations découlant d'une recherche complémentaire dans les domaines de la biologie, biochimie, biologie moléculaire, physico-chimie et modélisation moléculaire assistée par ordinateur".

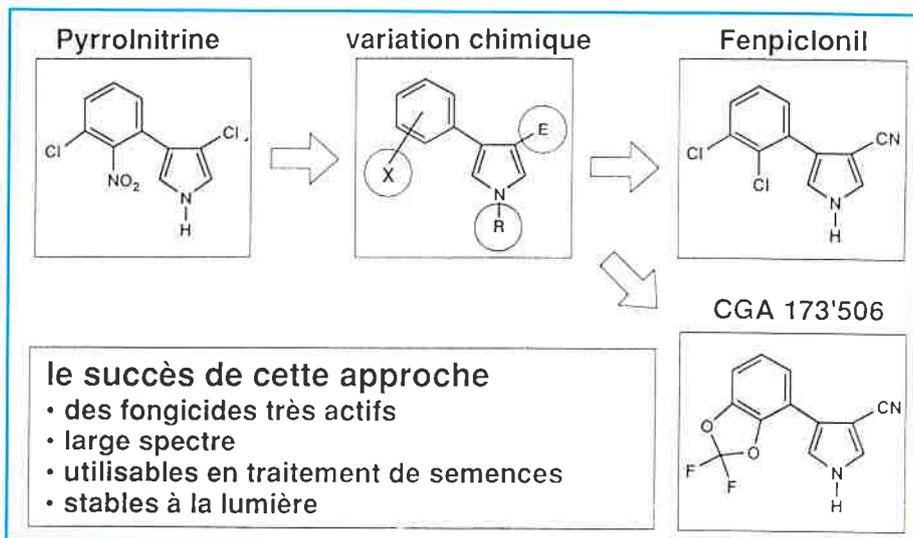


Figure 3 - Résultats des variations chimiques autour de la pyrrolnitrine

Dans ce cas idéal, il faut également connaître la structure tridimensionnelle de l'enzyme ou du récepteur. C'est à ce moment-là que l'on peut commencer à concevoir des molécules nouvelles qui interviennent de façon spécifique sur l'action des enzymes ou des récepteurs et qui inhibent, par conséquent, leur fonctionnement. La modélisation moléculaire assistée par ordinateur joue un rôle important dans ce processus.

Voilà comment les choses peuvent se dérouler dans un cas idéal. Mais il y a trois raisons pour lesquelles le progrès est lent dans ce domaine.

Premièrement, et ceci à l'inverse de la recherche pharmaceutique, on a affaire à un grand nombre d'organismes cibles et d'espèces différentes ayant chacun sa propre biochimie. Il est donc impossible de tous les inclure dans les tests. On est contraint de se concentrer sur certains organismes importants ou sur ceux dont la biochimie est au moins partiellement connue. Dans les deux cas, ces investigations entraînent énormément de travail d'expérimentation.

Deuxièmement, beaucoup d'excellents inhibiteurs d'enzymes sont absolument inactifs dans un système "in vivo". Ce phénomène peut s'expliquer par la faculté de l'organismes de survivre malgré l'absence de l'enzyme, pourtant jugée essentielle ou par l'impossibilité pour l'inhibiteur de pénétrer dans l'organisme vivant à travers les parois de la cellule, et donc d'atteindre l'enzyme.

Mais probablement la raison la plus importante, à l'origine de la lenteur des progrès dans ce domaine, est la suivante : toujours à l'inverse de l'industrie pharmaceutique, on est en mesure de tester toutes les molécules sur des organismes vivants sélectionnés, et ceci dès le début de l'évaluation. L'industrie agrochimique a automatisé ces procédés de tests, permettant ainsi l'évaluation en serre, sur

des organismes vivants, de 15 à 20 000 molécules par an.

## Nouveaux concepts

En dehors de ces quatre approches, il y a d'autres possibilités pour détecter de nouvelles structures lead. Elles sont fondées sur de nouveaux concepts ou méthodes.

Une approche intéressante et fréquemment utilisée consiste à exploiter des processus qui surviennent naturellement. Peuvent servir d'exemples des études concernant l'influence des phéromones sur le comportement d'insectes, l'interaction entre les plantes-hôtes et les agents pathogènes ou les mécanismes naturels de défense des plantes contre les maladies.

L'objectif principal est de trouver et développer des produits qui protègent les cultures contre les maladies par stimulation de leurs mécanismes naturels de défense. Ces produits peuvent être synthétiques, naturels ou biologiques. Le principe de cette méthode est illustré figure 4.

On a constaté que des plantes, ayant subi une infection locale par certains micro-organismes, étaient beaucoup plus résistantes contre ces infections au bout de quelque temps. Il fut possible de démontrer que de telles infections amènent des changements dans un certain nombre de réactions biochimiques de la plante. Des signaux semblent activer des mécanismes naturels de défense de la plante. Bien des détails de ce processus captivant nous échappent encore.

Cette nouvelle technologie présente de nombreux avantages. Les agents n'ont pas d'activité directe : ce ne sont pas des fongicides, bactéricides ou véricides, mais simplement des agents qui stimulent les systèmes de défense naturels de la plante. On pourrait les comparer à des vaccins et les considérer comme des

agents agropharmaceutiques. Ils sont efficaces à faibles doses et ils sont rémanents. En outre, leur spectre d'activité peut s'étendre à un grand nombre de maladies. Ce qui est particulièrement intéressant, c'est la possibilité de protéger ainsi des plantes contre les bactéries et les virus. Le fait qu'il n'y a jusqu'à maintenant aucun viricide et seulement peu de bactéricides sur le marché permet d'entrevoir des opportunités intéressantes de développement de nouveaux produits.

Il convient de mentionner également les efforts en cours dans le secteur du génie génétique. Un des objectifs principaux est d'introduire des gènes étrangers dans les plantes en vue d'accroître leur résistance naturelle contre une multitude de maladies et de ravageurs. Le récent développement chez Ciba d'une nouvelle variété de maïs issue du génie génétique en est un exemple. Elle contient un gène du bacille thuringiensis qui provoque une résistance contre les pyrales.

Toutes les méthodes décrites par R. Nyfeler représentent de précieux outils pour identifier de nouvelles structures "lead". Chacune a ses mérites et ses limites. Une stratégie de recherche dynamique aura recours à toutes ces méthodes à la fois ; elle s'efforcera de les exploiter de façon équilibrée.

## Genèse d'un nouveau produit

"D'une nouvelle touche (lead) au produit sur le marché, un long chemin reste à parcourir, semé d'embûches ; il s'agit pour les équipes de recherche et de développement, d'une aventure formidable, difficile et coûteuse, et pleine de défis". C'est Pierre Place (responsable du service de synthèse Rhône-Poulenc Agrochimie) qui nous raconte cette merveilleuse aventure.

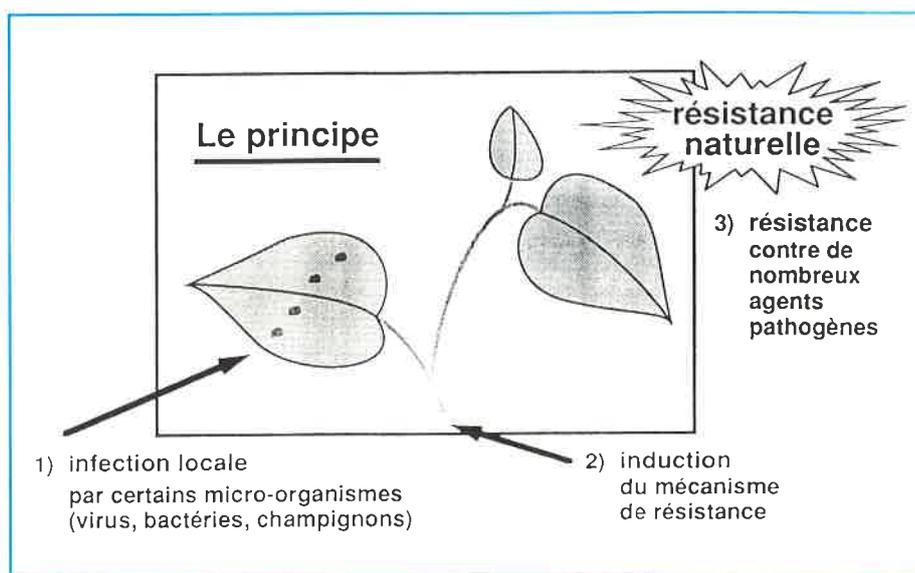
### Le contexte

Sont recherchés aujourd'hui les produits qui seront vendus au siècle prochain sur le marché de l'agriculture mondiale. De ce fait, il est très important que les chercheurs aient une bonne appréhension du contexte global : les marchés et leurs tendances, l'évolution du monde agricole et de ses pratiques, l'évolution du contexte environnemental, le coût du développement d'un nouveau produit.

Pour être commercialisable, un nouveau produit agrochimique doit répondre à un problème et pouvoir s'intégrer dans un marché suffisant assurant une bonne rentabilité des dépenses R&D et des investissements industriels, qui peuvent atteindre au total de 250 à 500 MF.

Il doit apporter une amélioration significative par rapport aux produits existants en particulier sur les points suivants :

- le coût : dans un marché européen en récession et en pleine réorganisation (PAC, GATT), les pratiques agricoles



**Figure 4 - Résistance naturelle induite.** La feuille de gauche a été traitée avec de l'eau, à titre de contrôle. Après une période d'induction, la plante fut inoculée avec un champignon qui provoque des taches sur les feuilles, le colletotrichum lagenarium. Les symptômes de la maladie sont bien visibles. La feuille de droite a été traitée avec 10 ppm d'une molécule expérimentale. Cette dose suffit à protéger la plante contre des infections ultérieures. Le composé chimique n'a pas d'activité fongicide in vitro.

changent. Les producteurs qui visaient auparavant la protection la plus élevée assurant un rendement maximum ont tendance à prendre plus de risques et à s'orienter vers un compromis où la protection est moins bonne mais le coût de traitement moins élevé. On voit pour cette raison un retour en force de l'utilisation des banalités. Dans ces conditions et plus que jamais, les chimistes doivent concevoir des molécules à faible coût de fabrication.

- la dose : pour les mêmes raisons de rentabilité et pour assurer une meilleure protection de l'environnement, dans un contexte où la législation se durcit dans la plupart des pays, il est nécessaire de concevoir des nouveaux produits agissant à faible dose.

- l'effet sur l'environnement : pour les nouveaux produits, le défi est beaucoup plus élevé que par le passé, et leur innocuité doit être démontrée (faible persistance dans le sol, teneur pratiquement nulle dans les eaux souterraines, effets minimes sur la faune et la flore utile).

- la toxicité : là encore la législation se durcit dans le sens d'une protection renforcée des utilisateurs et des consommateurs (résidus).

- les propriétés agronomiques : la sélectivité des produits pour les cultures doit être irréprochable ; le spectre d'activité et le mode d'application doivent être attractifs pour le producteur client et répondre à ses besoins.

### La recherche

C'est la phase d'évaluation d'une famille chimique au cours de laquelle on

recherche dans la performance, le meilleur compromis entre les différents paramètres évoqués ci-dessus.

**Chimie :** l'objectif est d'atteindre l'optimum le plus rapidement possible et avec un nombre de molécules synthétiques le moins élevé possible. Cela signifie que les chimistes doivent canaliser leur créativité et réaliser des synthèses ciblées.

**Biologie :** quel que soit le type d'activité (herbicide, insecticide, fongicide), l'objectif est de révéler les produits d'une famille qui présentent la meilleure performance par rapport aux marchés visés.

Pour situer la performance biologique, on attend de l'ensemble des tests d'optimisation les réponses suivantes :

- en terme d'activité : largeur du spectre, dose d'emploi (g/ha), sélectivité par rapport aux cultures cibles, effet de choc pour un insecticide appliqué par voie foliaire,
- en terme de mode d'action : type d'application, pénétration/biodisponibilité, transport/systémie, persistance d'action, stade d'application dans le développement du parasite (champignon ou insecte), propriétés curatives pour un fongicide.

**Biochimie :** à l'interface de la chimie et de la biologie, elle a pour double mission :

- D'aider à la compréhension des phénomènes biologiques (biodisponibilité de la matière active dans la plante, le champignon, ou l'insecte : pénétration, transport, localisation, première approche de la métabolisation). L'utilisation de molécules marquées (carbone 14) à un stade précoce est un avantage précieux.

- De rechercher le mode d'action biochimique de la famille chimique (sur quelle cible enzymatique elle est active). Les

biochimistes ont mis au point une batterie de tests simples qui permettent de détecter une activité sur les grandes voies métaboliques (par exemple biosynthèse des stérols, des acides aminés, des lipides, inhibition de la respiration mitochondriale,...).

L'étape suivante, quand on a réussi à identifier le mode d'action, est la mise en place d'un test comparatif innovant et efficace, permettant d'identifier le potentiel intrinsèque d'une molécule, de classer les produits testés en fonction de leur activité sur la cible, et de corrélérer cette activité avec l'activité biologique.

Formulation : son rôle est de mettre au point la formule la plus performante pour le type d'activité considérée (herbicides de pré et post levée, insecticides, fongicides), en fonction du type d'application (traitements de semences, de sol, foliaires).

Les qualités recherchées pour une formulation performante sont la facilité et la sécurité d'emploi pour l'applicateur dans les conditions de la pratique agricole, la biodisponibilité de la matière active : efficacité et persistance sans phytotoxicité, la stabilité (dans le temps et en fonction de la température), la faisabilité industrielle au moindre coût pour assurer une bonne rentabilité.

Il est très important d'innover dans le domaine de la formulation : une présentation attractive pour l'agriculteur client est un avantage distinctif. La tendance actuelle est de remplacer les anciennes formules (poudres mouillables, concentrés émulsionnables...), chaque fois que possible, par des présentations plus pratiques et plus sûres pour l'applicateur et l'environnement, sous forme de gels, granulés dispersibles, sachets solubles (emballages non souillés), semences enrobées...

Le défi est de développer ces nouvelles techniques en maîtrisant les coûts.

Toxicologie/environnement : pour des raisons d'éthique et pour satisfaire à une législation de plus en plus contraignante, les risques de nuisance d'une nouvelle famille de produits sont évalués dès le début de l'optimisation. Les résultats des tests de toxicité et de comportement dans l'environnement des molécules les plus actives sont déterminants pour la poursuite d'un projet.

En cas de résultats défavorables, les chimistes apporteront aux molécules des modifications structurales susceptibles d'éliminer les risques tout en conservant l'activité biologique.

Cette phase d'optimisation se poursuit (durée 1 à 3 ans ; 100 à 600 molécules synthétisées) jusqu'à ce que l'objectif fixé soit atteint. Un ou deux candidats sont alors proposés au développement. Les projets recherche font l'objet d'une revue périodique au cours de comités pluridisciplinaires. Si les résultats ne progressent

pas et que les chances de succès paraissent faibles, les projets sont arrêtés.

### Le développement

Cette phase qui peut durer 3 à 5 ans est cruciale car elle prépare la mise sur le marché, à travers la procédure d'homologation. Etant donné l'enjeu final et les dépenses engagées pendant cette période, tous les efforts sont conjugués pour qu'elle soit réussie.

- les études de procédé industriel sont mises en route. Dans le même temps des échantillons de quelques centaines de kg de matière active sont préparées pour les études de toxicologie et les essais en plein air.

