

l'actualité chimique

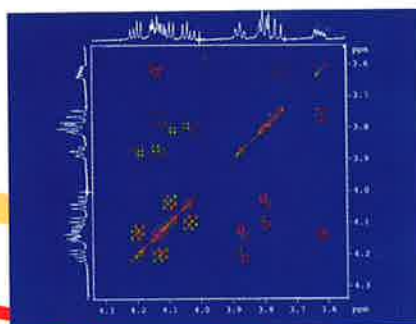
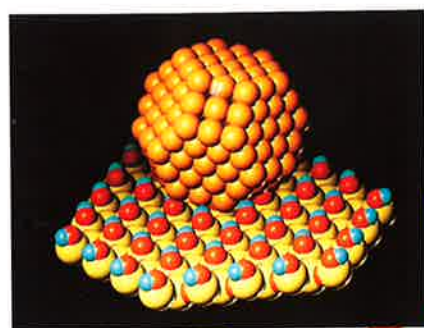
recherche - industrie - enseignement

Mensuel

Juin

1998

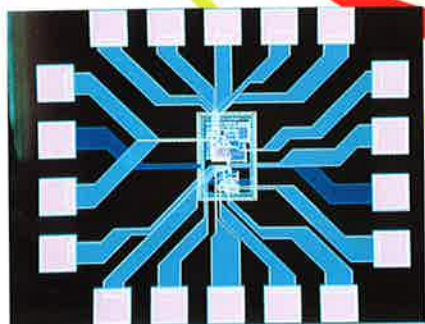
n° 6



■ L'innovation
française
sur rail

■ 1997,
une bonne année
pour l'industrie
chimique
française

■ Évolution
du génie
des procédés



SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE CHIMIE

SFC
SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE CHIMIE

SOMMAIRE

Vous avez dit génie des procédés en 1998 ?
Le génie des procédés intègre les connaissances physiques, physico-chimiques, biologiques, et celles des spécialistes de mesure afin de comprendre les différents niveaux de complexité : depuis l'échelle moléculaire, supramoléculaire ou celle des agrégats jusqu'à la macro-échelle du produit à propriété d'usage requise, dans un pilote ou une unité industrielle.
Cela nécessite l'élaboration de capteurs micro- ou nano-électroniques intelligents informant des valeurs locales des paramètres et l'utilisation d'une instrumentation sophistiquée à l'instar de la RMN qui permet de caractériser et de suivre des phénomènes physiques, chimiques et biologiques dans un vaste domaine d'échelles de longueur et de temps.
C'est autour de cette démarche à géométrie variable que s'élabore la stratégie des recherches effectuées à l'Ecole Supérieure de Chimie-Physique-Electronique de Lyon-CNRS.

L'Actualité Chimique
Revue de la Société Française de Chimie
250, rue Saint-Jacques, 75005 Paris
Tél. : 01.40.46.71.60 - Fax : 01.40.46.71.61.
E.mail : sfc@sfc.fr

E D I T O R I A L	
• Comment cultiver le goût d'entreprendre en France, par G. Schorsch	2
A L'INTERFACE RECHERCHE / INDUSTRIE	
• Innovation et recherche technologique : les conclusions de la mission confiée à Henri Guillaume. Rapport de mission sur la technologie et l'innovation, par H. Guillaume.	5
• Les 10 commandements de l'innovation ou comment « passer d'un colbertisme à un keynesianisme éclairé ». Discours de Cl. Allègre aux Assises de l'innovation, Paris, 12 mai 1998.	10
R E C H E R C H E	
• Vous avez dit : génie des procédés en 1998 ?, par J.-Cl. Charpentier.	14
• Systèmes innovants de traitement des déchets nucléaires à vie longue, par J.-P. Schapira.	19
I N D U S T R I E	
• L'industrie chimique française renoue avec la croissance, conférence de presse de B. Louvet.	25
E N S E I G N E M E N T	
• Les composés méso en stéréoisométrie, un vrai problème d'enseignement, par R. Barlet.	34
N É C R O L O G I E	
• Sir Derek Barton (1918-1998), par P. Potier	38
I N F O R M A T I O N S G É N É R A L E S	40
L I V R E S	46
M A N I F E S T A T I O N S	48
A C T I V I T É S D E L A S F C	50
B O U R S E D E L' E M P L O I	52

Rédaction

Rédacteur en chef : Gilbert Schorsch

Rédacteur en chef adjoint : Thérèse Chaudron

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

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

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

Édition

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

Imprimerie : SPEI, BP 26, 54425 Pulnoy.

ISSN 0151 9093

Commission paritaire n°0402 G 75884

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

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

Tarifs 1998

L'Actualité Chimique (11 numéros par an)

• Particuliers/Institutions

France 1 100 FF
Étranger 1 325 FF

• Étudiants*

France 420 FF
Étranger 660 FF

* Sur présentation de la carte d'étudiant

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

Abonnement

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

Prix de vente au numéro : 120 FF

© SFC, 1998 - Tous droits réservés - Dépôt légal : juin 1998

Index des annonces

Fischer Scientific	p. 33	Société Française de Chimie	p. 24 et 3 ^e de couv.
Parke Davis Jouveinal	2 ^e de couv.	Sigma Aldrich	4 ^e de couv.

Comment cultiver le goût d'entreprendre en France ?

C'est à cette question, aussi cruciale qu'urgente, que les Assises de l'Innovation du 12 mai se proposaient d'apporter quelques éléments de réponse.

Tenues symboliquement à la Cité des Sciences et sous l'égide conjointe du MENRT¹ et du MEFI², elles ont mis, face à face, une nouvelle fois, l'ensemble des

acteurs de l'innovation en France. Aux scientifiques et aux industriels, mais aussi aux financiers, cette journée aura permis de témoigner et d'émettre leurs ultimes recommandations. Au Premier ministre, clôturant ce mini-conseil des ministres tenu en public, elle aura fourni l'occasion d'exposer sa **politique d'encouragement de l'innovation**, priorité de son gouvernement et clef de voûte de la modernisation du pays et de la création d'emplois.

Dans la continuité du rapport Guillaume, les Assises Régionales (voir p. 4), organisées au mois d'avril dans plusieurs grandes villes, avaient permis de dresser un constat, sans complaisance mais unanimement partagé, de la situation et de l'exception françaises.

L'innovation est, certes, **une démarche globale, à plusieurs composantes** - scientifique, industrielle et financière - qui doivent se conjuguer et se relayer, à bon escient, pour déboucher sur des technologies et des services commercialisables, c'est-à-dire sur des entreprises et sur des emplois. Mais les **spécificités françaises** n'aident pas à mettre en marche puis à lubrifier un engrenage aussi complexe. Elles sont **d'origine structurelle** - le double système de formation universités/grandes écoles et la coexistence des grands organismes de recherche conduisent à un cloisonnement et à une dispersion des moyens. Mais elles ont aussi des **racines culturelles**, plus profondes, et donc difficiles à extirper. Parmi celles-ci, le clivage et la hiérarchisation entre sciences pures et technologies avec leurs conséquences néfastes - à savoir la faible sensibilisation des laboratoires publics à la culture d'entreprise et à la propriété industrielle et un développement, resté embryonnaire, des instituts de technologies ou des instituts Fraunhofer aux États-Unis et en Europe, qui font ailleurs leurs preuves. Mais aussi la suspicion vis-à-vis de l'argent et du profit qui sont pourtant reconnus comme les moteurs décisifs des entrepreneurs qui réussissent et des entreprises qui perdurent.

Fort de ce constat et de ses effets néfastes sur l'innovation, le gouvernement fixe le cadre et les conditions pour développer davantage le goût d'entreprendre. Deux mots d'ordre, martelés, sans fausse note, dans les interventions successives de Claude Allègre, Christian Pierret, Dominique Strauss-Kahn et Lionel Jospin, sous-tendent et résument les orientations retenues : **ouverture et partage des risques**.