- Les études et le procédé industriel pour les formulations sont également réalisées.

- Le positionnement marketing est affiné et les études de rentabilité initiées à la phase précédente sont complétées, en fonction des éléments de coût (matière active, formulation) et des performances agronomiques réalisées avec des formulations de la matière active seule ou en association.

La procédure d'homologation nécessite la constitution d'un dossier biologique, qui présente les avantages agronomiques du nouveau produit, et d'un dossier d'homologation, qui présentent les risques qu'il est susceptible de faire courir au travailleur, au consommateur, et à l'environnement.

- Le dossier biologique est réalisé à partir des résultats d'essais plein air très larges, réalisés en grandeur nature.

Il doit comporter pour chaque segment (parasite/culture) des éléments précis sur la sélectivité vis-à-vis des cultures, des recommandations sur les doses appli-

quées, les formules, les associations, les précautions d'emploi, les périodes de traitement optimales, l'influence des variations climatiques et de sol...

Ce dossier est examiné par le comité biologique (protection des végétaux).

- Le dossier d'homologation contient le résultat d'études réglementaires, réalisées selon des normes standard très strictes (BPL), et qui portent sur :

. La physicochimie : les caractéristiques de la matière active et des principales impuretés du procédé industriel, les méthodes d'analyse

. L'écotoxicologie (le comportement dans l'environnement) : les études de dissipation dans le sol, la persistance, la percolation.

. La toxicologie : les tests réalisés sont très lourds et très coûteux (ex. 2 ans pour les études de cancérogénèse sur le rat). Le dossier doit comporter les résultats d'études de toxicité aiguë, subchronique et chronique (effet de l'absorption répétée sur souris, rat, chien), irritation oculaire et cutanée, sensibilisation, tératogénèse (rat, lapin), reproduction (rat sur 2 générations), mutagénèse, et éventuellement de toxicité sur le système nerveux.

. L'écotoxicologie : l'impact sur la faune et la flore utiles est examiné à travers une batterie de tests très larges (oiseaux, abeilles, poissons tox algues et bioaccumulation, crustacés, microflore et microfaune du sol...).

. Les résidus, dans toutes les cultures et toutes les conditions d'application, au moment de la récolte, mais aussi dans les sols et dans les eaux.

Ces études sont très lourdes et nécessitent la mise au point de méthodes analytiques performantes (CPG, HPLC) permettant de doser des quantités de 1 à 10 ppb dans les sols et les végétaux et 0,1 ppb dans l'eau. En CPV l'utilisation de détecteurs spécifiques (capture d'électrons,...) est devenue classique. En HPLC, on utilise de plus en plus les techniques d'analyse par fluorescence, après dérivatisation. Une technique d'avenir est l'immunodétection, particulièrement performante pour les dosages de traces dans l'eau.

Une avancée majeure de RP Agro dans ce domaine est la mise au point de robots capables de conduire l'ensemble de la procédure d'analyse de résidus, depuis l'extraction sur des broyats de végétaux, jusqu'au dosage analytique, selon les normes BPL.

. Le métabolisme, c'est à dire le devenir de la matière active dans les plantes, les sols et les animaux. Ces études sont longues et délicates, elles nécessitent l'utilisation d'un produit radioactif (carbone 14).

L'ensemble des résultats contenus dans le dossier toxicologique permettent de déterminer la Dose Sans Effet (DSE) chez l'animal le plus sensible. La DSE, divisée par un facteur de sécurité égal à 100, détermine la Limite Maximum de Rési



*P. Place (Rhône-Poulenc Agrochimie) : "Le marché pour les sociétés aujourd'hui se situe dans le monde industrialisé. On ne peut pas lancer des études qui vont durer 6-8 ans sans avoir auparavant ciblé un marché. On ne peut pas partir sur quelque chose d'incertain. On vise les grands marchés".*



J.L. Bernard (ICI) :

"Au niveau des formulations, les industries ont investi beaucoup d'argent pour assurer le maximum de sécurité pour l'utilisateur".

dus (LMR) acceptable "dans le panier de la ménagère". La comparaison de la LMR avec la dose maximum de résidus observée dans les études de résidus (qui doit être inférieure à la LMR) conditionnent l'obtention d'une homologation pour une application donnée.

## Perspectives

La recherche agrochimique est rendue singulièrement difficile par le fait qu'elle se déroule dans un contexte extrêmement concurrentiel, dans un marché aujourd'hui mature voire en déclin en Europe de l'Ouest, et dans le cadre de législations qui deviennent de plus en plus contraignantes en particulier dans les pays industrialisés.

Cela signifie que seules les sociétés possédant un taille critique, une rentabilité suffisante, une organisation adéquate de niveau international, et une stratégie adaptée, pourront maintenir l'effort de R&D nécessaire pour mettre sur le marché des produits nouveaux indispensables à leur survie à long terme.

### Agrochimie et environnement

Les études relatives à l'environnement du produit concernent à la fois la protection de l'utilisateur, du consommateur et celle du milieu naturel. Pour ce dernier, d'importants travaux représentant 20 à 25 % des coûts de développement visent à connaître le devenir des substances actives dans le sol, les risques de migration vers l'eau, ainsi que leur comportement vis-à-vis de la faune sauvage terrestre et aquatique.

Pour illustrer ces aspects, Jean-Louis Bernard (ICI protection de l'agriculture) choisit 3 exemples :

- sécurité de l'applicateur,
- surveillance de la qualité des eaux,
- protection des abeilles.

Parmi les évolutions qui concourent à accroître la sécurité de l'applicateur, notons :

- une baisse régulière de la toxicité des produits mis sur le marché,
- le progrès des formulations élaborées pour minimiser les contacts lors de la préparation des bouillies (quasi zéro contact),
- la sécurité accrue des emballages et les travaux sur le couple emballage-pulvérisateur,
- l'amélioration constante des matériels de pulvérisation eux-mêmes...

Dans le domaine de la qualité des eaux, signalons tout d'abord les importants moyens consacrés à la surveillance. Celle-ci porte à la fois sur les eaux de surface et les nappes aquifères. Elle est le fait d'organismes variés, tant publics que privés, et s'appuie sur des normes fixées par l'Organisation Mondiale de la Santé et la Communauté Economique Européenne.

Pour prévenir les pollutions, il convient de distinguer les causes accidentelles de la pollution diffuse.

Les pollutions accidentelles ont des origines diverses, 15 % étant liées à l'agriculture dont 2,5 % liées aux produits phytosanitaires. La source paraît relever prioritairement d'une utilisation inadéquate des matériels de traitement, d'une mauvaise gestion des emballages, des accidents ou incendies... Ces causes déterminent un premier champ d'action.

Les pollutions diffuses ont fait l'objet d'importantes enquêtes au cours des trois dernières années. Leur maîtrise passe par un accroissement nécessaire des connaissances de base, mais aussi par la lutte contre l'érosion, la protection des cours d'eau et des zones de captage, la diffusion des bonnes pratiques agricoles et des méthodes de protection raisonnée.

Les études visant à assurer la protection des abeilles et des insectes pollinisateurs font aujourd'hui partie intégrante de la création phytosanitaire. Cette meilleure connaissance des risques potentiels repose sur une réglementation spécifique et la recherche a permis de proposer de nouveaux insecticides présentant un profil favorable dans ce domaine.

Ainsi, pour la culture du colza, où les abeilles sont très actives et particulièrement utiles à l'agriculture, la gamme des insecticides autorisés entre la levée de la culture et sa récolte a considérablement évolué entre 1980 et 1989. D'une part, les quantités de matières actives mises en oeuvre par hectare protégé ont été divisées par 7. D'autre part, les matières actives toxiques sur les abeilles ont vu leur usage régresser durant la même période de 34,4 % à 7,8 % des surfaces traitées. Leur emploi est cantonné à des créneaux de protection du colza où leur usage ne peut avoir d'effet négatif pour les abeilles.

*Les produits de demain*

"... Davantage d'efficacité biologique (...)  
des doses plus faibles (...) profil toxicolo-

gique plus favorable pour l'homme et l'environnement". Autant de leitmotivs communs aux différentes familles de produits : herbicides, fongicides, insecticides.

Ces exigences sont prises en compte déjà depuis quelques années par les laboratoires de recherche. Même si "ce cahier des charges peut paraître un peu ambitieux" Jean Pierre Douchet (Du Pont de Nemours) estime qu'ainsi "on va au-delà de la matière active prise isolément ; on va vers la prise en compte du système complet : formulation, matériel d'application, conditionnement, traitement raisonné..."

Autre certitude des sociétés phytosanitaires : la lutte chimique sera majoritaire au sein des moyens de lutte de demain. Bernard Ambolet (Bayer SA) l'exprime ainsi "la protection chimique est l'une des composantes de la lutte intégrée au côté des luttes génétique, culturelle et biologique. Au cours de la prochaine décennie, elle restera sans aucun doute très largement dominante". J. Douchet y ajoute une touche économique : "le desherbage chimique restera un facteur de productivité essentiel dans une approche technico-économique raisonnée". Même discours chez Jean-Pierre Demoute (Roussel Uclaf) : "les insecticides de l'an 2000 seront encore majoritairement des insecticides chimiques classiques ; on devrait toutefois voir une poussée des bioinsecticides et des virus spécifiques des insectes. Mais, sans conteste, la vraie nouveauté sera l'apparition des plantes résistantes aux insectes". Dans ce domaine un obstacle majeur demeure, il reste à "convaincre les autorités administratives et le public de la totale innocuité de ces nouvelles plantes".

### Biologie et protection des plantes

"Pour nous, scientifiques, les craintes à l'encontre des plantes transgéniques sont du domaine de l'irrationnel ! Compte tenu des potentialités des voies biologiques, elles constituent des voies d'avenir et les efforts de recherche doivent être poursuivis, voire même renforcés"

Alain Deshayes (directeur de recherches INRA) y voit le moyen de diminuer l'usage des produits chimiques : "la biologie a deux alternatives à nous proposer : le génie génétique et la lutte biologique".

Il nous les explique.

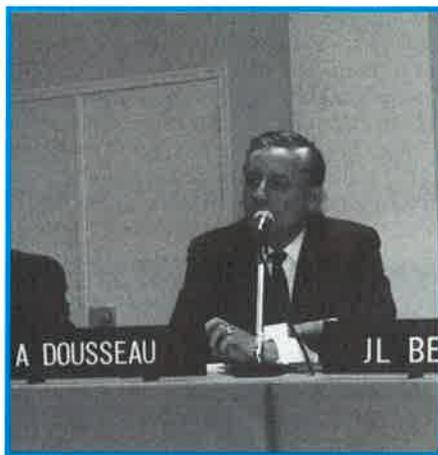
### Le génie génétique

Le génie génétique, permet de transférer un gène dans le génome d'une plante sans avoir recours à la reproduction sexuée. L'aspect le plus significatif du génie génétique est donc qu'il permet de transgresser les barrières de la sexualité, par conséquent les barrières d'espèces : un gène d'origine quelconque, pourvu que lui soient adjoints les signaux de régula-

tion reconnus par la cellule hôte, peut être introduit et exprimé dans une plante quelconque. Le sélectionneur, dans sa recherche de gènes, n'est donc plus limité à l'espèce à améliorer ni même au règne végétal. Tous les gènes de tous les organismes sont dorénavant potentiellement utilisables et il est de plus concevable, grâce aux outils de la biologie moléculaire, de construire des gènes entièrement nouveaux adaptés à une fonction précise. Les résultats déjà acquis montrent que cette stratégie peut être efficace en condition réelle de culture au champ pour des tolérances à certains herbicides, des résistances à des insectes et des résistances à des pathogènes principalement des virus. Mais d'importants travaux sont en cours dans les laboratoires pour élargir la gamme de gènes de résistance, en particulier, des résultats encourageants ont été décrits sur l'obtention de gène de tolérance à des pathogènes bactériens et fongiques.

## La lutte biologique

Le principe de cette stratégie consiste à identifier, dans les aires d'origine du prédateur, des parasites de prédateurs, de pathogènes ou d'adventices qui seront ensuite introduits dans les zones cibles. Parmi les très nombreuses tentatives de mise en oeuvre d'une telle stratégie, des résultats spectaculaires ont été obtenus par l'utilisation d'insectes, de virus ou de champignons pour combattre des insectes et des mauvaises herbes. Toutefois le



A. Dousseau (Protection des Végétaux, ministère de l'Agriculture) :

*"De nouvelles procédures sont en préparation. Elles modifieront la mise sur le marché des produits phytosanitaires. Une des principales conséquences en sera une limitation des gammes de produits à disposition des agriculteurs"*

nombre de ces réussites reste limité, sur les 600 principaux projets mis en place depuis un siècle, à peine 16 % ont eu une sensible répercussion économique, et la vente d'agents biologiques n'excède pas aujourd'hui 1 % des ventes totales de produits phytosanitaires.

Le recours à la lutte biologique répond à un souci très largement exprimé aujourd'hui de limiter l'usage des produits chimiques au profit du "biologique".

Cependant il existe de nombreux facteurs qui en limitent sa généralisation : s'il existe des cas où la lutte biologique est agronomiquement crédible, elle est souvent, économiquement d'un coût trop élevé, au moins dans nos pays développés, car dans les pays en voie de développement les contraintes économiques sont de nature différente ; un produit biopesticide restera lié à une cible spécifique donc à un marché fragmenté peu attractif pour les grands groupes de l'agrochimie ; une insuffisance de caractérisation de l'auxiliaire parasite et de son comportement dans l'agrosystème cible peut aboutir à des conséquences inverses de celles espérées, une réglementation mieux adaptée et une protection plus forte sur les produits biopesticides sont encore à mettre en oeuvre.

Il est en effet vraisemblable que l'efficacité des méthodes qui viennent d'être évoquées, parce qu'elles sont de nature biologique, supposera l'acceptation d'un seuil de pression de pathogènes, de prédateur et d'adventices sur le champ en deçà duquel les dégâts n'auront pas d'effet sur les valeurs du rendement. L'acceptation de cette notion de seuil doit, de plus, nous conduire à cesser d'opposer le biologique au chimique et à évoluer vers un concept de lutte intégrée dans lequel l'un et l'autre ne seront plus que des composantes d'un système global de protection des plantes

Miren Helou

# "Le Japon c'est possible"

A l'occasion de la visite d'une délégation des grandes entreprises d'ingénierie japonaises lors du salon Interchimie 93, se sont tenus une conférence de presse et un forum sur le thème *Le Japon c'est possible\**. Ces deux rencontres ont permis de cerner les attentes de ces industriels vis-à-vis de l'industrie française.

L'économie japonaise décrite par M. Erbs (attaché commercial au Poste d'Expansion Économique Français (PEE) de Tokyo) se caractérise par un Produit National Brut supérieur à 3000 milliards

de dollars. Le marché japonais est "sain et solvable". Il mérite que l'on s'y intéresse, essentiellement, à deux titres : "essayer de vendre" et "voir ce que font nos concurrents japonais". C'est donc "un marché primordial" parce que, d'une part, "base d'examen de notre concurrence" et d'autre part, "un marché d'excellence" très exigeant. Vendre au Japon accorde aux entreprises une sorte de "label" grâce auquel il leur est possible de pénétrer plus aisément les autres marchés d'Asie.

Enfin, pour travailler avec le Japon il faut pouvoir investir à long terme ; apporter



*"Nous sommes toujours à l'affût de contacts avec les entreprises françaises. Attention ! Nous sommes incapables de comprendre un fax en français. S.V.P. Utilisez l'anglais..."*

\* Ce forum était organisé par le GIFIC (Groupement Interprofessionnel des Fournisseurs de l'Industrie Chimique, 39/41, rue Louis Blanc, 92400 Courbevoie, Cedex 72, 92038 Paris La Défense. Tél. : (1) 47.17.63.64 (télécopie : (1) 47.17.63.65) en collaboration avec l'Association Interchimie.



*Kobe Steel Corporation : "Nous avons un bureau à Londres, 60 % de nos achats à l'étranger viennent d'Europe".*

une nouvelle technologie ; avoir une bonne compétitivité-prix, liée à une bonne qualité de service après vente, la maintenance étant "de la plus haute importance" pour les Japonais.

### Bon marché et de qualité

A tel point qu'en matière d'innovation, la première demande de cette délégation concerne tout ce qui va dans le sens d'une "maintenance réduite" voire vers la "zéro-maintenance". D'une manière générale, ils se sont définis "à l'affût de tout procédé innovant" car, si le gouvernement japonais accorde des aides à la recherche fondamentale, il n'en est pas de même pour la recherche appliquée. Celle-ci serait laissée entièrement à la charge des entreprises. D'où cet intérêt pour l'innovation et "le commerce de savoir-faire".



*Mitsui Engineering : "Le commerce tripartite représente 28 % du chiffre d'affaires de notre groupe. Nous achetons, par exemple, en France pour vendre à l'Algérie. En dehors des armes et de la drogue, nous faisons de tout !"*

En matière de qualité, les entreprises japonaises se sentent très conscientes et très soucieuses des aspects qualité. Elles conseillent les entreprises françaises de développer la certification ISO 9000 ("dans la plupart des cas, ça devrait passer") mais au Japon ce sont les normes américaines ASME (American Society of Mechanical Engineers) qui sont exigées.



*Nissho Iwai Chemimac Corporation : "Nous importons du matériel français depuis 20 ans. La Société IPS qui nous représente en Europe achète beaucoup dans les pays européens et revend à notre maison-mère, 20 ans que nous collaborons à la réduction des frictions entre l'Europe et le Japon!"*

### En quoi les produits français intéressent-ils les japonais ?

Tout d'abord parce que, dans le domaine du commerce tripartite, très pratiqué par ces sociétés (Ainsi, JGC corporation indique qu'au niveau de ses achats européens presque tous sont destinés à des



*"Est-ce que la norme ISO dans les 9000 est toutefois reconnue au Japon ?" "Ce serait uniquement le matériel électrique qui pourrait poser problème... Mais avec la certification ISO 9001, ça devrait aller, sauf peut-être au niveau des moteurs... La législation japonaise accepte la certification d'organismes tels que l'ASME".*

projets à l'étranger, très peu pour le marché national) certains pays acheteurs exigent l'application des normes françaises. Le second critère examiné concerne le coût du transport et le troisième le taux de change. Tout ceci revient toujours à la même exigence : "il est indispensable que les produits soient bon marché et de bonne qualité".

Cette délégation d'industriels japonais s'est déclarée satisfaite de cette mission en France, qu'ils considèrent comme "une bonne ouverture". Des contacts ont été pris, pour la suite, ils enverront leurs experts. Un regret toutefois, celui de n'avoir pas pu aborder "le problème du respect des délais de livraison". Car, fidèles à leur image, leur souhait le plus profond est de "satisfaire le client".

Miren Helou

### Liste des sociétés japonaises constituant la délégation

TOYO ENGINEERING K. K.  
2-8-1, Akanehama, Narashino-shi, Chiba 275. Tél. : 0474.54.1528, Télécopie : 0474.54.1830  
CHIYODA CORPORATION  
2-12-1, Tsurumichuo, Tsurumi-ku, Yokohama 230. Tél. : 045.506.7140, Télécopie : 045.501.8781  
MITSUI & CO., LTD.  
1-2-1, Ootemachi, Chiyoda-ku, Tokyo 100. Tél. : 03.3285.3772, Télécopie : 03.3285.9135  
JGC CORPORATION  
1-14-1, Bssho, Minami-ku, Yokohama-shi, Kanagawa 232. Tél. : 045.712.1111, Télécopie : 045.721.7705  
MITSUI ENGINEERING & SHIP-BUILDING CO., LTD  
5-6-4, Tsukiji, Chuo-ku, Tokyo 104  
Tél. : 03.3544.3611, Télécopie : 03.3544.3538  
MITSUBISHI HEAVY INDUSTRY CO., LTD  
15-1, Tomihisa-cho, Shinjuku-ku, Tokyo 162. Tél. : 03.3225.6770, Télécopie : 03.3225.6947  
UBE INDUSTRIES, LTD.  
Ube Bld., 2-3-11, Higashi-Shinagawa, Shinagawa-ku, Tokyo 140. Tél. : 03.5460.3346, Télécopie : 03.5460.3423  
NISSHO IWAI CHEMIMAC CORPORATION  
2-1-13, Roppongi, Minato-ku, Tokyo 106. Tél. : 03.3588.2644, Télécopie : 03.3582.9333  
KOBEL STEEL CORPORATION  
4-2-8, Iwaya-Nakamachi, Nada-ku, Kobe-shi, Hyogo 657. Tél. : 078.261.7468, Télécopie : 078.261.7126

# A la conférence de presse



P. Leprince (IFP, Société Française de Chimie) : En matière de recyclage des déchets, quelle est la politique du Japon ? Quelles sont les voies et les méthodes de traitement adoptées ?

Nous ne sommes pas des spécialistes du traitement des déchets. Nous sommes tous des producteurs. Mais, en tant qu'industriels, nous sommes tout à fait conscients des problèmes de recyclage. Une chose est sûre : le Japon est en retard dans ce secteur. A titre d'exemples : au niveau industriel, nous évitons de mélanger certaines matières plastiques de manière à ce que les produits soient plus facilement recyclables ; le recyclage du papier est assez bien avancé, le volume des emballages est réduit, et certains sont récupérés ; les pneus sont relativement bien récupérés et les métaux qui y sont contenus sont séparés... Encore une fois, l'Europe est en avance dans cette approche. Nous, nous commençons à peine à intégrer ce genre d'éléments. Mais là où nous avons le plus de progrès à faire c'est en matière de recyclage de déchets domestiques. Nous aurons beaucoup à y travailler et l'expérience suisse dans ce domaine nous intéresse particulièrement.



P. Leprince : Le développement de nouveaux process a été peu important au cours de ces dernières années. Deux secteurs où les industriels japonais ont beaucoup investi : la consommation d'énergie et le contrôle de la pollution. Dans ces secteurs, la France a de l'avance en matière d'innovations. Comment le Japon entend-il travailler : développer ses propres process ou s'associer à des sociétés étrangères ?

La société Mitsui and Co. finance plusieurs projets dans lesquels les financements sont partagés entre plusieurs pays. Le problème c'est que, au cours de ces 5 dernières années, nous avons des possibilités de financement mais nous n'avons pas trouvé les coopérations nécessaires au développement de ces projets pour des raisons essentiellement de qualité, délai de livraison et prix. Par contre, au cours de cette présente mission, nous avons pu constater d'énormes améliorations. Nous pensons qu'il peut y avoir de petites entreprises très spécialisées, à très haut niveau de compétitivité avec lesquelles il nous intéresserait de travailler. Problème. Comment entrer en contact avec elles ?



## EN BREF

**EMC SERVICES : UN INCINÉRATEUR DE DÉCHETS INDUSTRIELS EN HONGRIE**

La Hongrie vient de choisir EMC Services pour construire et exploiter à Gare, près de Pecs, un incinérateur de déchets industriels ayant une capacité d'environ 20.000 tonnes/an.

L'usine de traitement sera construite et exploitée par une société de droit hongrois dans laquelle EMC Services, actionnaire majoritaire, sera associé à des partenaires hongrois et notamment à Budapest Chemical Works.

L'usine de Gare, qui pourra traiter des déchets fortement chlorés, comprendra :

- un système de lavage des fumées analogue à celui mis en service en 1991 à l'usine de Salaise d'EMC Services qui respecte les normes européennes en cours de mise au point finale.

- un système de récupération de chaleur avec une production d'électricité qui satisfait les besoins propres de l'usine.

- une unité de récupération du chlore contenu dans les fumées sous forme d'acide chlorhydrique concentré qui sera commercialisé par Budapest Chemical Works.

- une décharge pour les résidus de l'incinération.

D'autre part, en Italie, EMC Services vient de prendre une participation de 34 % dans le capital de CWS (Clean World System) à côté de Servizi Industriali, du groupe Acqua, et de BFI Italia. Ceci prolonge la collaboration déjà établie entre Emit, du groupe Acqua et EMC Services, pour répondre ensemble aux appels d'offres lancés en Italie dans le cadre de la loi 475 pour construire et exploiter des unités d'incinération de déchets industriels.

Enfin, les groupes SOAF et EMC Services viennent de signer un accord qui prévoit qu'EMC Services va prendre une participation de 42 % dans la société Credia, du groupe SOAF.

*EMC Services, BP 205, 95523, Cergy Pontoise Cedex. Tél. : (1) 30.31.92.67 (télécopie : (1) 30.73.56.31).*

**HETTINGA EQUIPMENT (IOWA, ÉTATS-UNIS) OUVRE UNE FILIALE EUROPÉENNE AUX PAYS-BAS**

Le nouveau complexe industriel européen du producteur américain est situé à Balk,



au nord du Pays-Bas, à environ une centaine de kilomètres d'Amsterdam.

Les machines Hettinga pour l'industrie des plastiques se distinguent par un certain nombre de caractéristiques spécifiques.

Ainsi, une machine est équipée de plusieurs postes de travail avec des matrices pouvant produire en même temps six produits différents ou identiques. L'injection maximale de plastiques peut varier entre 150 g et 30 à 35 kg et les machines travaillent avec un système de basse pression. Ce système permet de produire des mélanges avec d'autres matériaux comme le textile.

Les machines Hettinga sont destinées à l'industrie automobile et à la fabrication des meubles de jardin. Les matières premières utilisées sont, entre autres, le polypropylène, le polyéthylène et le polycarbonate.

La plus grande partie des matières premières peuvent être recyclées.

*Hettinga Europe b.v., M.J. Wallenburg, directeur. Tél. : +31-33-652906 (télécopie : +31-33-652907).*

**SNF FLOERGER : UN CONTRAT DE 360 MF POUR LA RÉCUPÉRATION ASSISTÉE DU PÉTROLE EN CHINE**

Le contrat concerne la construction d'une unité de production de polyacrylamides à Daqing. Cette usine produira chaque année 57.000 tonnes de polyacrylamides utilisés pour la récupération assistée du pétrole à Daqing, premier champ pétrolier chinois. Le site, exploité depuis 1960, représente 50 % de la production chinoise de pétrole.

L'utilisation des polymères permet de donner à l'eau servant à la production la même viscosité que le pétrole en place. Il s'agit d'obtenir ainsi une viscosité homogène en tenant compte des différents fac-

teurs physico-chimiques (température, salinité, types de composés solubles, interactions avec le pétrole et les roches du réservoir, présence d'oxygène ou de bactéries...)

*SNF, 41 rue Jean-Huss, 42028 Saint-Etienne Cedex 1. Tél. : 77.34.96.00 (télécopie : 77.34.96.36).*

**FEU VERT POUR LES "JOINT VENTURE" ÉHYLÈNE ET POLYÉTHYLÈNE EN MALAISIE**

BP Chemicals et ses associés dans ces "joint venture" ont donné leur feu vert pour la construction d'un complexe de production d'éthylène et de polyéthylène en Malaisie.

Cette décision est intervenue entre les représentants de BP Chemicals, Petronal (la société pétrolière nationale malaisienne) et Idemitsu Petrochemicals Company of Japan.

Le vapocraqueur et l'unité de polyéthylène seront construits sur un même site de 100 ha à Kertih, sur la côte Nord Est de la péninsule malaisienne et démarreront en 1995.

Les travaux d'ingénierie ont commencé au début de cette année. La société Toyo est chargée de la construction du vapocraqueur de 320 000 tonnes/an et Technip de celle de l'unité de polyéthylène de 200 000 tonnes/an.

Le vapocraqueur sera exploité par la Société "Ethylène Malaysia SDN BHD" dans laquelle Petronal détiendra 60 % d'intérêt, Idemitsu 25 % et BP Chemicals 15 %. Il utilisera de l'éthane en provenance de l'unité voisine de traitement de gaz appartenant à la société Petronas...

200 000 tonnes par an environ d'éthylène alimenteront le nouvel atelier de polyéthylène et le reste de la production du vapocraqueur sera destiné à d'autres produits dérivés, ou exporté.

L'unité de polyéthylène produira 200 000 tonnes de polyéthylène haute densité et de polyéthylène basse densité linéaire, utilisant une technologie propre : le procédé phase gaz de BP. Elle sera exploitée par la société Polyethylene Malaysia Sdn dans laquelle BP Chemicals a une participation de 45 %, Petronas 40 % et Idemitsu 15 %. 70 % de cette production seront vendus sur le marché local malaisien et 30 % seront exportés.

*BP Chemicals, Tour Neptune Cedex n°2020, 92086 Paris La Défense. Tél. : (1) 49.02.32.00. (télécopie : (1) 49.02.32.79).*

**UNE NOUVELLE USINE DE FABRICATION DE POLYAMIDE ZYTEL À SINGAPOUR**

Du Pont de Nemours a annoncé la construction de cette usine qui représente un investissement d'environ 100 millions de dollars.

Cette nouvelle usine s'impose pour répondre à la croissance rapide des besoins en Zytel dans la région du Sud-Est asiatique. Grâce à l'usine de Singapour, Du Pont sera en mesure de fabriquer, composer et commercialiser ses résines polyamide 6.6 et de fournir un service d'assistance technique à la clientèle dans les trois principales régions du globe, à savoir l'Amérique, l'Europe et le Sud-Est asiatique. C'est le sixième investissement réalisé par Du Pont dans la région pour la fabrication de polymères techniques, comprenant les résines polyamide Zytel, les résines acétal Delrin, les résines polyester Rynite et les résines élastomères thermoplastiques Hytrel.

Parallèlement, cette usine de production à l'échelle internationale sera une source d'approvisionnement supplémentaire pour toutes les autres régions du globe.

**DES CATALYSEURS AUTOMOBILES DEGUSSA PROVENANT DU MEXIQUE À PARTIR DE 1994**

La Degussa Corporation de Ridgefield Park (NJ, USA), construit une installation de production de catalyseurs automobiles à Puebla (Mexique). La filiale américaine de Degussa AG (Francfort/Main) s'adapte ainsi aux normes du marché mexicain ainsi que le marché nord-américain. Le début de la production, d'une capacité annuelle initiale estimée à 1 million d'unités, est prévu pour le printemps 1994.

**RHÔNE-POULENC ET ANEKA KIMIA RAYA CRÉENT UNE SOCIÉTÉ EN INDONÉSIE POUR LES LATEX PAPIER**

Le secteur Spécialités chimiques de Rhône-Poulenc, et la société indonésienne Aneka Kimia Raya viennent de signer un accord pour la constitution d'une société commun, PT Rhône-Poulenc Indolatex. Cette société indonésienne produira et commercialisera des latex styrène-butadiène et styrène-acrylique pour le couchage du papier. Une nouvelle unité de production, représentant un investissement d'environ 20 millions de dollars US, sera construite à Merak (West Java). Sa capacité de production sera de 30 000 tonnes/an et l'unité sera opérationnelle dès le seconde semestre 1994.