Les principales mesures d'ouverture annoncées ne faisaient, en fait, que reprendre et confirmer les propositions qui avaient été lancées - et probablement testées - depuis plusieurs mois. Ouverture par la **mobilité des idées et des hommes**, qui se traduisent concrètement par les post-doc et l'année sabbatique des professeurs en entreprise, et par la généralisation des **structures de valorisation** dans tout établissement et toute université. Ouverture par la **reconnaissance de la technologie** comme discipline à part entière et symbolisée par la création du Conseil Supérieur de la Technologie. Ouverture par le rapprochement des équipes des grands organismes avec la mise en place de **réseaux**

thématiques, dans des domaines porteurs clairement identifiés et affichés (électronique, informatique, matériaux, biotechnologie...). Il faut, en effet, une masse critique pour donner vie à des actions d'envergure car le temps des innovations faciles est révolu. Ouverture encore des laboratoires de recherche vers les **PME**, trop longtemps délaissées au profit des grands groupes. Ouverture enfin vers **l'international**, par l'installation de laboratoires publics à l'étranger, pour bien prendre le pouls de la compétition internationale.

Mais toutes ces dispositions ne suffisent pas, à elles seules, pour mettre fin à la panne d'innovation. Les responsables politiques, conscients du caractère hasardeux et fragile de l'innovation, s'engagent publiquement à encourager et à partager le risque de tous ceux qui - dans les industries, PME ou les collectivités locales - sont tentés par l'aventure. Des **incitations financières et réglementaires** sont clairement identifiées et reconnues comme les stimulants décisifs de toute initiative, personnelle ou collective. C'est cette face sous-estimée de l'innovation qui constitue certainement l'apport le plus novateur, mais aussi le plus inattendu de l'engagement politique.

Le Premier ministre propose courageusement de changer radicalement les habitudes et de passer de la logique de subvention aux grands groupes et aux grands programmes, qui n'a pas fait les preuves de son efficacité, à une **logique de partenariat responsable en direction des PME innovantes**. Pour soutenir cette nouvelle orientation, l'État s'engage à adapter l'environnement financier et législatif qui doit accompagner tout développement et à faire davantage confiance aux initiatives individuelles. Selon les étapes de leur développement, les entreprises pourront faire appel successivement aux aides accordées pour la stimulation de **programmes thématiques** (1 milliard/3 ans), aux **fonds d'amorçage** (100 millions/an) et aux **marchés boursiers**, dont les possibilités d'intervention seront accrues par des allègements fiscaux accordés aux détenteurs de FCPI³ et de sociétés de capital risque. La progression des capitaux levés au nouveau marché (qui a quadruplé en 2 ans pour atteindre 4 milliards le mois dernier) et au second marché (qui est passé de 1 milliard à 8 milliards dans la même période) devrait ainsi se poursuivre et même s'amplifier.

Simultanément, le **crédit impôt recherche** sera prolongé de 5 ans et rendu accessible aux PME. Les individus verront le **cadre juridique et social de l'intéressement** se transformer pour devenir réellement plus incitatif (bons de souscription de parts de créations d'entreprise pour les dirigeants, stock options pour leurs collaborateurs).

Dans l'ensemble, ce dispositif global d'incitation a reçu un accueil favorable de la part des participants à cette Journée. Il touche et opère au cœur de la vulnérabilité et du mal français. Le diagnostic s'est, au fil des ans, affiné. Les remèdes sont à présent prescrits. Ils devraient faire leurs preuves. A moins que les discussions qui accompagneront l'élaboration du cadre législatif ne dénaturent le fond des intentions de ceux qui les proposent. La déception de ceux qui sont prêts à avaler la potion serait grande.

Gilbert Schorsch
Rédacteur en chef

¹ Ministère de l'Éducation Nationale, de la Recherche et de la Technologie.

² Ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie.

³ Fonds communs de placement spécialisés dans l'innovation.

Les rencontres régionales des Assises de l'innovation

Lieu	Date	Thème	Organisation	Sélection de quelques phrases clés*	
				Constat	Recommandations ou conclusion
Grenoble	23/4	Microélectronique	CEA	Les organismes sont trop peu orientés vers l'utilisation	Rendre la technologie plus digeste pour favoriser sa diffusion
Grenoble	23/4	Technologies et énergies	Ademe, Anvar, CNRS et en relation avec Agences régionales (Drire, DRRT...)	L'innovation facile s'appuyant sur des extrapolations empiriques n'est plus suffisante pour assurer la compétitivité	Il s'agit moins de faire davantage que de faire mieux. Une plus grande mobilité des chercheurs serait utile au brassage des cultures
Lille	29/4	Technologies et transports	INRETS en liaison avec DRRT Nord-Pas de Calais	Intérêt de la cohérence territoriale d'une thématique, de la complémentarité des partenaires et de la diversité potentielle des formes de coopération	Anticiper les évolutions par l'innovation crée de l'emploi alors que si l'on subit l'innovation on perd des emplois
Marseille	28/4	Arts, architecture, éducation, loisirs et technologie	CNRS en coordination avec agences régionales	Il doit être mis fin au clivage existant dans notre culture française entre science et technologie qui paralyse et stérilise	Des événements de renom mondial mais de durée éphémère concernant l'image et le son ne sont pas rapprochés des potentialités offertes par les PME locales (secteur de la microélectronique et du logiciel)
Montpellier	28/4	Valorisation et financement de l'innovation	Anvar, Caisse des dépôts et Consignation et présidents d'universités	Nécessité d'une politique d'innovation cohérente et inscrite dans la durée, en l'accompagnant de messages clairs	Rendre plus lisible le dispositif de transfert qui tend à devenir très opaque pour les industries
Montpellier	29/4	Technologies et eau	Cirad	La mauvaise diffusion des acquisitions de la recherche malgré le grand nombre de manifestations organisées autour de l'eau	Il importe de développer des organismes d'interface entre les différents acteurs du monde de l'eau
Rennes	29/4	Technologies, environnement et agro-alimentaire	Inra, Ifremer et Cemagrep	Nécessité d'apprendre à travailler davantage et mieux en réseau	Donner une cohérence temporelle et spatiale aux efforts engagés en procédant à une sorte de capitalisation des savoir-faire
Strasbourg	28/4	Technologie du vivant et santé et génie biomédical	Inserm en liaison avec le CNRS	Importance de l'effet de proximité et de masse critique de recherche pour développer la création d'entreprises	Susciter chez les étudiants doctorants et les chercheurs un esprit entrepreneurial et le goût du risque
Toulouse	27/4	Technologie et communication	Cnes en collaboration avec le CNRS	Nécessité d'une fertilisation croisée des technologies entre la solution technique et le besoin	La demande doit prévaloir sur l'offre, le langage du client s'impose au concepteur

* Responsabilité du rédacteur

Innovation et recherche technologique : les conclusions de la mission confiée à Henri Guillaume

Rapport de mission sur la technologie et l'innovation

Henri Guillaume vice-président de l'ERAP et président d'honneur de l'ANVAR

Henri Guillaume vient de faire connaître les principales conclusions et recommandations qui ressortent de la mission sur la politique en faveur de la technologie et de l'innovation que lui avaient confiée, en juillet 1997, Claude Allègre, ministre de l'Éducation nationale, de la Recherche et de la Technologie, Dominique Strauss-Kahn, ministre de l'Économie, des Finances et de l'Industrie et Christian Pierret, secrétaire d'État à l'Industrie.

Dans leur lettre de mission, les ministres demandaient à Henri Guillaume de mener « une évaluation approfondie de l'action des organismes et des procédures financées sur le budget civil de recherche-développement (BCRD) en faveur du développement technologique » et de formuler « des propositions visant à intensifier l'efficacité de notre dispositif national », notamment dans les domaines de la mobilité des chercheurs, de la création d'entreprises de technologie, du financement public des projets de recherche appliquée, de la mise en réseau des centres de compétences, du rôle incitatif du crédit d'impôt recherche et de l'articulation avec les programmes européens.