Ces émulsions sont principalement destinées aux marchés locaux du couchage papier ainsi que de l'enduction des tapis. Le marché indonésien du couchage du papier est estimé à plus de 18 000 tonnes/an et sa croissance annuelle est de 10 %.

*Rhône-Poulenc, direction de la Communication, Secteur Spécialités Chimiques, La Défense 3, Les Miroirs, Cedex 29, 92097 Paris La Défense. Tél. : 4(1) 7.68.01.69 (télécopie : (1) 47.68.14.55).*

**NOUVELLE UNITÉ DE CRISTALLISATION DE NAPHTALÈNE**

Sulzer-Chemtech a construit pour Cindu Chemicals BV (Pays-Bas) une unité de cristallisation de naphthalène qui est maintenant en opération industrielle après une brève période de mise en service.

La particularité essentielle de cette installation est un cristallisateur à film tombant où le naphthalène prédistillé est concentré en naphthalène pure par des cristallisations successives.

Avec un système de pilotage entièrement automatique, on peut obtenir des qualités prédéterminées selon les besoins du client.

La capacité de l'installation est fonction de la qualité demandée. On peut atteindre des puretés de cristal de 95,8 à 99,5 % correspondant aux points de fusion entre 78,1 et 80,1 °C



L'usine peut produire 12 000 t/an à partir d'une charge de concentration moyenne. *Sulzer-Chemtech, M. B.J. Jans, Industriestrasse 8, 9470 Buchs, Suisse. Tél. : +41 (81) 756.03.11 (télécopie : +41 (81) 756.40.12).*

**NORD-PAS DE CALAIS : CRÉATION D'UNE ASSOCIATION CONSEIL TECHNOLOGIQUE**

L'Association Conseil Technologique Plasturgie Nord/Pas-de-Calais vient

d'être constituée. Dominique Bourgois de Reydel en est le président, Michel Dengreville, ingénieur Plasturgie en est le directeur opérationnel permanent.

Finalité : accompagner, aujourd'hui, les 200 entreprises régionales de la plasturgie dans leur évolution technologique.

Actions : le champ d'intervention de ce Conseil Technologique recouvre :

- l'accompagnement des entreprises pour la résolution de leurs problèmes techniques,

- la connaissance des compétences technologiques régionales,

- l'aide au développement par l'apport de l'innovation technologique tel que les nouveaux matériaux, les nouveaux processus,...

- la transmission d'informations spécialisées,

- des propositions de partenariat entre les entreprises et les laboratoires de recherche, les experts, les écoles, les institutionnels, voire d'autres industriels.

Première mission : recenser au cours de ce trimestre, les diverses compétences techniques régionales dont les entreprises plasturgistes peuvent bénéficier.

Fondateur : le Conseil régional, l'Union Patronale Régionale, la Chambre Régionale du Commerce et de l'Industrie, la Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement, Elf Atochem et le Groupement des Industries de la Plasturgie Régionale, tous membres fondateurs, siègent et décident au sein du Conseil d'administration.

*Michel Dengreville, Conseil Technologique Plasturgie Nord/Pas-de-Calais. Tél. : 27.93.22.56 (télécopie : 27.93.22.78).*

**ALM INTERNATIONAL REPREND BAYER AFRIQUE DE L'OUEST**

ALM International a acquis toutes les actions de BAO (Bayer Afrique de l'Ouest, la filiale ivoirienne de Bayer AG), dont la raison sociale, devient ALM-AO.

ALM International est une société française qui réalise 100 % de son CA (130 MF) en Afrique subsaharienne, où elle distribue des produits chimiques, vétérinaires et phytosanitaires.

Aux termes de l'accord signé avec Bayer AG à Leverkusen, ALM reprend les activités Produits Chimiques Industriels, produits de protection des plantes et produits grand public, (dont Baygon) de BAO, soit 40 MF de chiffres d'affaires par an, à l'exclusion des activités pharmaceutiques et de la photo (AGFA).

*ALM International S.A., 3 bis, Quai aux Fleurs, 75004 Paris. Tél. : (1) 46.34.68.69 (télécopie : (1) 46.34.62.12).*

**BASF CONSTRUIT UNE UNITÉ D'ACIDE ACRYLIQUE À ANVERS**

BASF va construire sur son site d'Anvers une unité d'acide acrylique et produits dérivés d'une capacité de 160 000 tonnes/an. Représentant un investissement de 350 millions de deutschemarks, la nouvelle unité sera progressivement mise en service à partir de juillet prochain. L'unité d'Anvers permettra de répondre à long terme à la demande croissante de monomères acryliques. Sa mise en service pourrait entraîner la fermeture de l'une des trois unités de Ludwigshafen travaillant selon un procédé plus ancien.

Ce nouvel investissement va renforcer les synergies au sein du site d'Anvers. Ainsi l'acide acrylique sera produit à partir de propylène, qui sera lui-même fabriqué à partir de la fin 1993 par le vapocraqueur d'Anvers.

Par contre, BASF réduit ses capacités de styrène.

Row Wessling, joint venture entre Deutsche Schell AG et BASF, va réduire de 120 000 tonnes les capacités actuelles de ses unités de production de styrène soit 340 000 tonnes/an

Le styrène produit par Row est essentiellement utilisé par BASF sur son site de Ludwigshafen pour la fabrication de polymères. Une infime partie sera également transformée à l'avenir en styrène très pur pour les industries du papier et du tapis.

Les capacités de production de styrène de BASF en Europe, sur ses sites de Ludwigshafen, Wessling et Anvers, s'élèveront désormais à 970 000 tonnes/an.

*BASF, 49 avenue Georges Pompidou, F-92593 Levallois-Perret Cedex. Tél. : (1) 49.64.50.00 (télécopie : (1) 49.64.51.12).*

**AIR PRODUCTS : OUVERTURE D'UN CENTRE DE DISTRIBUTION D'HÉLIUM**

Air Products, leader mondial en hélium, construit un nouveau centre de distribution d'hélium à Rognac près de Marseille. Ce dépôt fera partie de son réseau européen de distribution composé de sept centres. Il assurera la distribution en vrac de l'hélium pour l'Europe ; il approvisionnera en outre le Sud de la France. Ce centre ouvrira ses portes en octobre 1993. L'hélium proviendra de l'usine de liquéfaction d'hélium située à Arzew près d'Oran (Algérie).

*Air Products S.A., Mr Daniel Galle, Chée de Wavre 1789, 1160 Bruxelles, Belgique. Tél. : +32 (2) 674.94.11 (télécopie : +32 (2) 674.94.99*

*Air Products, Mr J. Tillit, Tou Pleyel, Centre Paris Pleyel, 93521 Saint Denis Cedex 01. Tél. : (1)48.09.75.00 (télécopie : (1) 48.09.75.40).*

**ACCORD DE DISTRIBUTION SEMATECH FRANCE - PEN KEM INC.**

La société Sematech France a signé un accord de distribution exclusive pour la France avec la société Pen Kem (New York)

Cette société est spécialisée depuis plus de 20 ans dans la caractérisation des systèmes colloïdaux par la mesure du potentiel zêta.

Le modèle Lazer Zee Meter 501 a été vendu à plusieurs centaines d'exemplaires et est proposé avec une garantie de fabrication de 5 ans. Pen Kem est également reconnue pour ses travaux en acoustophorèse et proposera dans le courant de l'année 1993 un système unique de granulométrie couplé à la détermination de la charge des particules en milieu concentré par acoustophorèse.

**ELF AQUITAINE**

Signature de contrats pétroliers avec la Nigerian National Petroleum Corp.

Ces contrats portent d'une part, sur deux blocs en offshore profond (entre 200 m et 1000 m de profondeur d'eau), situés au sud du permis OML 100\* opéré par Elf Petroleum Nigeria et d'autre part, sur trois blocs à terre situés dans le bassin de la Benue.

Selon ces contrats, il est prévu que Elf Petroleum Nigeria assure les investissements d'exploration et de développement. Elle disposera en retour d'une part du pétrole brut produit.

\* Sur le permis OML 100, une production pétrolière a déjà démarré sur les champs d'afia et d'Odudu, en mars de cette année. Ces champs sont les premiers à avoir été mis en production sur ce permis, deux autres devant l'être d'ici janvier 1994.

**ELF ATOCHEM NORTH AMERICA : EXTENSION DE CAPACITÉ DE CHARBONS ACTIFS**

Elf Atochem North America a décidé une augmentation de capacité de son unité de production de charbons actifs granulé Cecarbon à Pryor (Oklahoma, États-Unis).

Cette extension opérationnelle mi-1993 permettra un accroissement de 10% de la capacité de l'usine.

Cet investissement de 4 millions de \$ est la quatrième partie d'un programme d'investissement démarré en 1989 et dont le coût cumulé atteint 25 M\$. En parallèle, Elf Atochem a mis en service récemment une unité de régénération de charbons actifs.

*Elf Atochem, 4 Cours Michelet, La Défense 10, Cedex 42, 92091 Paris La Défense. Tél. : (1) 49.00.70.29 (télécopie : (1) 49.00.80.50).*

**ACCORD DE LICENCES ENTRE ELF ATOCHEM ET EKA NOBEL**

Elf Atochem et Eka Nobel viennent de conclure un accord de licences croisées de brevets portant sur l'utilisation de polychlorure d'aluminium (PAC) dans l'industrie papetière.

Cet accord permet de concrétiser la volonté d'Elf Atochem et d'Eka Nobel d'accélérer le développement du polychlorure d'aluminium dans la fabrication d'un très large éventail de papier, allant des papiers pour emballages et des cartons (à base de papiers recyclés) jusqu'aux papiers haut de gamme pour impression écriture.

Cet accord inclut des brevets récents déposés par les deux sociétés.

**ELF ATOCHEM : LES SPÉCIALITÉS ONT BIEN RÉSISTÉ**

Dans le contexte de la récession européenne et du début de la reprise aux États-Unis, avec des perturbations financières et monétaires, l'année 1992 a été marquée pour Elf Atochem par deux crises sectorielles, celle de la pétrochimie et celle des engrais (secteurs qui représentent 1/3 des activités de la société). "De nature totalement différente", a fait remarquer Jacques Puéchal président-directeur général d'Elf Atochem, la crise de la pétrochimie (due en particulier aux climats économiques et aux surcapacités des vapocraqueurs) a devant-elle une croissance. Notons cependant que sur le réseau ARG (Allemagne, Belgique, Pays-Bas), trois nouveaux vapocraqueurs (+1 500 kt) seront entrés en service entre 1991 et 1994 soit +30 %. Une opération de restructuration en Europe devra se faire, Elf Atochem y participe (pas de nouveau vapocraqueur, mais modernisation de ses unités).

Pour les engrais, la situation en Europe est préoccupante (consommation en baisse avec la nouvelle PAC, utilisation rationnelle des engrais, importations des pays de l'Est).

Les résultats globaux 1992 d'Elf Atochem subissent l'impact de la triple crise : agricole, pétrochimique et monétaire, avec une baisse du chiffre d'affaires de 8,6 % (CA 1992 : 45,7 GF) et du résultat de 59 % (résultat opérationnel 1992 : 1,1 GF).

Hors pétrochimie et engrais, les activités chlorochimie et spécialités tirent leur épingle du jeu, avec un résultat en ligne avec une conjoncture déprimée. Pour les spécialités qui ont offert "une résistance importante", le chiffre d'affaires serait maintenu sans perturbation monétaire et

malgré la conjoncture. La chlorochimie et les spécialités représentent maintenant 2/3 des activités de la société.

Pour faire face à cette situation, Jacques Puéchal, qui ne voit pas d'amélioration en vue pour l'année 1993, prévoit des mesures d'adaptation :

- . Continuer à restructurer la pétrochimie ( voir encadré)

- . Elargir le champ des spécialités. Déjà, 1992 a été marquée par la constitution de deux grandes entités Atohaas et Atotech :
  - l'alliance mondiale avec Rohm and Haas pour la production et la commercialisation de plaques et de résines de moulage acryliques est opérationnelle depuis le 1er octobre 1992, avec la création d'Atohaas (2,5 milliards de francs de chiffre d'affaires) et - l'acquisition de la division Plating de Schering et son regroupement avec les activités existantes dans le revêtement métallique, au sein d'une nouvelle entité, Atotech, permettent aujourd'hui à Elf Atochem d'être leader mondial dans ce secteur avec 2 milliards de francs de chiffres d'affaires, avec une implantation géographique intéressante,

- . 1992 a été également marquée par le démarrage réussi, au cours du 4e trimestre 1992, des deux plus importantes unités de production des substituts aux CFC (40 000 t/an de 141b et 142b, 9 000 t/an de 134 a) confirmant la position de leadership occupée par Elf Atochem dans ce domaine.

- . Renforcer l'assise internationale d'Elf Atochem. Par exemple, en Allemagne orientale, deux projets sont en réalisation, le premier est une usine de canalisation en PVC et PE à Bitterfeld et, le second, une unité de compounds PVC à Eilenberg.

**Contribution d'Elf Atochem à la restructuration pétrochimie**

Réduction des acteurs sur le marché (fusion Orkem)

- oléfines : éthylène/propylène
- aromatiques : benzène/styrène

Réduction des capacités

- 130 kt en styrène/arrêt des unités : Lacq-SNEA(P), Carling (ex Orkem)

- 100 kt en polystyrène : plans Atochem/Orkem

Recentrage des capacités

- en styrène sur Gonfreville et Carling
- en PS : sur 4 sites européens après arrêt des installations (Ribécourt-Dieuze)

Recentrage des marchés

- matières plastiques à grande diffusion : spécialités plus nombreuses

Vaprocraqueurs

- en France : aucun nouveau vapocraqueur, contrairement à l'Europe
- investissement concentré sur la modernisation et l'efficacité

Autres projets à terme : des unités de colles urée-formol et de peroxyde d'hydrogène.

L'objectif d'Elf Atochem est, non seulement de faire face, mais de préparer l'avenir en ne diminuant pas les dépenses de recherche en France et à l'étranger. Le pourcentage de chercheurs hors de France est passé de 16 % en 1988 à 30 % de l'effectif total, ce qui représente 836 personnes réparties en Amérique du nord, Allemagne, Italie, Japon, Angleterre, Belgique, et Espagne.

**SABIC OUVRE UNE NOUVELLE FILIALE MARKETING EN ALLEMAGNE**

SABIC (Saudi Basic Industries Corporation) renforce son potentiel marketing en Europe grâce à l'ouverture, le 1er avril 1993, d'une nouvelle filiale à Essen, en Allemagne. Cette nouvelle société, Sabic Marketing Deutschland GmbH, est détenue à 100 % par Sabic Marketing Ltd.

Sabic Marketing Deutschland collaborera étroitement avec Sabic Marketing Europe Ltd., basée à Londres, pour le développement de l'activité pétrochimique du groupe en Allemagne.

L'ouverture de la filiale allemande de SABIC s'est concrétisée quelques semaines après l'annonce d'un bénéfice net de 1,964 milliard de rials (523,7 millions de dollars) pour la société en 1992.