Le diagnostic d'Henri Guillaume - réalisé à partir tant de statistiques et d'études que d'entretiens avec des acteurs de l'innovation - confirme largement le constat établi par les ministres dans leur lettre de mission : « Notre pays dispose d'un potentiel scientifique et technologique de premier plan, mais le couplage de ces découvertes et de ces connaissances avec les activités industrielles s'effectue moins facilement qu'aux États-Unis et au Japon ». Le rapport d'Henri Guillaume permet d'identifier plus précisément les maillons faibles du dispositif national en faveur de la recherche technologique et de l'innovation :

- le cloisonnement encore marqué entre l'enseignement supérieur et les organismes de recherche, entre les organismes de recherche eux-mêmes, entre les universités et les écoles d'ingénieurs ;

- la complexité du dispositif de transfert et de diffusion de la technologie, qui reste peu lisible pour les PME ;

- l'insuffisance des investissements en capital-risque, qui couvrent encore mal les premiers stades de la création d'entreprise de technologie ;

- l'absence d'une véritable stratégie de l'État en matière de coordination, de suivi et d'évaluation du financement de la recherche industrielle ;

- la concentration excessive des financements publics sur un nombre limité de groupes industriels et de secteurs.

Ce rapport contient également des recommandations sur l'essaimage et le transfert de technologie qui pourraient se traduire par des actes législatifs ou réglementaires. Citons notamment : la création d'un Centre de la recherche technologique, associant les laboratoires de recherche par domaine technologique, afin de fédérer leurs efforts et de permettre de mieux identifier les centres de compétences ;

- le recentrage des crédits publics autour de trois priorités (création d'entreprises innovantes, soutien aux entreprises moyennes, renforcement de l'efficacité du couplage entre la recherche publique et les industriels) ;

- la simplification des dispositifs de transfert de technologies ;

- le lancement de fonds d'amorçage (seed money), nationaux et régionaux.

Renforcer le couplage recherche-industrie

La France connaît en ce domaine une faiblesse manifeste...

Selon le rapport 1998 de l'Observatoire des sciences et des techniques (OST), la part mondiale des publications scientifiques des laboratoires français a progressé de 16 % en douze ans (passant de 4,3 % à 5,1 %). En revanche, entre 1987 et 1996, la part de la France dans le système du brevet européen a diminué de 17 % (passant de 8,5 % à 7%).

Certes, ce décalage entre la production scientifique et la position technologique n'est pas spécifique à notre pays. Mais, en France, l'absence de structuration de la recherche technologique constitue un handicap supplémentaire, car nous n'avons pas su mettre sur pied un système d'institutions relais entre la recherche et l'économie.

...qui appelle des réponses fortes

Aucun industriel ne remet en cause la spécialisation par discipline des laboratoires, mais une critique très forte s'exprime sur la rareté de réseaux ou de fédérations de laboratoires proposant des compétences pluridisciplinaires aptes à répondre à leurs besoins. De ce fait, certains industriels tendent à confier leur recherche appliquée à des organismes étrangers (comme le Fraunhofer allemand).

Le renforcement du couplage recherche-industrie doit constituer la priorité d'une nouvelle politique technologique. Un acte législatif, le premier d'importance en ce domaine depuis les lois du 15 juillet 1982 et du 26 janvier 1984, serait de nature à redonner une impulsion significative à cette priorité.

Assurer un réel suivi de la politique de valorisation

Le premier constat à dresser est que, malheureusement, l'État ne dispose pas d'une vision synthétique et n'assure pas un réel suivi de la politique de valorisation des organismes et des établissements.

Les structures de coopération avec les entreprises prévues par la loi d'orientation de 1982 ont été peu utilisées, qu'il s'agisse des GIP (à peine une dizaine à ce jour) ou des unités mixtes de recherche (17 en activité au CNRS).

Recommandation : remplacer la formule du GIP par un nouveau statut juridique, mieux adapté à l'objectif de coopération avec l'industrie, sur une durée appropriée (quatre à cinq ans maximum).

De même, les relations contractuelles avec les entreprises ont encore un potentiel de développement, notamment avec les PMI. En 1994, les contrats avec les industriels représentaient seulement 3,1 % des dépenses intérieures de R et D des organismes publics de recherche (hormis le CEA) et 4,3 % de celles des établissements d'enseignement supérieur.

Inciter davantage à la mobilité des chercheurs statutaires

Premier constat : les données sur la mobilité des chercheurs des organismes et des établissements d'enseignement supérieur sont très parcellaires, traduisant ainsi l'absence d'une véritable stratégie de ressources humaines de la recherche publique.

Deuxième constat : on ne peut qu'être frappé par la faiblesse des mouvements de mobilité et, plus grave, par leur tendance à la décroissance. Ainsi, la mobilité statutaire, pour l'ensemble des EPST et des EPIC, serait de l'ordre de 30 à

40 personnes par an, sur un total de plus de 25 000 chercheurs !

Recommandations :

- désigner dans chaque organisme et établissement un responsable chargé de prospecter les besoins des entreprises et de susciter les candidatures à la mobilité ;
- mettre en place un « monitorat » (stage) en entreprise pour faciliter l'insertion ultérieure des docteurs ;
- inciter au développement de la consultance par les chercheurs et enseignants (notamment en supprimant les obstacles liés au régime fiscal et social) ;
- autoriser les chercheurs et enseignants à être administrateurs de sociétés ;
- ne pas pénaliser les laboratoires dont sont originaires les chercheurs qui évoluent vers l'entreprise, en permettant à ces laboratoires de remplacer ces chercheurs ;

Les centres techniques industriels (CTI) doivent faire l'objet de « contrats d'objectifs » avec les professions. Le réseau de CTI doit être une structure légère et flexible, axée sur l'Europe et sur des thèmes communs aux différents centres techniques.

La vocation des sociétés de recherche sous contrat (26 sociétés indépendantes, 10 associations adossées à des établissements de recherche et d'enseignement supérieur et 12 centres de recherche collective) est de faire de la R et D orientée vers l'industrie. Cela leur confère un rôle d'interface entre la recherche amont et les entreprises. Il convient d'utiliser l'abondement versé par l'ANVAR pour encourager aussi la collaboration avec les organismes de recherche.

On peut distinguer deux grands types de centres régionaux d'innovation et de transfert de technologie :

- les CRITT à vocation spécialisée (une soixantaine), auxquels devraient être réservés les crédits du MENRT ;
- les CRITT à vocation généraliste (une soixantaine également), qui devraient être financés exclusivement par les collectivités territoriales ou par des fonds publics relevant de l'aménagement du territoire.

Donner un nouvel essor au capital-risque

La France occupe une position privilégiée en Europe...

La France figure au second rang des pays européens, mais se situe loin derrière le Royaume-Uni, en termes de ressources levées ou de montants investis dans le capital-risque. La part des créations dans le total du capital-investissement a progressé de 5 % en 1993 à 20 % en 1996. Ce récent « décollage » résulte de la conjonction d'événements favorables, le principal étant la création de marchés boursiers de croissance (Nouveau marché et Easdaq), qui donnent aux investisseurs une source de débouchés et améliorent ainsi leur rentabilité.

...même si l'offre en capital d'amorçage reste insuffisante...

Selon certains professionnels, l'offre de capital-risque en France ne deviendra suffisamment structurée que lorsque l'on comptera une trentaine de structures spécialisées

dans les start-up innovantes aux niveaux national et régional.

L'influence grandissante des fonds de pension anglo-saxons ne pourra être équilibrée que par le développement de l'épargne longue en France : dans l'attente de la mise en place de fonds de pension, l'assurance-vie représente sans doute le meilleur vecteur. Les mesures en faveur de l'offre nationale de capital-risque passent également par le développement des FCPI (fonds communs de placement dans l'innovation), par le renforcement des dispositifs de garantie, par la mise en place d'un mécanisme d'abondement du capital-risque, par l'amélioration du statut fiscal des sociétés de capital-risque (SCR).