*Serge Giacomo ou Anita Kron, Burson-Marsteller. Tél. : 42.99.93.93 (télécopie : 40.74.07.14).*

**SERETE ANNONCE DEUX IMPLANTATIONS INTERNATIONALES**

En Turquie, Serete vient de signer un accord de coopération avec le groupe d'ingénierie HES.

Première société d'ingénierie spécialisée créée en Turquie (1960), HES a progressivement élargi ses compétences : études et réalisations industrielles, bâtiments publics et privés, installations thermiques, eau et assainissement, transport, urbanisme et développement rural.

Serete et HES assureront en commun le développement commercial et la coordination de projets industriels ou tertiaires en Turquie et, au cas par cas, dans d'autres pays de l'Est européen ou du Moyen-Orient.

En Pologne, ayant signé un contrat avec un grand groupe français de distribution, Serete a décidé d'ouvrir un bureau commercial à Varsovie (Pologne).

Ce bureau étudiera les possibilités d'implantation pour les groupes français qui envisagent de s'installer dans le pays.

*Serete, 86 rue Regnault, 75640 Paris Cedex 13. Tél. : 45.70.50.00 (télécopie : 45.70.50.12).*

**REDÉMARRAGE POUR CELLIER**

Après ses difficultés financières de la fin de l'année 1992 et sa période d'incertitude des premiers mois de 1993, Cellier repart sous la bannière de Euraix Industries qui devient désormais son actionnaire majoritaire, sous le nom de Cellier Groupe SA.

Dans sa nouvelle forme, Cellier Groupe se recentre sur son métier de base : ingénieur-constructeur d'unités industrielles clef en main pour les process de formulation. Principaux marchés ciblés : le papier couché, la chimie fine, les lubrifiants, le nucléaire, la pharmacie, la peinture, les caoutchoucs et plastiques, l'agro-alimentaire...

Sa vocation étant toujours d'être présent sur les marchés internationaux, Cellier Groupe conserve l'ensemble de la structure export existante : 7 filiales (USA, Canada, Brésil, G., Allemagne, Japon, Italie) et environ 150 agents dans la plupart des pays industrialisés du monde.

Cellier Groupe disposera de deux atouts supplémentaires dans son activité commerciale grâce à des accords commerciaux passés avec :

- Groupe Lamort, également fabricant de matériel pour les papeteries, avec qui une synergie commerciale sera élaborée,

- Krebs filiale SGN avec qui les relations seront développées.

*Cellier Groupe S.A., rue du Maroc, 73100 Aix-les-Bains. Tél. : 79.35.05.65 (télécopie : 79.88.37.71).*

**ACCORD DE LICENCES ENTRE ELF ATOCHEM ET EKA NOBEL**

Elf Atochem et Eka Nobel viennent de conclure un accord de licences croisées de brevets portant sur l'utilisation de polychlorure d'aluminium (PAC) dans l'industrie papetière.

Cet accord permet de concrétiser la volonté d'Elf Atochem et d'Eka Nobel d'accélérer le développement du polychlorure d'aluminium dans la fabrication d'un très large éventail de papier, allant des papiers pour emballages et des cartons (à base de papiers recyclés) jusqu'aux papiers haut de gamme pour impression écriture.

Cet accord inclut des brevets récents déposés par les deux sociétés.

**L'INDUSTRIE CHIMIQUE BELGE :  
STAGNATION EN 1992 ; SOMBRES  
AUSPICES POUR 1993**

La dégradation conjoncturelle, qui s'était déjà manifestée en 1991, s'est confirmée en 1992. Après un premier trimestre encore assez prometteur, le climat économique s'est progressivement obscurci, atteignant provisoirement un niveau plancher au cours du quatrième trimestre. Plusieurs éléments ont contribué à cette décélération de l'activité économique :

- en chimie de base, la baisse des prix s'est poursuivie, de sorte que les prix de certains produits ont été inférieurs à ceux de 1980 ;

- malgré la reprise (hésitante) aux États-Unis, le climat économique s'est rapidement détérioré en Europe et surtout au Japon, ce qui a négativement influencé la demande de produits chimiques intermédiaires et de consommation ;

- la hausse des importations accompagnées d'une baisse de la demande en Europe centrale et orientale et l'entrée en activité de nouvelles unités de production ont conduit à des surcapacités dans plusieurs sous-secteurs.

Les chiffres-clés de l'année 1992 font apparaître une stagnation dans plusieurs domaines, voire une dégradation dans d'autres. (Tableau I).

**1993 sera une année très difficile**

L'année 1993 démarre sous de sombres auspices : durant les premiers mois de l'année, la situation économique du secteur s'est encore aggravée. Si la baisse des prix semble, à première vue, se stabiliser, le climat économique général déprimé pèse de plus en plus sur le volume des ventes.

Tableau I

	1989	1990	1991	1992
Chiffres d'affaires (en Mia BEF)	923,8	938,1	952,0	952,1
Investissements (en Mia BEF)	71,1	107,0	85,6	78,3 (*)
Dépenses R&D (en Mia BEF)	25	28	30,7	31,5
Part des exportations dans le total UEBL (en %)	17,3 %	17,5 %	17,7 %	18,4 %
Solde commercial UEBL	+ 115,8	+ 110,7	+ 110,6	+ 122,0
Emploi	95 281	96 189	98 875	98 509

(\*) Chiffre provisoire

## EuropaCat-I

Montpellier, 12-17 septembre 1993

**Ce 1<sup>er</sup> Congrès européen est organisé par l'université de Montpellier. 15 thèmes scientifiques ont été retenus par l'EFCATS (European Federation of Catalysis Societies/Fédération Européenne des Sociétés de Catalyse). Les conférences plénières sont les suivantes :**

- *Turning points in catalysis*, par Sir J.M. Thomas (Royal Institution of Great Britain, Londres, Royaume-Uni).

- *Prospectives in refining*, par Dr G. Martino (Institut Français du Pétrole, France).

- *New trends in methane conversion and basic petrochemicals*, par le Prof. I. Pasquon (Istituto Politecnico, Milan, Italie)

- *Supermolecular catalysis*, par le Prof. J.-M. Lehn (université de Strasbourg, France).

Renseignements : Dr F. Figueras, président du Comité local d'organisation, Dr B. Coq, secrétaire, Dr P. Graffin, trésorier, ENSCM, 8, rue de l'École Normale, 34053 Montpellier Cedex 1. Tél. : 67.14.43.48 - Fax : 67.14.43.49.

## APPAREILS

### Électrophorèse capillaire

Hewlett-Packard entre sur le marché de l'électrophorèse capillaire (CE) avec un nouveau système entièrement automatisé HP 3DCE. Equipé d'un détecteur à barrette de diodes haute sensibilité présentant une large plage de linéarité et d'une cellule capillaire à long trajet optique, ce système constitue une réelle évolution comparé aux instruments de CE existants, notamment par la variété des composés séparables. Outre les macromolécules biologiques, le système HP 3DCE permet de séparer les acides aminés, les composés chiraux, les pesticides, les ions inorganiques, les acides organiques, les oligonucléotides et les fragments de restriction de l'ADN, les cellules entières et les particules virales, ainsi que de nombreuses autres substances intéressant les domaines de la pharmacie et des sciences de la vie.

HP annonce aussi un nouveau détecteur à barrette de diodes pour la famille HP 1050. Destiné aux travaux de routine complexes et à la recherche, ce nouveau détecteur offre des possibilités étendues d'automatisation incluant la qualification des pics, les calculs de pureté des pics, et l'identification des pics par comparaison avec les données de bibliothèques de spectres.

Autres nouveautés :

- Un système totalement intégré de préparation des échantillons pour la CPG et la CPG-SM : il automatise la préparation des échantillons avant leur injection dans la colonne.

- Un nouveau système UV-visible HP sous Windows : il est destiné à la recherche, au développement de méthodes et aux analyses de routine.

Hewlett-Packard, 2, avenue du Lac, 91040 Evry Cedex. Tél. : (1) 69.91.80.00. (télécopie : (1) 69.31.84.32).

### Nouveaux transducteurs de déplacement à induction

Deux nouveaux transducteurs de déplacement à induction, conçus pour des applications industrielles, agricoles et médicales, viennent d'être introduits en Europe par la société américaine Data Instruments Inc. : Fastar et Hydrastar.

Fastar est un appareil de faible encombrement, à bobine unique et sans contact interne, deux fois moins long qu'un transformateur de déplacement variable linéaire conventionnel. Utilisé comme source de signal d'entrée pour divers systèmes de contrôle automatiques et hydrauliques, le Fastar bénéficie d'une fréquence de réponse rapide, entre 0 et 15 kHz, et fournit ainsi, selon le fabricant, un temps de réaction de quelque 30 microsecondes, depuis l'enregistrement du mouvement jusqu'au signal de sortie. L'unité est conçue pour résister aux interférences des champs d'électricité statique souvent générés par les moteurs électriques et les machines de soudure à l'arc. Le transducteur Fastar résisterait également très bien aux chocs et aux vibrations.



Fastar modèle SP 300A

Le transducteur Hydrastar a été spécifiquement étudié pour s'adapter à l'intérieur des cylindres hydrauliques pour mesurer leur course linéaire. L'unité comprend un zone d'insensibilité dans le corps du transducteur de 1,2 cm seulement, contre les 5 à 21 cm des transducteur à magnétostriction.

Le processeur de signal de l'Hydrastar peut être monté à une distance du transducteur pouvant aller jusqu'à 27 mètres. Selon Data Instruments, l'Hydrastar a été conçu pour fonctionner dans des conditions difficiles, et il peut supporter des pressions de travail jusqu'à 5 000 psi et des températures de fonctionnement extrêmement élevées. Le temps de réponse est le même que celui du Fastar, soit 30 µs, et l'unité fournit des portées standard

de 51 à 609 cm. Des versions sur mesure sont disponibles à la demande.

P.M. Instrumentation, RN13, BP78, 78630 Orgeval. Tél. : (1) 39.75.80.40 (télécopie : (1) 39.75.99.79).

### Analyseur biochimique à enzymes fixées

L'analyseur YSI 2700 de Bioblock Scientific permet le dosage spécifique et rapide de l'un des produits suivants : D-glucose, L-lactate, saccharose, lactose, galactose, amidon et choline ou la détermination simultanée (version bicanaux) du glucose et du lactate, ou du glucose et du saccharose.

Tous les paramètres de mesure sont programmables : taille d'échantillon, unité de mesure, fréquence de calibration automatique. Le résultat est affiché et imprimé 90 secondes après aspiration de l'échantillon. Contrôlé par microprocesseur, très simple à programmer et à utiliser, il bénéficie de multiples avantages : menus déroulants, imprimante incorporée, interface RS232C et programme d'autodiagnostic. Utilisable seul ou avec un passeur d'échantillons, il est destiné à tous les laboratoires de contrôle en industrie agro-alimentaire et en fermentation.

Bioblock Scientific, BP 111, 67400 Ill-kirch. Tél. : 88.67.14.14 (télécopie : 88.67.11.68).

### Centrifugeurs au centre hépato-biliaire de Villejuif

Sorvall, centrifugeur commercialisé par Du Pont de Nemours, a été retenu pour équiper les laboratoires de recherche du tout nouveau Centre Hépato-Biliaire de Villejuif.

L'unité de recherche dispose d'environ 500 m<sup>2</sup> de laboratoires où l'étude des tumeurs du foie, la conservation des organes, la virologie et l'immunologie font appel aux techniques de biologie moléculaire, de biologie cellulaire et de micro-chirurgie expérimentale les plus avancées.

Du Pont de Nemours Avenue du Pacifique, BP 85, 91943 Les Ulis Cedex. Tél. : (1) 69.82.54.32 (télécopie : (1) 69.82.52.00).

## Système LAB LC (VIII)

Le LAB LC (VIII) de Prochrom est une nouvelle version du système de Chromatographie Préparative Liquide Haute Performance (CPLHP) à l'échelle du laboratoire, avec une capacité de 1 à 20 grammes d'échantillon par injection. La colonne de 50, 60 ou 80 mm de diamètre (selon la version de colonne) est basée sur le principe de la Compression Axiale Dynamique (DAC); Elle peut être remplie par l'utilisateur avec pratiquement tous les types de phase stationnaire.



Système LAB LC (VIII)

Le système, dans sa version entièrement automatisée, intègre dans un seul module:

- un formeur de gradient basse pression à 3 solvants (statique ou dynamique),
- un système de pompage adapté au diamètre de la colonne,
- un variateur de fréquence permettant le réglage du débit de la pompe,
- une vanne de purge manuelle,
- un double système d'injection (manuel et automatique),
- un filtre à haute pression,
- un manomètre indiquant la pression d'huile et la pression réelle exercée sur le support
- une précolonne avec vanne de by-pass,
- la colonne chromatographique DAC et son système de compression,
- un détecteur UV (193-700 nm)
- un détecteur IR,
- un enregistreur 2 voies,
- un collecteur de fractions (avec 10 lignes de collection maximum),
- une vanne d'inversion du sens d'élution
- une vanne de recyclage du solvant et/ou de l'échantillon.

Ces éléments sont contrôlés au moyen d'un panneau d'affichage à touches sensibles regroupant les fonctions nécessaires à la chromatographie, ainsi qu'une calcu-

latrice quatre opérations et un chronomètre.

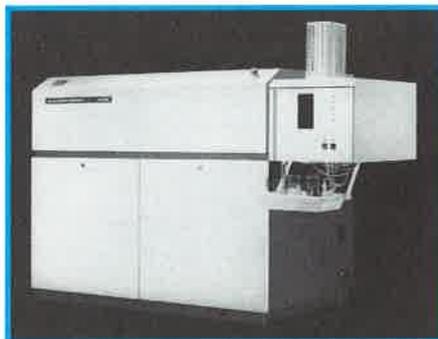
Toutes les opérations peuvent être automatisées à l'aide d'un micro-ordinateur (Compaq 386 s) équipé du logiciel Chomsoft de Prochrom.

Les hautes efficacités et stabilités des colonnes DAC permettent une optimisation/extrapolation aisée des conditions opératoires, à partir de résultats obtenus sur une colonne CLHP analytique.

*Prochrom S.A., B.P. 9, 5 rue J. Monod, F-54250 Champigneulle. Tél. : 83.31.22.44 (télécopie : 83.31.20.51)*

## Nouveau spectromètre ICP: Accuris

Fisons Instruments/Arl propose Accuris, un nouveau spectromètre à émission optique simultanée. Conçu pour répondre aux besoins analytiques, en particulier dans le domaine de l'environnement, ce nouveau spectromètre améliorerait les limites de dosabilité et la stabilité des résultats.



Accuris, spectromètre ICP-AE

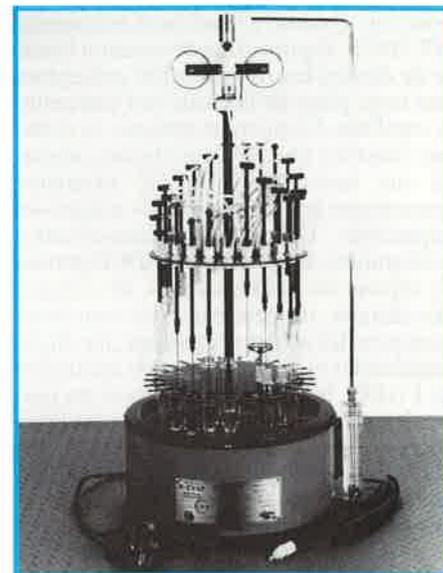
Il incorpore un générateur RF transistorisé. Le passeur d'échantillons "intelligent" est entièrement programmable et répond aux normes de contrôle qualités exigées par le protocole EPA (États-Unis). Basé sur le polychromateur, sous vide, montage optique Paschen-Runge, focale de 1 mètre, ce nouvel instrument est équipé en standard de 24 lignes optiques pour le dosage des éléments habituels dans l'environnement. D'autres lignes optiques pour standards internes et autres éléments peuvent être ajoutées.

L'analyseur ICP comprend le système Minitorche à haute performance et économique en gaz argon. Des accessoires spécifiques sont à la disposition de l'analyste pour l'amélioration des limites de dosabilité des éléments.

*Fisons Instruments, ARL Applied Research Laboratories S.A., En Vallaire Ouest C - 1024 Ecublens, Suisse. Tél. : (021) 691 1515.*

## Évaporateurs analytiques haute vitesse

Une gamme d'évaporateurs analytiques haute vitesse avec un nouveau collecteur de gaz rotatif pouvant tourner autant de fois qu'on le désire sans tordre le tube à gaz est présentée par Organomation Associates.



Le N-EVAP-24

L'évaporateur analytique haute vitesse N-EVAP-24 utilise de l'azote comme agent d'évaporation. Il est idéal pour les applications nécessitant l'évaporation de solvant d'un grand nombre d'échantillons. Grâce à un collecteur de gaz étanche complètement rotatif, cet instrument à 24 positions peut tourner librement sans tordre le tube d'alimentation et ne nécessite que 35,5 x 45,5 cm d'espace sur la table.

Muni d'un débitmètre de gaz pour régler le débit d'azote en fonction du nombre de positions utilisées, l'évaporateur N-EVAP-24 ne nécessite qu'une source d'azote et une prise de courant alternatif (110/200 V), mais pas de pompe à vide. Il utilise un bain d'eau à température contrôlée et peut être commandé avec un bain sec et une construction à l'épreuve des acides.

Prix : 2 430 \$ (É.U.). Des modèles à 12 à 36 positions sont également proposés. Un catalogue gratuit est disponible sur demande.

*Organomation Associates, Inc., Andrew R. McNiven, Marketing, 266 River Road West, Berlin, MA 01503-1699 Etats-Unis. Tél. : +1 (508) 838-7300 (télécopie : +1 (508) 838-2786)*

## Ingénierie assistée par ordinateur CAPE

Le concept d'ingénierie assistée par ordinateur "CAPE", proposé par ABB Process Automation, répond aux besoins de configuration et d'ingénierie des projets d'instrumentation, d'électricité et d'automatisation des procédés industriels. Le CAPE (Computer Aided Plant Engineering) fonctionne dans un environnement informatique ouvert, ce qui permet de récupérer des fichiers venant d'autres logiciels ou d'autres plateformes.

Le concept CAPE est d'abord un progiciel (AdvaBuid) d'ABB qui permet la mise à disposition d'un ensemble d'outils pour l'ingénieur via un éditeur de structure très puissant, pour réaliser l'analyse fonctionnelle, la localisation, la documentation et la configuration des systèmes. La puissance de l'éditeur permet à l'ingénieur de naviguer dans la structure du projet d'un module à l'autre ; par exemple : pour entrer des données primaires, pour générer des plans, des diagrammes synoptiques, pour documenter des textes, etc.

CAPE tourne sur la nouvelle génération de station de travail ABB Advant Station. Ces stations conçues dans un environnement ouvert sous UNIX, utilisant le SGBD-R (Système de Gestion de Base de Données) d'Oracle, permettent d'interfacer les fonctionnalités du CAPE avec des logiciels très répandus, comme AutoCad ou FrameMaker, tout en utilisant les programmes déjà existants pour les systèmes ABB MOD300 et ABB MASTER.

ABB Process Automation, 15 rue Sully, 69153 Decines Charpieu Cedex. Tél. 72.05.40.40 (télécopie : 72.05.73.75).

## Conditionneur pour transmetteur à boucle de courant 4 - 20 mA

Ce nouvel appareil, d'AC-Mesure au format 96 x 48 à encastrer, alimente le transmetteur en 24 VDC, traite le signal et affiche la grandeur mesurée sur +/- 2000 points.

Il dispose d'un seuil de consigne réglable, avec exploitation par relais interne.

AC-Mesure annonce aussi la sortie de nouveaux capteurs de pression. Ils disposent d'un élément sensible piézorésistif en silicium greffé sur saphir.

Cet élément sensible est isolé du fluide par une membrane en titane autorisant l'utilisation de ces capteurs sur la grande majorité des fluides.

Cette technologie permet d'obtenir des capteurs de faible coût (prix unitaire hors taxes à partir de 980 F), pouvant travailler



Capteur pression AC-Mesure

sur une plage de température de -200 à +200 °C.

Cette nouvelle ligne de capteurs couvre des étendues de mesure de 0 - 1 à 0 - 1000 bars et offre une précision (linéarité + hystérésis + répétabilité) de 0,1 % de l'E.M.

Ces capteurs s'alimentent avec un courant constant de 1,5 mA et délivrent un signal de 100 à 500 mV.

AC-Mesure, 24 rue des Dames, BP.58, 78340 Les Clayes-sous-Bois. Tél. : (1) 30.55.30.40 (télécopie : (1) 30.54.01.43).

## Le Zetamaster

Suite à la Pittsburg 93, Malvern Instruments annonce la sortie d'un tout nouveau zétamètre : le Zetamaster.

Plus spécifiquement destiné au contrôle de routine, il peut effectuer une mesure de la taille et du potentiel Zêta en quelques dizaines de secondes, effectuer un tracé automatique du pH en fonction du potentiel Zêta ou être couplé à un passeur d'échantillons.

Le Zetamaster ne nécessite aucun alignement de la part de l'utilisateur, il permet de travailler en milieux polaires aqueux ou non aqueux.

Son fonctionnement dans un environnement Windows 3.1 en français lui confère une grande souplesse et simplicité d'utilisation dans les liaisons DDE avec tableurs, traitement de texte ou palette graphique.

Malvern Instruments SA, Parc Club de l'Université, 30 rue Jean Rostand, 91893 Orsay Cedex. Tél. : (1) 60.19.02.00 (télécopie : (1) 60.19.13.26).

## Le réflectomètre RQflex

Le réflectomètre est un photomètre de rémission capable de quantifier la coloration d'une bandelette-test Réflexoquant avec une précision de l'ordre du mg.l<sup>-1</sup>.

Le RQflex permet 30 dosages chimiques de l'ammonium au zinc en passant par l'argent, le cuivre, les nitrates, les nitrites, les phosphates etc.

L'analyse ne demande que 15 à 60 secondes, et consiste à plonger la bandelette test dans l'échantillon et à l'introduire dans le compartiment de lecture de l'appareil qui affiche le résultat en mg.l<sup>-1</sup> avec l'heure et la date de la mesure.

La précision est garantie par la double lecture simultanée des deux zones réactives de la bandelette Réflexoquant à la longueur d'onde spécifique de la réaction.



Réflectomètre RQFlex

L'appareil peut garder en mémoire les 50 derniers résultats et 5 méthodes différentes. Pour accéder à d'autres méthodes, il suffit de lire les codes-barres correspondants.

Les résultats peuvent être transférés sur PC ou imprimante par le biais de la sortie RS 232.

Merck Clevenot, division Réactifs, 5-9 rue Anquetil, 94736 Nogent-sur-Marne Cedex. Tél. : (1) 43.94.54.00 (télécopie : (1) 48.76.58.15).

## Détermination de l'ozone dans l'eau

Interma - Chemetrics annonce la sortie des coffrets d'analyse de l'eau pour la détermination de l'ozone dans l'eau. Ces nouveaux coffrets colorimétriques portables sont conçus pour l'analyse des concentrations en ozone de l'eau qui a subi un traitement d'ozonation.

Ils sont faits pour le contrôle de routine de l'eau après traitement et permettent de vérifier que les concentrations de désinfectants sont maintenues au niveau adéquat.

Les tests sont effectués avec des ampoules auto-remplissantes. Chaque ampoule contient le réactif prédosé scellé sous vide pour assurer une durée de conservation pratiquement illimitée. Chaque coffret contient 30 tests. Des recharges sont disponibles.

Interma-Chemetrics, "Les Sablières",  
Route de Maubec, 84580 Oppède. Tél. :  
90.76.81.18 (télécopie : 90.76.85.69).

## Nouveau variateur de vitesse

Danfoss lance un nouveau type de variateur de vitesse, la nouvelle génération 3000, comportant d'importantes innovations aussi bien au niveau des performances techniques qu'au niveau de la convivialité de l'utilisation.

Cette nouvelle série comprend les types VLT 3002 à 3250 et couvre les puissances de 1,6 à 250 kVA.

Les techniques nouvelles comme le VVC (Voltage Vector Control) ont maintenant atteint leur développement optimal grâce, entre autres, à l'extension de la résolution des circuits spécifiques à 12 bits. Ce contrôle vectoriel donne ainsi au moteur des performances sans précédent : pas de déclassement moteur, excellente dynamique dans les 4 quadrants et magnétisation moteur optimale, tout ceci en boucle ouverte.

La nouvelle génération VLT 3000 peut "parler" 6 langues. Il affiche les alarmes et les menus en clair sur un afficheur alphanumérique dans 6 langues au choix. Dans le cas d'alarmes ou de défauts, ceux-ci sont stockés et peuvent être restitués sur la zone de lecture.

L'innovation la plus importante dans le domaine de la variation de vitesse est la faculté d'auto-adaptation. Cette fonction permet de calibrer automatiquement le variateur en fonction des paramètres propres du moteur. Le VLT mesure automatiquement la résistance statorique ainsi que l'inductance mutuelle principale du moteur afin que le VLT 3000 puisse intégrer sans autre action la calibration des paramètres tels que le tension de démarrage, le courant de magnétisation et autres compensations permettant un contrôle optimum du glissement. Ceci permet à l'utilisateur de n'avoir plus qu'à définir la tension nominale du moteur et sa puissance. Ce variateur a obtenu l'agrément ISO 9001

La nouvelle série VLT 3000 existe en versions IP 00, 20, 21 et 54 ; 200/220/230 V, 380/400/415 V et 460/480/500 V avec les principales fréquences de 50/60 Hz.

Danfoss, BP58, 78193 Trappes Cedex.  
Tél. : (1) 30.62.41.34 (télécopie : (1) 30.69.74.70).

## Balances basiques : AB, PB et SB

Mettler-Toledo vient de lancer sa nouvelle gamme de balances AB (balances d'analyse), PB (balances de précision) et SB (balances industrielles de précision).



Balances basique : AB, PB et SB

Elle est constituée de 26 modèles qui vont de 0,1 mg à 32 kg et proposent de larges surfaces de travail avec des plateaux rectangulaires pour tous les matériels à partir du centigramme.

Chaque modèle maîtrise les fonctions primordiales telles que le comptage de pièces, le pesage en %, le pesage dynamique (comme la pesée d'animaux) dans différentes unités (g, kg, etc.). Grâce au PowerPac (en option), ces instruments sont autonomes pour faciliter les pesées à partir de n'importe quel poste de travail. La nouvelle interface LocalCan (Local Communication Area Network) accroît les possibilités de la balance en permettant de créer un véritable petit système avec imprimante, ordinateur et touche de fonction, l'ensemble pouvant accueillir jusqu'à 5 périphériques différents. Bien évidemment, les liaisons RS232C et CL restent disponibles.

Les modèles à 0,1 g et au gramme sont dès maintenant disponibles en 2 versions PB et SB.

Ces balances conçues et réalisées sous systèmes Assurance Qualité ISO 9001 ont reçu l'approbation CE (Conformité Européenne); elles existent aussi en version pour utilisation réglementée.

Mettler-Toledo, 18-20 avenue de la Pépinière - ZAE, BP 14, 78220 Viroflay. Tél. : (1) 30.97.17.17 (télécopie : (1) 30.97.16.16).

## Les agitateurs submersibles série 4600

Cette seconde génération d'agitateurs submersibles a été étudiée et réalisée pour atteindre les exigences industrielles : très haut rendement, fiabilité, très longue durée de vie, résistance aux milieux les plus sévères.

Les agitateurs submersibles série 4600 sont destinés à l'homogénéisation, au mélange de liquides, au maintien en suspension et à la dissolution de solides.

Le choix de matériaux et de composants interchangeables permet de réaliser un agitateur quasiment "sur mesure" (puissance de 1,5 à 25 kW).

Flygt France, 29, rue du Port, ZI, Parc de l'Île, 92022 Nanterre Cedex. Tél. : (1) 46.95.33.33 (télécopie : (1) 46.95.33.79).

## Les pompes submersibles série 3000

Ces nouvelles pompes submersibles à très haut rendement, pour tous liquides chargés, sont disponibles en versions fonte, inox, proacid, ou avec différents revêtements selon le milieu à pomper. Des versions spéciales pour liquides très abrasifs figurent également au catalogue (puissance de 1 à 44 kW).

Flygt France, 29, rue du Port, ZI, Parc de l'Île, 92022 Nanterre Cedex. Tél. : (1) 46.95.33.33 (télécopie : (1) 46.95.33.79).

## DIONEX

### - Tampons IonPhor

pour électrophorèse capillaire, en détection photométrique indirecte, prêts à l'emploi : le tampon anion PMA pour l'analyse des anions organiques et inorganiques et les tampons cations Cu pour la détection des cations inorganiques et amines. Ces tampons sont recommandés pour la recherche des éléments contaminants dans les produits chimiques, les réactifs et les eaux résiduaires ou le contrôle qualité.

### - SFE 723

en extraction supercritique. Il combine extraction à fluide supercritique et addition d'un cosolvant, pour des extractions en analyse de l'environnement, contrôle de qualité des produits alimentaires, analyses chimiques et pétrochimiques, industries pharmaceutiques et textiles.

### - Self Regenerating Suppressor (SRS)

Introduction en chromatographie ionique de la technologie "Auto Suppression" avec le "Self-Regenerating Suppressor" (SRS), dispositif postcolonne pouvant être utilisé avec des éluants contenant des solvants organiques, pour la détermination classique des ions (anions et cations) ainsi que pour les applications spéciales d'échanges d'ions.

Dionex SA, 98, rue Albert Calmette, 78350 Jouy-en-Josas. Tél. : (1) 39.46.08.40 (télécopie : (1) 30.70.69.16).

## PRODUITS ET MATÉRIAUX

### Additif fluor pour fibres de polypropylène

L'industrie des non-tissés est à la recherche d'apprêts hydrophiles pour différentes applications, telles que couches, produits de soin corporel, vêtements médicaux, séparateurs de piles et de batteries, essuie-tout, géotextiles et supports de filtration. D'habitude, les apprêts hydrophiles sont appliqués aux non-tissés une fois les tissus fabriqués. Pour les non-tissés à base de polypropylène, ces traitements en surface peuvent être difficiles et coûteux à réaliser, et ne sont généralement pas durables.

3M a mis au point une nouvelle technologie grâce à laquelle les résines fluorées sont incorporées au polypropylène durant l'extrusion des fibres. Soigneusement mélangée et extrudée avec la résine polypropylène, la résine fluorée appropriée permet d'obtenir par ce process combinant voie fondue et fusion-soufflage, un voile aux propriétés hydrophiles durables.