Recommandations :

- assimiler les parts des professionnels du capital-risque dans les FCPI à celles des personnes physiques ;
- allonger d'un an le délai fixé aux FCPI pour atteindre le seuil de 60 % des actifs investis en titres de sociétés innovantes ;
- mettre en place auprès de la Caisse des Dépôts le mécanisme d'abondement indirect annoncé le 18 novembre 1997 par le ministre de l'Économie, des Finances et de l'Industrie ;
- améliorer le statut fiscal des SCR.

Par ailleurs, le capital d'amorçage (seed-money) pose un problème spécifique : le nombre d'opérations de ce type, déjà faible en France, tend à diminuer au fil des ans (4 seulement en 1996). Plusieurs conditions semblent nécessaires pour garantir une efficacité satisfaisante de tels fonds :

- une gestion confiée à des professionnels ;
- un capital majoritairement privé (en régime de croisière) ;
- une très grande proximité avec les projets, donc avec les laboratoires ;
- donner une prime aux chercheurs et enseignants bâtissant un projet sérieux de mobilité dans l'industrie (deux à trois ans).

Prendre en compte d'autres critères qu'académiques dans l'évaluation des chercheurs

Si la nécessité d'une évaluation rigoureuse des chercheurs selon les critères académiques n'est pas remise en cause, la réussite des coopérations interdisciplinaires et industrielles n'est pas portée au crédit des chercheurs pour leur évaluation, ni à celui des laboratoires pour l'affectation des moyens humains et financiers.

Recommandations :

- confier au Centre de la recherche technologique (dont la création est proposée) le soin d'établir une « carte de l'évaluation de la recherche technologique » ;
- mettre en place un canevas d'évaluation des chercheurs incluant d'autres critères que l'excellence scientifique (mobilité, qualité des relations avec les entreprises, consultation, participation à des essais, prise de brevets...)
- redéployer les moyens au profit du couplage, notamment dans la contractualisation avec les organismes et les établissements d'enseignement supérieur.

Renforcer le dispositif en faveur de l'emploi scientifique et technique

Selon l'OCDE, la part relative des chercheurs en entreprise est, en France, la plus faible de tous les pays industrialisés (à l'exception de l'Espagne et de l'Italie). C'est pourquoi les pouvoirs publics ont mis en place un dispositif diversifié de soutien à l'emploi scientifique et technique (CIFRE, CORTECHS, aides au recrutement pour l'innovation de l'ANVAR, aides au recrutement de cadres du ministère de l'Industrie, etc.). Mais ce dispositif pourrait être rendu plus simple et plus lisible aux yeux des industriels.

Recommandations :

- regrouper les différentes procédures en une seule, que l'ANVAR déclinerait en fonction des besoins spécifiques des PME ;
- fixer des objectifs plus ambitieux au développement de ces procédures ;
- prolonger et intensifier l'effort de promotion des CIFRE ;
- stimuler le recrutement de docteurs par le crédit d'impôt recherche.

Clarifier les priorités de la politique de la technologie

Dynamiser la recherche technologique nationale...

L'organisation française de la recherche autour de grands organismes travaillant isolément n'est pas adaptée au développement de la recherche technologique. Il convient de restructurer le dispositif national autour d'une « tête de réseau ». Sa création donnerait un signal politique fort, traduisant la volonté de modifier en profondeur l'architecture traditionnelle du système de recherche français et de l'adapter aux besoins d'une politique nationale d'innovation.

Recommandation : mettre en place un Centre de la recherche technologique qui serait chargé :

- d'évaluer la recherche technologique ;
- de définir les stratégies de recherche technologique (débouchant en particulier sur la formation de consortiums associant entreprises et laboratoires) ;
- de mettre en place des « pôles de compétences », qui permettront d'afficher clairement les points d'entrée dans le réseau.

...en confiant un rôle prioritaire à l'enseignement supérieur...

C'est en s'appuyant sur les établissements d'enseignement supérieur et sur l'enseignement technique que l'on pourra donner un nouveau souffle à la recherche technologique et à l'innovation. Ce choix se justifie par l'étendue de leur champ disciplinaire, leur ancrage régional favorable au dialogue direct avec les PMI, le couplage de la formation et de la recherche.

Il convient donc de lever les obstacles administratifs qui freinent leur action et de soutenir la création (ou l'extension) par ces établissements de structures d'interface profession-

nalisées avec le monde économique (à l'instar de celles créées par l'université technologique de Compiègne ou par l'INSA de Lyon).

Recommandations :

- ouvrir en continu un appel à propositions pour les projets remplissant tout ou partie d'un cahier des charges (gestion des contrats de recherche, des prestations d'expertise et de consultation, encouragement à l'essaimage, prise de brevets, mise en place de centres de transfert...);
- utiliser cet appel à propositions pour inciter, sur le plan local, à la fédération des efforts des universités et écoles, des antennes régionales des organismes, des lycées techniques et professionnels;
- soutenir financièrement ces structures d'interface en abondant les contrats passés avec les entreprises (notamment les PME);
- clarifier les relations entre les établissements d'enseignement supérieur et le CNRS pour la valorisation.

...et en favorisant la création d'entreprises innovantes

Il se crée chaque année environ une trentaine d'entreprises par essaimage de chercheurs venant de la recherche publique. Les investisseurs en capital risque estiment que ce chiffre ne reflète pas la véritable richesse de notre potentiel scientifique et technologique. Quatre obstacles semblent freiner la création d'entreprises innovantes :

- l'insuffisance, voire la quasi-inexistence, de fonds d'amorçage;
- l'absence d'un environnement stimulant pour accompagner le chercheur;
- le flou qui entoure sa situation juridique;
- la faiblesse de la culture entrepreneuriale en France.

Recommandations :

- privilégier la création de structures d'interface intégrant une fonction d'incubateur (appui à la maturation du projet de création);
- adopter (avec quelques modifications) le projet qui devait s'insérer dans la loi du 15 juillet 1982 (article 25) et prévoyait notamment les modalités de participation du chercheur au capital de la nouvelle société;
- encourager les universités et écoles d'ingénieurs à mettre en place des formations à la création et à la gestion des PME;
- revenir au système de la restitution immédiate du crédit d'impôt recherche pour les entreprises en création;
- une politique de propriété industrielle des organismes de recherche favorable au lancement de start-up et à la pérennité des entreprises de croissance.

Simplifier le dispositif du transfert de technologie

Il faut mettre en place une évaluation régulière des structures de transfert...

On estime à plusieurs centaines le nombre de structures de transfert bénéficiant du financement de l'État et des collectivités territoriales. Le sentiment qui prévaut chez les

PME est celui d'un système complexe, difficilement lisible.

Recommandation : dégager, avant la prochaine génération des contrats de Plan État-Régions, une enveloppe destinée à mettre sur pied une évaluation systématique des structures de transfert et de diffusion, en liaison avec les collectivités territoriales intéressées.

...et affirmer les spécificités des différents organismes et réseaux

- un lien avec les autres activités d'essaimage et de valorisation.

Recommandations :

- créer deux fonds nationaux organisés sectoriellement l'un dans les technologies de l'information, l'autre dans les biotechnologies;
- créer des fonds d'amorçage régionaux à capitaux majoritairement privés, fortement liés à une fédération de laboratoires (par exemple à Grenoble, Lille, Saclay, Strasbourg, Toulouse...).

...la demande a aussi besoin d'être stimulée

Deux articles de la loi de finances 1998 visent à stimuler la demande en capital-risque :

- l'article 76 qui institue des « bons de souscription de parts de créateur d'entreprise » (jusqu'au 31 décembre 1999);
- l'article 79, qui institue un report d'imposition pour les plus-values de cession d'entreprises non cotées réalisées par des personnes détenant au moins 10 % du capital lorsqu'elles sont réinvesties dans des entreprises en création.