3M, bd de l'Oise, 95006 Cergy Pontoise Cedex. Tél. : (1) 30.31.61.61 (télécopie : (1) 30.31.75.46).

### Gamme de solvants pour Elf Atochem : Iridia

Iridia offre aux professionnels du dégraissage métallique, une palette de solutions quel que soit le mode d'applications : machine ou hors machine, à chaud ou à froid.

Pour toute les applications en machine, la gamme comprend des solvants chlorés et oxygénés associant fiabilité et performance.

Altène D6 : formulation de dégraissage à base de trichloréthylène pour le dégraissage à chaud de toutes les pièces.

Pertène D6 : formulation à base de perchloréthylène, notamment recommandé en dégraissage à chaud nécessitant une température élevée.

Uklène : formulation de dégraissage à base de chlorure de méthylène, permettant un dégraissage à faible température. Actène : formulation fondée sur un procédé nouveau agissant par décollement des salissures (procédé rolling-up).

Pour les applications hors machine, la gamme Iridia présente un ensemble de formulations nouvelles : les Protènes, étu-

diées pour répondre à la grande variété des applications.

Protène S : dégraissant à séchage rapide.

Protène F : dégraissant assurant une protection ultérieure des pièces.

Protène R : dégraissant puissant rinçable.

Dans son approche globale du dégraissage métallique, Elf Atochem propose un ensemble de services associés qui s'étend au conseil technique des spécialistes du Centre d'Applications de Levallois, ainsi qu'à la collecte et au traitement des solvants usagés, grâce au service ECO-PER. Elf Atochem, 4 cours Michelet, La Défense 10, Cedex 42, 92091 Paris La Défense. Tél. : (1) 49.00.70.29 (télécopie : (1) 49.00.74.47).

### Suva pour remplacer les CFC

Le 31 décembre 1994 est la date fixée par la Communauté Européenne pour l'arrêt total de la production des CFC.

Du Pont, travaille actuellement à la reconversion des appareils de climatisation, de congélation et de réfrigération dans lesquels les CFC seront remplacés par la nouvelle gamme de réfrigérants Suva respectant l'environnement.

Les équipements sont en cours d'adaptation dans plus de 500 installations distinctes à travers le monde.

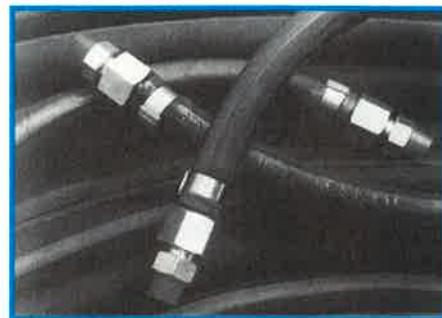
Le taux de fuite de certains systèmes de climatisation et de réfrigération atteint 15 à 20 % par an. Or, dans moins de 80 semaines, la production de CFC sera interdite. A mesure que cette date approche, les CFC vont donc devenir de plus en plus rares et onéreux et les spécialistes de l'adaptation, capables de convertir les installations, seront très demandés.

Du Pont Chemicals, 137, rue de l'Université, 75334 Paris Cedex 07. Tél. : (1) 45.50.64.43 (télécopie : (1) 45.51.44.54) ou Primagaz, Les Levées, 37705 Saint-Pierre-des-Corps Cedex. Tél. : 47.32.39.66 (télécopie : 47.32.39.40).

### Métro de Londres : le Vamac choisi pour sa résistance au feu

Les flexibles de circuits de freins pneumatiques à robe extérieure en élastomère éthylène-acrylique "Vamac" sont adoptés à présent pour satisfaire les nouveaux critères de résistance au feu du métro de Londres imposés aux matériaux utilisés sur son matériel roulant.

L'enquête menée par les Laboratoires du Métro de Londres à la suite du désastre de King's Cross a révélé que les taux élevés de fumées constituaient une des causes principales de mortalité. Ces fumées toxiques ont non seulement entraîné la suffocation et la mort, mais, de plus, en raison de leur densité, elles ont provoqué la panique et ralenti les opérations d'évacuation et de secours.



Flexibles de freins à base de Vamac

Les recherches effectuées par BTR Hose et Westinghouse Brake ont prouvé que les flexibles de freins à base de Vamac satisfont les spécifications de la norme British Standard 3682. La pression minimale d'éclatement était de 700 psi, alors que la pression d'essai était de 200 psi. A la pression d'essai la longueur n'avait varié que de trois pour cent au plus. Les tests de résistance à l'ozone ont montré qu'avec une concentration de 50 ppm il n'y avait pas de craquelures dans le matériau après 70 heures à 80 °C.

Le Vamac est la marque déposée de Du Pont pour son élastomère éthylène-acrylique.

BTR Hose Limited, PO Box 3, Centurion Way, Farington, Leyland, Preston, Lancs PR5 3RE, Grande-Bretagne. Tél. : +44 (772) 421711 (télécopie : +44 (772) 436610).

### Gyrophares à supports en plastique

La société Federal Signal Corp., de University Park (Illinois), a développé en collaboration avec la filiale américaine de Bayer, Miles Inc., un nouveau type de dispositifs clignotants pouvant être montés sur le toit des véhicules de police et de

secours, présenté sous la marque "Street Hawk".

La chaleur importante dégagée par les lampes halogènes, qui soumettent à de fortes contraintes le matériau utilisé pour les barres de support, a justifié l'emploi du polycarbonate Apec, particulièrement résistant à la déformation à chaud.

Le revêtement transparent des lampes rotatives et les lentilles des lampes statiques ont été fabriqués à partir du polycarbonate résistant au choc Makrolon, qui peut être teinté, en fonction des spécifications, dans différentes couleurs de signaux (rouge, jaune, bleu, vert).

Les lampes sont disposées sur deux niveaux de telle sorte que le gyrophare soit visible de tous les côtés, autrement dit sur 360 degrés.

*Bayer AG, Konzernverwaltung Öffentlichtkeitsarbeit, D-5060 Leverkusen 1. Tél. : (0214) 30-1 (télécopie : (0214) 30.89.23).*

## Étanchéité de cuves en béton

Lorsqu'une cuve en béton est fissurée, le problème d'étanchéité est parfois très difficile à résoudre. Plusieurs techniques peuvent être adoptées, ayant chacune leurs inconvénients. Irathane International a lancé un programme de recherche pour résoudre ce problème. Après cinq ans d'études, une nouvelle gamme d'élastomères de polyuréthane spécialement conçus pour application sur béton est née : Aqualine.

La gamme possède notamment les avantages suivants :

Sans solvants, donc sans odeur, ni danger. Primaire d'accrochage à base d'eau. Tolérant un substrat humide. Application par rouleau à 500 microns d'épaisseur par couche, à la température ambiante. L'élasticité de 450 % rend Aqualine capable de ponter les fissures naissantes, jusqu'à 15 mm, avec une épaisseur de 1,5 mm d'Aqualine. Parfaite stabilité à la dégradation par hydrolyse. Excellente stabilité aux ultraviolets.

Elle est de plus certifiée par la Mairie de Paris pour le contact avec l'eau potable.

Le distributeur pour la France d'Irathane International, la société Market, a lancé Aqualine au cours du deuxième trimestre 1993



*Market SA, 1079 rue de Champvallins, 45640 Sandillon. Tél. : 38.41.00.01 (télécopie : 38.41.05.89).*

## Chauffage et isolation des fours

Le Fibrothal est un système de construction complet développé par la société Kanthal GmbH, à Mörfelden-Walldorf, pour le chauffage et l'isolation des fours fonctionnant à des températures de 1 000 à 1 500 °C. Les molécules Fibrothal sont en fibres céramiques à base de silicate d'aluminium moulées sous vide et utilisent comme liant le sol de silice de Bayer Levasil. Les éléments de chauffage métalliques peuvent y être moulés simultanément. Ils sont livrés sous forme de plaques, de demi-coquilles et de tuyaux de dimensions variables.

Les modules Fibrothal présentent un faible poids spécifique, d'environ 200 kg/m<sup>3</sup>.

La réduction du poids et la faible chaleur spécifique entraînent également une diminution des temps de chauffage et de refroidissement, les fours devenant alors plus rapidement opérationnels. En outre, le haut pouvoir isolant du matériau poreux permet de diminuer l'épaisseur de l'isolant thermique.

*Bayer AG, Konzernverwaltung Öffentlichtkeitsarbeit, D-5060 Leverkusen 1. Tél. : + 49 (0214) 30-1 (télécopie : + 49 (0214) 30.89.23).*

## Support pour disques durs MemCor

Corning et Seagate Technology Inc. ont conclu un accord de plusieurs millions de dollars. Cet accord prévoit que Corning fournira à Seagate de nouveaux supports pour les disques durs d'ordinateur. Le support MemCor, mis au point dans les laboratoires de recherche de Corning, est constitué d'une nouvelle vitrocéramique brevetée. Ainsi, la capacité de mémoire des disques durs augmenterait de manière significative et leur fiabilité en serait accrue. Corning a mis au point les produits MemCor pour l'industrie informatique après 6 ans de recherche et de développement.

*Corning France, Helen Magne, 44, avenue de Valvins, 77210 Avon. Tél. : (1) 64.69. 75.00 (télécopie : (1) 60.72.58.00).*

## Tubes hydrauliques inoxydables

Une nouvelle gamme de tubes hydrauliques inoxydables sans soudure, fabriqué

par Sandvik Steel et supportant des pressions allant jusqu'à 400 bars, trouve de nouvelles applications dans l'industrie de la pâte à papier.

Désignés Sandvik PW400, ces tubes sont fabriqués dans une nuance duplex dont la limite élastique est sensiblement le double de celle des aciers inoxydables standard de la série 300.

Ils auraient une très bonne tenue à la corrosion sous tension, et une résistance similaire à la corrosion générale et par piqûres. *Sandvik Aciers, 4 avenue de Buffon, BF. 6227, 45062 Orléans Cedex 2. Tél. : 38.41 41.41 (télécopie : 38.41.43.71).*

## Plexalloy HZ : une nouvelle matière thermoplastique

Avec Plexalloy HZ, Röhm GmbH à Darmstadt a développé une nouvelle matière thermoplastique, pour laquelle elle utilise des matières plastiques recyclées en provenance de sa propre production.

Les plaques Plexalloy HZ sont fabriquées à partir de polycarbonate modifié teinté dans la masse.

Ces plaques ont des propriétés similaires aux plaques transparentes Makrolon, les semi-produits en polycarbonate de Röhm. Plexalloy HZ serait particulièrement résistant aux chocs dans des plages de températures allant de -30°C à +115°C et garderait ainsi une grande stabilité dimensionnelle à chaud.

Les pièces réalisées à partir de cette matière plastique recyclée peuvent être utilisées dans la construction automobile pour des panneaux d'habillage intérieurs et extérieurs, des garde-boue, coques de siège, carénages de motos et flasques de roues. D'autres domaines d'application sont l'emballage, notamment pour des palettes de transport et des conteneurs, ainsi que pour des boîtiers spéciaux, tableaux de commande, boîtes à lettres et distributeurs automatiques.

*Hüls France, Division Röhm, Michèle Homet, 49-51 quai De-Dion-Bouton, 92815 Puteaux Cedex. Tél. : (1) 49.06.51.09 (télécopie : (1) 47.73.97.65).*

## Les Cristamid

Avec les Cristamid, Elf Atochem a développé une nouvelle famille de copolyamides semi-aromatiques.

Cela renforce sa présence sur le marché de la lunetterie auprès des marques de prestige.

La nature intrinsèque des Cristamid permet de chauffer la monture et les branches de lunettes à une température usuelle pour les opticiens.

La totale transparence des Cristamid quelle que soit leur épaisseur donne la possibilité d'une très grande gamme de couleurs transparentes et opaques incluant même le noir profond...

## Projecteurs de diapositives avec boîtier en ABS

Pour réaliser le boîtier de ses projecteurs de diapositives Diamator AF, de la gamme "Série 2500", la société Reflecta GmbH, de Schwabach, a choisi le Novodur PMT-AT, ABS de Bayer AG. La liberté de design offerte par ce thermoplaste et sa mise en oeuvre par injection sont à l'origine de la conception moderne et compacte du projecteur.



Bayer AG, Konzernverwaltung Öffentlichtkeitsarbeit, D-5060 Leverkusen 1. Tél. : +49 (0214) 30-1 (télécopie : +49 (0214) 30.89.23).

## Disque de rupture Graphilor

Associé aux organes de sécurité agréés, le disque de rupture en Graphilor est d'un montage aisé entre brides. Il s'intercale sur toute installation et permet la protection contre toute surpression ou vide accidentels.



Quand la pression dépasse la limite prévue, le voile du disque éclate et libère instantanément la pression du liquide ou du gaz.

La nature céramique du matériau Graphilor permet d'obtenir la libération totale de la section du diamètre actif lors de l'éclatement. La méthode d'étalonnage et d'usinage mise au point permet d'obtenir une grande précision d'éclatement.

Les disques de rupture Graphilor répondent aux normes anglaises (BS 2915) et sont agréés par les organismes officiels : TUV (Allemagne), Stoomweson (Pays-Bas), ANCC (Italie), ASME, etc.

Marie-Laure Soubes, Le Carbone Lorraine, DPT génie chimique, Tour Manhattan, Cedex 21, 92095 Paris la Défense 2. Tél. : (1) 47.62.88.00 (télécopie : (1) 47.73.55.54).

## Xantar, polycarbonate de DSM

Underwriters Laboratories Inc. (États-Unis) a attribué récemment à l'ensemble de la gamme Xantar, les grades de polycarbonates de DSM Matières Plastiques, une division du groupe chimique DSM, les hautes qualifications "125°C" et "130°C" pour utilisation prolongée aux hautes températures.

Un programme de tests permet de déterminer la température maximale d'utilisation prolongée d'un matériau à la chaleur. Underwriters Laboratories (UL) appelle ce paramètre "Relative Temperature Index" (RTI). Le résultat : le RTI du Xantar, déterminé par UL selon la norme UL 746B, est de 125 °C-130 °C. Ceci s'applique aux caractéristiques tant mécaniques qu'électriques et concerne aussi bien les grades Xantar courants que les grades ignifugeants ou ceux chargés fibres de verre. Les valeurs RTI du Xantar sont pratiquement toujours de 10 °C à 30 °C supérieures à celles des autres polycarbonates disponibles.

Le Xantar est notamment utilisé dans des boîtiers électroniques, des connecteurs et d'autres composants. Il trouve également ses applications dans des pièces support (châssis).

DSM Kunststoffen, Marketing Xantar, Postbus 43, 6130 AA Sittard Pays-Bas. (télécopie : +31 46 770400).

## PROTECTION - SÉCURITÉ

### Masques à usage unique contre les gaz/vapeurs et les poussières

Les masques de la série 4000 3M ont été testés et certifiés conformes à la norme européenne EN405 pour les demi-masques filtrants antigaz. Le masque 3M 4251 protège contre les vapeurs organiques et les poussières (classe FFA1P1).

Le masque 3M 4254 protège contre l'ammoniac et les poussières (classe FFK1P1). Enfin, le masque 4257 protège à la fois contre les vapeurs organiques/inorganiques, les gaz acides et les poussières (classe FFABE1P1).

La forme ergonomique du masque permet de conserver un bon champ visuel et d'utiliser simultanément d'autres dispositifs de protection tels que lunettes de sécurité ou casque antibruit. La soupape expi-

ratoire parabolique, brevetée, permet de réduire sensiblement la sensation de chaleur à l'intérieur du masque.