Recommandations :

- élargir les cas prévus à d'autres types d'essaimage (« rejet de diversification », « spin-off volontaire », création par des chercheurs issus de la recherche publique...);
- apprécier le seuil de détention minimum de 10 % sur une période de cinq ans précédant la cession;
- porter à 150 000 F pour un couple (au lieu de 75 000 F) le plafond de la réduction d'impôt des particuliers pour les investissements dans les jeunes entreprises technologiques.

Clarifier le financement public de la recherche industrielle

Recentrer le financement public autour de trois priorités

Avec 1,12 % du PIB, la France vient en tête pour l'effort relatif de financement public de la recherche et développement. A l'intérieur de cette enveloppe, le volume des financements à destination des entreprises a décliné sensiblement depuis 1991, sous l'effet de la baisse des crédits militaires et des crédits incitatifs.

Il ne semble pas que l'État dispose des meilleurs moyens de coordination, de suivi et d'évaluation du financement public de la R et D. Une clarification des cibles prioritaires pourrait permettre de simplifier un système global qui, au fil

des années, a vu s'opérer une inflation des procédures et un recouvrement des compétences.

Recommandations : recentrer le financement public de la recherche industrielle, autour de trois priorités

- la création d'entreprises innovantes (notamment par essaimage) ainsi que la promotion de l'innovation et du transfert de technologie auprès des PME ;
- une action spécifique en faveur des entreprises moyennes indépendantes et des filiales autonomes de groupes ;
- le renforcement de l'efficacité du couplage entre la recherche publique et les entreprises (en finançant l'acte de coopération plutôt que les contractants individuels).

Éclairer le « modèle français » par une vision stratégique

En 1994, la dizaine de grands groupes liés à la Défense étaient destinataires de 83 % des financements publics, alors qu'ils effectuaient environ un tiers de la dépense de R et D des entreprises. Il y a donc bien permanence d'un « modèle français » de développement scientifique, technologique et industriel, caractérisé par l'existence de grands programmes militaires et civils axés sur la réalisation d'« objets de haute technologie ».

Cette configuration est-elle encore la bonne, alors que le moteur de la croissance est constitué par l'innovation sur des marchés « grand public » et que les marchés de l'État, tout particulièrement militaires, sont structurellement en décroissance ? Ceci pose la question de l'articulation entre les crédits de Défense et les crédits civils.

Recommandations :

- mettre en place une instance interministérielle de pilotage et de suivi des crédits de financement de la R et D, qui aura notamment la tâche d'éviter les doubles emplois vers les grands groupes et d'organiser la recherche duale ;
- créer un dispositif analogue au SBIR américain qui réserve aux PME une part des marchés publics civils et militaires ;
- assortir toute aide à un grand groupe d'une évaluation a posteriori visant à vérifier si les « termes de l'échange » ont bien été respectés.

Assurer une meilleure lisibilité du dispositif des aides régionales...

Une répartition plus satisfaisante des tâches pourrait être obtenue en segmentant les interventions de l'ANVAR et celles des DRIRE en fonction du stade d'avancement des projets. Ce qui permettrait également de diviser par deux le type d'aides attribuables régionalement.

Recommandation : simplifier le dispositif de financement régional des PMI avec, d'un côté, un dispositif de soutien à l'innovation et au développement technologique, géré par l'ANVAR et, de l'autre, un dispositif de soutien au développement industriel et à l'exportation, géré par les DRIRE et les DRCE.

...et une meilleure articulation entre aides nationales et crédits communautaires

En 1997, le montant de la contribution française au PCRD communautaire (programme cadre de recherche développement) a égalé pour la première fois la somme des crédits incitatifs nationaux (3,3 milliards de francs). La part des crédits bénéficiant aux grands groupes est de 32,3 %, celle des PME de 11,4 %, celles des universités de 9,7 % et celle des centres de recherche de 40 %.

Recommandation : doter le MENRT d'une cellule de synthèse et de suivi des programmes du PCRD, afin d'organiser une réelle complémentarité et d'éviter les doubles emplois.

Conforter le mécanisme de crédit d'impôt recherche

Le dispositif du crédit d'impôt recherche apparaît globalement satisfaisant. Le CIR présente, en effet, l'avantage de la simplicité, de l'égalité, et celui de la neutralité par rapport à la taille de l'entreprise, à son secteur et à la nature des dépenses financées. Mais le nombre d'entreprises bénéficiaires du CIR a été divisé par deux depuis 1990. La cause principale de cette évolution est le tassement des dépenses de recherche sous l'effet de l'atonie de la conjoncture. Par ailleurs, la durée de présence dans le dispositif ne cesse de diminuer : depuis 1990, 40 % des entreprises qui demandent à bénéficier du CIR ne le font qu'une seule année. Il convient donc de conforter le mécanisme du CIR.

Recommandations :

- lisser l'évolution des dépenses de recherche sur plusieurs années ou apprécier l'accroissement en valeur relative du chiffre d'affaires,
- permettre la mobilisation du crédit d'impôt recherche en transformant le droit à restitution en créance mobilisable,
- ne pas pénaliser les entreprises de croissance dont la localisation géographique ne correspond pas aux zones d'aménagement du territoire ou aux territoires ruraux de développement prioritaire.

Il appartient désormais aux ministres concernés d'analyser les différentes recommandations formulées dans ce rapport et de déterminer les propositions dont la mise en œuvre doit être engagée.

Les 10 commandements de l'innovation

(ou comment « passer d'un colbertisme attardé à un keynesianisme éclairé »)

Discours de **Claude Allègre*** ministre de l'Éducation nationale, de la Recherche et de la Technologie

Dans la compétition économique du XXI^e siècle, le maître mot sera **innovation**. Innover pour inventer de nouveaux produits, de nouveaux procédés, de nouveaux logiciels, de nouvelles disciplines scientifiques, de nouveaux modes d'organisation, notamment en utilisant et même en multipliant les nouvelles technologies de l'information et de la communication.

Mais, dans ce monde où l'intelligence créatrice sera au cœur même de l'économie, où la connaissance (fut-elle fondamentale) deviendra produit, quelles sont nos chances de survie - je veux dire quelles sont nos chances de survivre dans le peloton de tête des nations ? La mondialisation des échanges financiers et des échanges de marchandises est désormais aussi celle des idées, mais aussi de la formation, de l'éducation et donc bientôt de l'innovation.

Il y a quelques années, sous le régime d'un jeune président soucieux de faire de la France un pôle de l'Europe et du monde, on disait : « On n'a pas de pétrole, mais on a des idées ».

Cette maxime, qui voisinait avec le non moins célèbre slogan « Mettez un tigre dans votre moteur », laissait intact notre honneur gaulois et semblait nous garantir un futur radieux.

Aujourd'hui, avec le recul du temps, on peut s'interroger *a posteriori*. En apparence, nous n'avons pas de pétrole, mais, en fait, nos compagnies pétrolières ont très bien su s'imposer sur le marché mondial, justifiant par là même la démarche audacieuse de Pierre Guillaumat, concepteur et créateur de ce qui est devenu l'Elf d'aujourd'hui.

D'un autre côté, nous avons, contre vents et marées, imposé une filière nucléaire qui, si elle doit être contrôlée et maîtrisée avec soin, reste la manière la plus sûre de produire de l'électricité. Mais ces développements n'ont pas été bâtis sur la base d'idées originales sur l'innovation, mais plutôt à partir d'une volonté, sur une technostructure puissante et un corps d'ingénieurs, de qualité certes exceptionnelle. N'oublions pas que nous exploitons une filière dite Westinghouse, qui est américaine, et que la filière « graphite-gaz » a été abandonnée. Quant aux idées proprement dites, il y en a peu qui ont fécondé les champs dont l'essor technologique importe aujourd'hui, qu'il s'agisse des

biotechnologies, des technologies de l'information ou des matériaux. Pourtant, nos équipes de biologistes ont été à l'origine de la biologie moléculaire, et nos équipes de chimie du solide sont parmi les meilleures du monde. La puissance industrielle et économique de la France, qui est la 4^e du monde, est centrée sur l'aéronautique, le train, le nucléaire, le spatial, domaines dans lesquels les développements technologiques l'emportent largement sur l'innovation pure et aussi, bien sûr, sur l'agro-alimentaire et la chimie fine, secteurs où l'innovation et la fructification des résultats de la recherche restent des éléments très présents.

Ces développements se sont faits autour de structures puissantes, souvent étatiques, qui ont structuré autour d'elles des réseaux de PME-PMI beaucoup plus tournés vers la production que vers l'innovation, vers la mise en œuvre de technologies connues que vers la prise de risques.

En face de cette structuration de l'industrie, celle de la recherche a été, on pourrait presque dire, mimétique. Plutôt que de développer le tissu difficile des laboratoires de recherche dans les universités, terreau essentiel de la recherche américaine, nous avons préféré l'architecture des grands organismes de recherche, avec des corps de chercheurs spécifiques. A la recherche libre, « bottom up », nous avons souvent préféré les programmes imposés d'en haut. A l'évaluation dure, nous avons souvent préféré la complaisance. Le résultat est aujourd'hui préoccupant. Certes, nos organismes de recherche produisent souvent de l'excellente recherche, aussi bien dans le domaine de la recherche de base qu'en recherche technologique, mais la question qui se pose est son « prolongement ».

Lorsqu'une recherche est universitaire, elle irrigue automatiquement la formation des jeunes, elle se transfère dans les formations des jeunes esprits formés aux nouveaux savoirs. Lorsqu'elle se développe dans un organisme de recherche, le transfert naturel est vers l'entreprise. Ce transfert étant efficace lorsqu'il se matérialise par le transfert des hommes. C'est ce qu'on appelle la mobilité des chercheurs. Or, lorsqu'on constate que ce transfert annuel se mesure en dizaine d'individus, alors que le corps de chercheurs est de quelques 25 000, il y a de quoi s'interroger ?

Nos structures sont elles adaptées ?

Lorsque nous constatons, en outre, que l'âge moyen des chercheurs d'organismes prestigieux atteint presque 48 ans et que la masse salariale devient égale à 80 % du budget, l'interrogation se transforme en signal d'alarme. Notre système est-il adapté au monde moderne ?

* Discours prononcé aux Assises de l'innovation, organisées par le ministère de l'Éducation nationale, de la Recherche et de la Technologie et le ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie (Paris, 12 mai 1998).

Sur le plan de l'éducation, les questions sont tout aussi difficiles, préoccupantes et urgentes à résoudre. Dans les universités, les étudiants sont familiarisés avec la recherche (pas toujours avec l'innovation), mais ils ignorent tout de l'entreprise, de la manière dont elle se crée, elle se gère, qu'il s'agisse de capital risque ou de fonds d'amorçage, de stock option ou de business angel, c'est autant de terme claire dans le français incompréhensible. Dans les écoles d'ingénieurs, l'esprit de l'entreprise a bien pénétré surtout depuis quinze ans, par contre, on ignore tout ou presque de la recherche - car leurs chercheurs, s'ils sont souvent d'excellente qualité, sont le plus souvent coupés de l'enseignement.

A cela s'ajoute que le système de recherche comme celui des universités ne donne pas assez tôt de responsabilité scientifique aux jeunes, que les hiérarchies restent très pesantes scientifiquement d'où la tendance réelle de nos meilleurs éléments de tenter leur chance en Amérique.

Dans le contexte mondial nouveau, il faut changer d'attitude, il faut nous efforcer de faire naître le réseau de PME-PMI innovantes qui créeront des nouveaux métiers, des nouveaux emplois, des nouvelles technologies. C'est sur l'émergence d'un tel tissu technologique que l'effort doit désormais porter prioritairement. Alors, bien sûr, je sais fort bien, qu'ici ou là, des efforts considérables ont été faits depuis une dizaine d'années, souvent encouragés par les pouvoirs publics nationaux ou locaux pour créer des PME-PMI innovantes, pour bousculer les structures trop lourdes pour faire évoluer des mentalités un peu trop convenues. Je sais que des réussites spectaculaires ont été obtenues. Mais tout en rendant hommage à ces pionniers, tout en les assurant de notre soutien et de notre aide, nous voulons désormais passer à la vitesse supérieure.

Avec Dominique Strauss-Khan, nous avons confié à Henri Guillaume la mission de faire le bilan de nos procédures de transfert de technologie, de traduction économique. Son rapport sans complaisance a mis en évidence nos atouts, nos faiblesses, et a suggéré un certain nombre de pistes pour améliorer la situation. Certaines de ces recommandations seront suivies.

Plus généralement, nous voulons, avec Dominique Strauss-Khan, promouvoir une nouvelle politique qui permette de « traduire en richesse et en emplois les innovations scientifiques et techniques ». Nous souhaitons qu'à moyen terme l'innovation technologique soit le meilleur moyen de lutte contre le chômage et le principal levier de la croissance économique.

En même temps, nous sommes conscients que notre situation n'est en aucun cas médiocre. Malgré les lacunes structurelles et opérationnelles soulignées, notre industrie est la 4^e du monde, notre recherche scientifique est à peu près au même rang. Ceci nous impose de changer sans casser, de transformer sans déstructurer. La lisibilité sera moins grande mais l'efficacité meilleure.

Telle est donc notre stratégie. **Passer d'un colbertisme attardé à un keynesianisme éclairé.**

Avant que la perspective générale de cet effort vous soit donnée ce soir par Lionel Jospin, avant que Dominique Strauss-Kahn vous donne sa vision économique et financière de cette entreprise, je voudrais esquiver devant vous les

lignes de la politique que, pour ma part, je compte conduire pour le gouvernement.

1 - Évolution culturelle

Les élèves de spécialités technologiques ou scientifiques des universités recevront un enseignement sur l'entreprise, sur les modalités de création, sur leur financement. Symétriquement, nous allons encourager les grandes écoles et les formations technologiques d'ingénieur à initier leurs élèves à la recherche. Voilà deux mesures simples, précises, mais qui marquent notre volonté. Plus généralement, dans l'enseignement, nous allons chercher à développer le travail personnel, l'invention, l'initiative, la réalisation de projets, d'expérience.

L'état d'esprit de la « main à la pâte » sera étendu. Toute la réforme des lycées et plus encore de l'université sera sous-tendue par cette volonté. Et le rapport de la commission Attali est totalement imprégné par cette ambition.

2 - Promotions des jeunes dans le domaine de la recherche

Nous étudions les possibilités permettant aux jeunes d'être scientifiquement autonomes plus tôt. Aussi bien à l'université que dans les organismes de recherche. Cela passe par une restructuration profonde des structures des laboratoires et des modes de financement de la recherche. Les organismes sont en train de me faire des propositions dans ce sens.

3 - Encouragement au passage de jeunes chercheurs en entreprises ou en création d'entreprises

Comme les expériences faites au Canada l'ont bien montré, la création d'entreprises ou l'essaimage des nouvelles technologies vers les entreprises se fait bien lorsque cela concerne de jeunes docteurs, fraîchement issus de leur thèse technologique. Nous devons encourager cela par un capital-risque jeunes docteurs, par des postes de postdoc en entreprise (nous les négociions), par les bourses CIFFRE, par un système d'information mutuelle que nous devons mettre en place. Nous allons travailler activement avec l'ANRT pour mettre en œuvre un programme original dans ce domaine, avec un capital risque jeunes chercheurs, des incitations fiscales, etc.

4 - Assurer un lien plus fort entre université, organismes de recherche et entreprise par l'organisation de l'espace et le transfert des hommes

Je crois profondément que nous devons progressivement faire naître, autour des universités, des structures de recherche et des structures d'entreprises innovantes. Ce n'est pas un pilotage de la recherche par les universités, c'est presque l'inverse, ou plutôt c'est une interaction permanente. Nous devons faire naître des routes 128 ou des Silicon Valley françaises. Grenoble est un exemple, Orsay pourrait l'être.