Un matériau anallergique spécial a été choisi pour la pièce faciale. Il réduit le poids et évite les risques d'irritation. De plus, le réglage des brides en 4 points et la coiffe ajustable assurent une meilleure répartition du poids et une parfaite étanchéité quelles que soient les formes ou les tailles de visage.



Les masques de la série 4000 se jettent entièrement lorsque les filtres sont saturés. La technologie du charbon actif compacté évite le conditionnement de ce dernier en récipient et facilite la destruction du produit. Le protège-filtre, optionnel, permet de prolonger la durée de vie des filtres, en réduisant leur colmatage lors d'opérations de pulvérisation.

3M France, bd de l'Oise, 95006 Cergy Pontoise Cedex. Tél. : (1) 30.31.61.61 (télécopie : (1) 30.31.75.46).

## Contrôle centralisé des purgeurs vapeur

Le groupe Trouvay & Cauvin introduit sur le marché français un concept entièrement nouveau, développé par la société Armstrong : Trap Scan permet de contrôler instantanément l'état de marche de chacun des purgeurs d'un réseau vapeur. Ce système permet instantanément le contrôle centralisé de 200 purgeurs. Il comporte :

- une sonde équipant chacun des purgeurs à flotteur inversé ouvert du réseau vapeur ; cette sonde diagnostique deux défauts éventuels : purgeur bloqué fermé ou purgeur bloqué ouvert,

- un relais vers lequel sont ramenées jusqu'à huit sondes,

- une armoire centrale, équipée de trois sorties et une entrée, capable d'adresser un réseau modulaire de 25 relais au maximum. C'est cette armoire centrale qui édite à la demande les messages d'anomalies ; un automate programmable peut se substituer à ce dispositif ou le compléter.

Trouvay & Cauvin, 58, rue Général-Chanzy, 76097 Le Havre Cedex. Tél. : 35.25.62.62 (télécopie : 35.25.61.96).

## Électro distributeurs pneumatiques à sécurité intrinsèque pour atmosphères explosibles

Les composants de cette nouvelle gamme sont homologués Cenelec et Baseefa selon les classes EEx ia IIc T6, donc utilisables en zones 0. La classe de température est également compatible avec les ambiances d'hydrogène.

Ces distributeurs utilisent une technologie nouvelle afin de concilier différents paramètres souvent contradictoires : compacité, haut débit, absence de gommage, fiabilité et réponse ultr-rapide, consommation.

Cette technologie combine un tiroir en aluminium ultraléger, des cavités aérodynamiques à effet vortex, des joints statiques à 5 lèvres en polyéthylène.

Caractéristiques : encombrement de 19 x 19 mm, KV de 8 ou 50, plus de 100 millions de cycles, réponse sous 13 ms et consommation de 0,5 W.

KV Automation Systems, 97, bd Yves Guillou, 14000 Caen. Tél. : 31.75.02.02 (télécopie : 31.75.02.04).

## Protection des yeux

La société Cabot Safety a élargi sa gamme de lunettes avec des montures en nylon : modèles Indy et Aérolite.

Utiliser le nylon pour les montures offre une résistance exceptionnelle en comparaison avec le poids, de plus les oculaires Duralite en polycarbonate sont traités anti-rayure.

La lunette Indy existe en quatre coloris : bordeaux, gris, noir et bleu avec des oculaires clairs, gris et miroirs. Cette lunette est composée d'un champ visuel panoramique, d'un style apprécié dans le milieu industriel, avec des protections latérales et frontales.



L'Aérolite, deux couleurs de montures, noire et bordeaux, avec des oculaires clairs ou gris, est une des lunettes de sécurité les plus légères actuellement sur le marché. Son autre principale caractéristique est une charnière amovible pour plus de résistance.

Inès de Francqueville, E-A-R Sarl, 5 bis, rue du Petit Robinson, 78353 Jouy-en-Josas Cedex. Tél. : (1) 34.65.30.57 (télécopie : (1) 39.46.14.81).

## CERTIFICATION

### ISO 9001 pour les additifs pour produits pétroliers Rhom and Haas-Europe

Le département Additifs pour produits pétroliers de la société Rohm and Haas vient de recevoir l'homologation ISO

9001 pour l'ensemble de ses établissements situés en France et desservant le marché européen. Ceux-ci comprennent le laboratoire européen de Valbonne, l'usine de production européenne de Lauterbourg et le service européen de marketing/vente basé à Paris.

L'homologation d'autres unités de production d'additifs pour produits pétroliers, telle que celle de Houston, USA

(homologuée ISO 9002 en février 93), ou Morrisburg, Canada (homologation ISO 9002 prévue en 1994) démontre que Rohm and Haas a adopté la norme ISO comme référence internationale pour l'ensemble de ses opérations.

Rohm and Haas France SA., La Tour de Lyon, 185, rue de Bercy, 75579 Paris Cedex 12. Tél. : (1) 0.02.50.00 (télécopie : (1) 43.45.28.19).

## Homologation ISO-9002 pour Sadaf et Sharq

Deux filiale de Sabic (Saudi Basic Industries Corporation) - Sadaf (Saudi Petrochemical Company) et Sharq (Eastern Petrochemical Company) - viennent de se voir attribuer l'homologation ISO d'assurance de la qualité. Ceci porte à cinq le nombre des filiales de production de Sabic ayant reçu la certification ISO-9002.

Les trois autres sociétés Sabic ayant déjà obtenu la certification ISO-9002 sont Kemya (Al-Jubail Petrochemical Company), Petrokemya (Arabian Petrochemical Company) et Ibn Hayyan (National Plastic Company).

*Serge Giacomo, Burson-Marsteller. Tél. : (1) 42.99.93.93.*

## ISO 9002 pour Pronal

Pronal, dont l'activité est plus particulièrement axée sur la recherche et les appli-

cations industrielles des élastomères et des plastomères, conçoit des produits gonflables de haute technologie -véris souples, obturateurs gonflables et produits sur étude- répondant et s'adaptant ainsi aux divers besoins des entreprises (sécurité, étanchéité, manutention, pressage, levage, serrage...).

La norme ISO 9002, délivrée par l'Association Française de l'Assurance Qualité (AFAQ), vient s'ajouter au classement RAQ 2, déjà détenu par Pronal, dans le domaine militaire.

*Pronal SA, ZI Roubaix Est, BP 18, 59115 Leers. Tél. : 20.99.75.00 (télécopie : 20.99.75.20).*

## Le TDI de Rhône-Poulenc certifié ISO 9002

Le système qualité du diisocyanate de toluylène (TDI) de Rhône-Poulenc a reçu de l'Afaq (Association française de l'assurance qualité) la certification ISO 9002, attestant de la conformité à la norme internationale de la commercialisation

et de la production du TDI (Scuranate) des deux sites de Pont-de-Claix, près de Grenoble, et de Lille.

Premier producteur de TDI à obtenir ce certificat, le secteur Intermédiaires organiques et minéraux (IOM) affirme sa présence sur le marché des polyuréthanes pour la literie-ameublement, l'automobile, les peintures et les élastomères. IOM confirme ainsi sa volonté de proposer aux utilisateurs des produits et des services de qualité. Ce certificat est une nouvelle étape vers la certification de toutes les lignes de produits du secteur Intermédiaires organiques et minéraux.

## SDS certifiée ISO 9002

La société SDS, spécialiste des réactifs de laboratoire, a été certifiée ISO 9002 pour l'ensemble de sa production.

La norme ISO 9002 est le modèle le plus courant en chimie concernant l'assurance qualité. Son attribution implique une parfaite sécurité de fabrication ainsi qu'un contrôle continu et rigoureux.

*SDS, BP4 Valdonne, 13124 Peypin. Tél. : 42.04.63.62.*



## CNRSFormation

au service de l'Entreprise

*du 25 au 29 octobre 1993 à ORSAY (91)*

**Spectrométrie de masse en chimie et biologie**

*du 15 au 19 novembre 1993 à MARSEILLE (13)*

**Microcalorimétrie et analyse thermique et leurs applications physico-chimiques**

*du 15 au 19 novembre 1993 à BONDY (93)*

**Spectrométrie d'absorption atomique. Perfectionnement**

*du 22 au 26 nov. et du 8 au 9 déc. 1993 à ORSAY (91)*

**Formation de la Personne Compétente à la radioprotection Option IIB : sources non-scélées. Stage agréé**

*Catalogue, programmes et inscriptions :*

**CNRSFormation**

1 place Aristide Briand - 92195 MEUDON Cedex

Tél. : (33-1) 45 07 56 72 - Fax : (33-1) 45 07 59 00

# Journées Lavoisier - Congrès national de la Société Française de Chimie

# SFC 94

## LYON-VILLEURBANNE

### 26 septembre - 30 septembre 1994

Renseignements : Société Française de Chimie  
250, rue Saint-Jacques, 75005 Paris  
Tél. : (1) 43.25.20.78  
Télécopie : (1) 43.25.87.63

### Index des annonceurs

PUBLIVAL .....	15
ENSCL.....	35
FEDERATION GAY LUSSAC.....	36-37
CNRS .....	73
Salon du Laboratoire.....	4 <sup>e</sup> de couv.

Un bulletin d'adhésion à la SFC et un bulletin d'abonnement à *L'Actualité Chimique* sont encartés dans ce numéro

### ABONNEMENTS 1993 (6 numéros)

**Membres de la SFC et de la SCI**  
Les membres des deux sociétés bénéficient d'un prix d'abonnement préférentiel de 420 F (TTC) à cette revue.

**Non-membres**  
France.....850 F (TTC)  
Europe et autres pays .....1000 F  
(envoi par avion + 280 F)

**Chèques au nom de la SFC, CCP 7078-60 U Paris.**

En vente uniquement au siège de la SFC  
Prix du numéro : 200 FF

**L'ACTUALITÉ CHIMIQUE**  
250, rue Saint-Jacques, 75005 Paris  
Tél. : (1) 43.25.20.78  
Télécopie : (1) 43.25.87.63

Directeur de la publication : Jean-Baptiste DONNET

© Société Française de Chimie. Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit, des pages publiées dans la présente publication, faite sans l'autorisation de l'éditeur est illicite et constitue une contrefaçon. Seules sont autorisées, d'une part, les reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective, et, d'autre part, les analyses et courtes citations justifiées par le caractère scientifique ou d'information de l'œuvre dans laquelle elles sont incorporées (Loi du 11 mars 1957, art. 40 et 41 et Code Pénal art. 425). Toutefois, des photocopies peuvent être réalisées avec l'autorisation de l'éditeur. Celle-ci pourra être obtenue auprès du Centre Français du Copyright, 6 bis, rue Gabriel Laumain, 75010 PARIS, auquel la Société Française de Chimie a donné mandat pour le représenter auprès des utilisateurs.

SPEI, 54420 PULNOY - Commission paritaire : 53953. Dépôt légal : mai-juin 1993.

# SOCIETE FRANCAISE DE CHIMIE

\*\*\*\*\*

## COLLECTION DOSSIERS POUR "L'ENSEIGNEMENT DE LA CHIMIE"

de la Division Enseignement de la Chimie

### VIENT DE PARAÎTRE :

#### **LA NOMENCLATURE DES STEREOISOMERES ORGANIQUES (par D. PLOUIN)**

Ce fascicule comporte cinq chapitres :

- A. Lexique de stéréochimie dans lequel sont données quelques définitions.
- B. Les règles séquentielles, règles qui permettent d'établir les configurations.
- C, D et E. Dans lesquels sont fixées les règles de nomenclature des molécules chirales, des stéréoisomères éthyléniques et des stéréoisomères cycloalcaniques.
- F. Dans lequel sont développées quelques notions sur les conformations.

Par ailleurs, il est tenu compte des recommandations pour l'écriture des noms en langue française, cela concerne essentiellement les indices de positions et les affixes.

51 pages : 44 FF T.T.C. (port inclus).

### REEDITION (AVEC REMISE A JOUR) :

#### **LA NOMENCLATURE EN CHIMIE ORGANIQUE ET INORGANIQUE (par M. BERNARD et D. PLOUIN).**

- La nomenclature en chimie organique : hydrocarbures saturés et insaturés, acycliques, cycliques et polycycliques, hétérocycliques ; fonctions oxygénées, azotées, soufrées ; composés organométalliques ; dérivés halogénés.

- La nomenclature en chimie inorganique : éléments, corps simples et composés, ions et radicaux, acides, sels, composés de coordination, composés non stoechiométriques.

De nombreux exemples sont traités.

74 pages : 45 FF T.T.C. (port inclus).

### TOUJOURS DISPONIBLE :

#### **ABC DE LA CHIMIE THEORIQUE, POSTULATS ET APPLICATIONS (Par R. LISSILLOUR, A. BOTREL, F. CORRE et F. TEXIER-BOULLET).**

- Premier postulat et probabilité : probabilité de présence ; densité de probabilité ; les fonctions hydrogéoïdes ; état : fonction 1s ; états excités de l'électron : fonction 2s et 2p.

- Deuxième postulat et mesure : les opérateurs ; le deuxième postulat ; interprétation de la mesure ; les inégalités de Heisenberg.

- Postulats de Planck, Einstein et de Broglie : les postulats fondamentaux ; principe de correspondance ; écriture des opérateurs ; l'équation de Schrödinger.

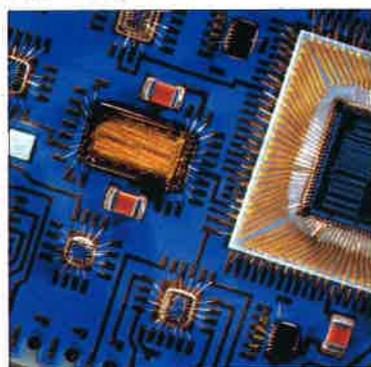
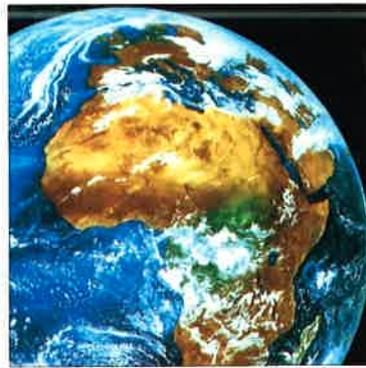
- Annexes et bibliographies.

63 pages : 28 FF T.T.C. (port inclus).

Les commandes sont à adresser, avec le chèque correspondant, à la SOCIETE FRANCAISE de CHIMIE - Mme Sophie VILLARD - 250, rue Saint-Jacques - 75005 PARIS. Tél. (1) 43.25.20.78.

Nous ne délivrons pas de factures pour une somme inférieure à 100 FF. Merci.

# Rechercher, découvrir, échanger



CAMPAGNE CAMPAGNE : TAURUS - PHOTO RMN : VERONESE, LES NOCES DE CANA, LOUVRE - PICTOR - CAMPAGNE CAMPAGNE : GUY - PIX : LEKROWITZ, TONY WARD - PHOTO : ESA

## Salon du Laboratoire

7 - 10 DÉCEMBRE 1993 - PARIS

“ Déjà 300 entreprises et 9 Sociétés Scientifiques  
ont rendez-vous à Paris pour vous rencontrer ”

Renseignement et inscription :



BP 317 - 92107 BOULOGNE CEDEX FRANCE - TEL : 33 (1) 49 09 60 88 - FAX : 33 (1) 49 09 60 47