Mais, pour que ces liens soient forts, ils doivent se traduire aussi par la mobilité des hommes. La mobilité des chercheurs est bien sûr le cœur du sujet, comment laisser des organismes atteindre des moyennes d'âges de 46 ou 48 ans, des budgets asphyxiés par la masse salariale et, en même temps, laisser se perdre dans des retraites prématurées des compétences exceptionnelles accumulées au cours des ans ?

Pourquoi ces chercheurs n'iraient-ils pas porter la bonne parole dans les universités ou dans les entreprises. Les tentatives passées ont été des échecs - nous le savons, mais pourquoi ne pas entreprendre des actions avec des idées nouvelles et peut-être une vigueur renouvelée. Pourquoi ne pas imposer la mobilité sabbatique vers l'entreprise pour les professeurs d'université ?

Pourquoi ne pas multiplier les postes d'accueil de professeurs à des professionnels de l'entreprise ?

Une série de mesures nouvelles seront prises dans les mois qui viennent pour aller dans les directions ici esquissées.

5 - Redynamiser la recherche technologique

D'abord mettre fin à une ségrégation culturelle. Lorsqu'on parle de recherche technologique, il ne s'agit pas d'une distinction entre recherche fondamentale ou recherche appliquée.

Les œuvres scientifiques de Pierre-Gilles de Gennes ou de Jean-Marie Lehn nous montreront que, dans une démarche de création scientifique moderne, ce qui sépare le fondamental de l'appliqué est très arbitraire.

La véritable distinction est autre. La science traditionnelle s'intéressait aux objets et phénomènes naturels. Mettre en évidence, puis comprendre les lois de la nature, tel est l'objectif donné à la science. Mais, cette ambition s'est déplacée. L'homme fabrique des objets, des artefacts. Les artefacts ont des propriétés, des qualités.

Comprendre les fonctionnements est une démarche autre. Comprendre le fonctionnement d'un laser, d'un transistor, d'un supraconducteur, comprendre comment se comporte l'enzyme polymérase lors de la duplication de l'ADN est la démarche symétrique.

Avec, bien sûr, la fabrication des objets eux-mêmes. Pour simplifier, on pourrait dire que le chercheur traditionnel découvre alors que le chercheur en technologie invente et découvre dans un ordre variable suivant les sujets.

Nous devons encourager la recherche technologique sous toutes ses formes, à tous les niveaux. La création de STI au CNRS fut une initiative extraordinaire sans qui la recherche technologique serait restée lettre morte, mais faut-il l'isoler de la recherche fondamentale en physique ? Des recherches technologiques de haut niveau se font sur des sujets voisins dans des organismes divers, ne faut-il pas les coordonner ? Ne faut-il pas encourager le développement de la recherche technologique à l'université et dans les grandes écoles ? Ne faut-il pas faire pénétrer l'esprit de recherche technologique plus avant dès l'enseignement, les IUT, les sections STS ; les lycées techniques et professionnels ne sont-ils pas de véritables centres de recherche technologique souvent liés aux PME-PMI ? Comment lier tout cela au monde de

l'entreprise ?, laboratoires-mixtes ?, contrats d'associations ? C'est à cette dynamisation que va s'attacher la Direction de la Technologie du ministère de l'Éducation nationale, de la Recherche et de la Technologie.

6 - Plastifier la structure des sciences

L'innovation naît à la frontière des sciences, des disciplines. La biologie moléculaire est née à la frontière de la biologie et de la chimie structurale. L'informatique, par la combinaison de l'électronique et de la logique formelle, la science des matériaux en combinant chimie et physique, etc.

Aujourd'hui, on voit naître la bio-informatique, la télémédecine, l'ordinateur-chimique. Les frontières entre disciplines éclatent. Il faut que nos structures d'enseignement et de recherche soient capables d'accueillir ces nouveaux savoirs en laissant de côté d'autres moins importants. Lorsqu'on me voit déplorer l'importance excessive des mathématiques classiques dans notre enseignement, ce n'est pas une allergie à une discipline remarquable.

Ma crainte est de voir empêchée l'émergence de nouveaux savoirs.

Lorsque je déplore l'extraordinaire découpage, j'allais dire feuilletage des sections de tels organismes de recherche, ce n'est pas par crainte du regroupement, c'est par crainte de l'isolement desséchant.

Nous devons faire émerger, une plus grande plasticité de nos sciences, faire comprendre que, dans l'évolution du monde, des murailles doivent tomber, des nouveaux savoirs émergent.

7 - Favoriser la création d'entreprises innovantes

On a beaucoup écrit sur les mauvaises conditions qui handicapent les Français, les chercheurs français. Avec Dominique Strauss-Kahn, nous nous sommes attaqués discrètement à certains usages anciens comme les stocks options pour les entreprises innovantes, mais faut-il les limiter à 7 ans ? Il vous parlera, cet après-midi, des conditions financières et des dispositions multiples.

J'ai pour ma part, en préparation, un projet de loi qui favorisera la création d'entreprises par les chercheurs, leur participation à la vie des entreprises, la mise en place d'incubateurs.

Je souhaite, pour ma part, qu'on simplifie les procédures administratives pour les créations d'entreprises et que, plus profondément, notre administration fasse confiance, encourage plutôt que de suspecter et de contrôler sans cesse.

8 - Améliorer la valorisation

Cette amélioration tient en un mot : aller vers le chercheur, comprendre ce qu'il fait et importer cela dans le monde économique.

Cette démarche demande des hommes exceptionnels, capables de comprendre la recherche, connaissant bien l'entreprise, ayant la notion du marché, du potentiel. Cette démarche demande, sans doute aussi, la mise en place de

moyens informatiques appropriés : Intranet techno, colloques mixtes (et l'Europe est, bien sûr, la dimension idoïne).

Faut-il un organisme unique ? Faut-il, au contraire, encourager chaque institution ? chaque université ? Notre tendance séculaire nous incite à la première solution. Ma tendance décentralisatrice m'invite à préférer la seconde.

Mais, c'est un sujet de débat qu'il faudra avoir, dans les mois qui viennent, et qui n'est pas tranché.

9 - Des actions concertées incitatives pour développer des recherches et créer des PME-PMI innovantes

Qu'est-ce que l'innovation ? C'est une idée qui marche. Il faut donc faire des appels à idées, pour la création d'entreprises.

Pour cela, nous avons besoin de bons thèmes, de jurys impartiaux et d'aide financière de l'État, des banques, des grandes entreprises. Il faut arrêter la pratique collectiviste des financements compacts des grandes structures.

L'Allemagne, qui a fait une analyse voisine de la nôtre, a lancé le programme Biotech qui, en matière de créations d'entreprises innovantes, est un immense succès.

Je crois que nous avons la capacité de le faire dans un certain nombre de domaines :

- biotechnologie,
- technologie de l'information,
- matériaux,

auquel j'en ajouterai un, auquel on ne pense pas toujours, et qui est **l'ingénierie éducative**. Avec toujours un seul et même souci : la qualité. Qualité des projets, qualité dans l'insertion économique et commerciale.

10 - L'international

Dans le contexte actuel, peut-on développer une recherche technologique enfermée dans notre hexagone ?

Certes non, et la dimension européenne vient naturellement à l'esprit. Il faut remercier les instances européennes d'avoir développé le PCRD qui a amené beaucoup de laboratoires de recherche et d'entreprises à s'ouvrir sur l'international. Nous voulons accentuer ce mouvement par des procédures d'évaluation plus transparentes, par des aides aux PME-PMI accrues, par une amélioration des échanges de chercheurs.

Mais cette vision est-elle suffisante ? Ne devons-nous pas organiser des laboratoires de recherche technologique à travers le monde ?

L'expérience que nous tentons avec l'Inde, l'installation de laboratoires mixtes avec participation de structures industrielles, doit-elle être étendue à d'autres pays émergents ? Les sujets choisis, biotech, software, environnement, nous permettront peut-être des avancées spectaculaires. Nous envisageons d'étendre les expériences au Japon, en Chine, au Brésil, à Singapour, mais pourquoi ne pas installer un laboratoire à Silicon Valley ou sur la route 128 ?

La mondialisation, c'est aussi savoir travailler là où se trouve le marché de la matière grise.

Comme vous le voyez, notre approche est assez nouvelle et diversifiée. Elle est née de la consultation, de l'étude comparée de nombreuses expériences. Les Assises régionales, leur succès, mais plus encore les conclusions, les engagements pris sont autant d'encouragements.

Beaucoup de participants veulent faire changer les choses, faire évoluer dans le bon sens. Pourquoi ne réussissons-nous pas ?

Vous avez dit : génie des procédés en 1998 ?

Jean-Claude Charpentier* directeur de l'École Supérieure de Chimie Physique Électronique de Lyon - CNRS, président du comité scientifique et technique de la Société Française de Génie des Procédés

Summary : *Process engineering in 1998 ?*

Being a key to survival in global markets including needs and challenges, chemical and process engineering will necessitate evolution in teaching and revolution in research. Indeed to control the quality and the cost of the products thanks to processes involving zero defect, zero pollution and zero accident, engineers and researchers in chemical engineering will have to develop concepts and methods necessitating an integrated systems approach for simultaneous and often coupled phenomena and processes, taking place with different scales of time (10^{-6} to 10^8 s) and length (10^{-8} to 10^5 m).

This will be obtained with the breakthroughs in molecular modelling, scientific instrumentation and powerful computational tools.

In collaboration with physicist, chemist and biologist pluridisciplinary theoretical developments must concern the product and formulation engineering and powder technology leading to a product with the desired property. Simultaneously methodologies should be orientated towards the acquisition of basic data and the conception of new integrated operation allowing for coupling or uncoupling elementary process (transfer - reaction - separation) or combining several functions into one unit opening the way to smaller and cheaper installations. Finally generic technologies for modelling, automatization and control of several processes should be adapted from other industries such as transport industries.

Mots clés : *Génie des procédés, génie de la formulation, propriété d'usage, matières molles, technologie des solides divisés, acquisition de données de base, nouveaux types de procédés.*

Key-words : *Chemical engineering, product engineering, end-use propertie, soft solids, powder technology, data bank acquisition, new types of process.*

Introduction

Face aux défis et menaces qu'affronte aujourd'hui l'industrie française et européenne en compétition avec les États-Unis et le Japon, notamment sur les secteurs où elle occupe encore la première place (chimie, mécanique et électricité), les entreprises sont amenées à améliorer leurs procédés pour maîtriser les coûts et la qualité des produits existants ou à concevoir de nouveaux procédés, plus compétitifs.

En effet, l'évolution de la demande du consommateur se concentre de plus en plus sur la valeur d'usage des produits, leur adaptation permanente à une demande, multiforme et changeante, ainsi que la fourniture de nouveaux services associés.

A cela, il faut ajouter une sensibilité accrue vis-à-vis de la protection de l'environnement et de la maîtrise des risques qui posent à l'industrie et à l'entreprise de nouveaux défis. Ainsi, la responsabilité éthique des entreprises, le jeu des réglementations, la conservation du renom de l'entreprise et son intégration dans les communautés avoisinantes influencent de plus en plus des décisions opérationnelles et en particulier celles qui concernent :

- le contrôle de la qualité de l'air, de l'eau et des sols environnants et le devenir des produits fabriqués dans le cadre de leur utilisation ultérieure,

- l'offre de possibilités de recyclage ou des traitements des résidus des produits après usage ainsi que de leurs emballages,

- l'arrêt du transport, voire du stockage et de l'utilisation de réactifs dangereux.

On peut comprendre que, dans ce contexte, il est impératif de remettre en

cause le vieux concept de sélection des procédés sur la base des seuls rendements et conditions économiques d'exploitation. A cela, il faut ajouter que le consommateur envisage difficilement de supporter les augmentations de coûts associés à cette nouvelle attitude, qui va conduire de plus en plus à rechercher des gains compensateurs au travers de sélectivités accrues ou de diverses économies liées au procédé.

Le génie des procédés, discipline-clé pour répondre à ces besoins et défis

Bon nombre des industries de transformation de la matière, notamment dans les industries chimiques et parachimiques (pétrole, pharmacie, agro-alimentaire, textile, verre, sidérurgie, détergence, parfum, cosmétologie...) font appel au **génie des procédés**. Il concerne **l'ensemble des connais-**

* École Supérieure de Chimie Physique Électronique de Lyon, 43, bd du 11 Novembre 1918, BP 2077, 69616 Villeurbanne Cedex. Tél. : 04.72.43.17.02. Fax : 04.72.43.16.70. E-mail : jcc@cpe.fr

sances scientifiques et technologiques nécessaires aux transformations physico-chimiques et biologiques de la matière première en produits directement utilisables par le consommateur.

Cette discipline quantifie les relations complexes intimes entre les phénomènes de transport de matière, de chaleur et de quantité de mouvement et la cinétique chimique ou biochimique en relation avec les performances d'un réacteur fonctionnant dans des conditions que l'on voudrait optimales pour obtenir un produit finement ciblé. Possédant une méthodologie qui peut s'adapter ou appréhender tout système où l'ingénierie de réaction est nécessaire, le génie des procédés couvre ainsi des domaines faisant intervenir diverses technologies, rencontrées dans les industries pétrolières, de transports terrestres, métallurgiques, chimiques, pharmaceutiques, papetières et, bien sûr, dans les industries émergentes, biochimiques, agro-bio-alimentaires, électroniques et optoélectroniques, **toutes industries représentant des enjeux économiques considérables.**

Enseignement en génie des procédés : évolution ou bouleversement ?

L'enseignement du génie des procédés comporte des cours de thermodynamique, de physico-chimie, de catalyse, de phénomènes couplés de transport de matière, d'énergie et de quantité de mouvement, de cinétique chimique ou biologique, de génie de séparation, de génie de réacteur, d'automatique, de contrôle, de design et de technico-économie.

Mais devant les besoins et défis précités, comment va-t-il évoluer et quel type d'enseignement et de recherche va-t-il falloir prodiguer pour répondre au problème de société posé, à savoir fabriquer les produits existants et nouveaux avec des procédés zéro pollution, zéro défaut et zéro risque, et ce au plus vite et au meilleur coût ?

Comment va-t-il s'universaliser pour prendre en compte ou faire face à ce que l'on appelle aujourd'hui les hautes technologies ou les technologies émergentes (biotechnologies, micro-électro-

nique, micro-optoélectronique, nanotechnologies, matériaux avancés, polymères, composites, contrôle et sécurité de procédés...) tout en maintenant compétitives les technologies classiques pour les problèmes classiques et permanents (énergie renouvelables, fuels synthétiques, économies de matière première) **du cycle infernal** - matières premières, énergies, procédés, déchets - avec les déchets constituant le matériau ou la matière première du cycle suivant ?

La réponse est que l'enseignement en génie des procédés subira **des évolutions** et non **pas de grands bouleversements** :

- **en thermodynamique chimique**, on se focalisera sur les solides et sur les propriétés physico-chimiques des grosses molécules et des macromolécules ;

- **en physico-chimie**, on s'orientera vers la science des interfaces et la nouvelle appréhension de la matière molle et des milieux complexes et on intégrera la physico-chimie dans toutes les opérations fluides-solides ;

- **en génie de la réaction chimique**, outre les réactions classiques de la chimie ou de la pétrochimie, on se focalisera sur la conception de réacteurs semi-continus, flexibles, appliqués à la fabrication de polymères spécifiques ou au dépôt de couches minces pour composants micro-électroniques ou micro-optoélectroniques ;

- **dans le design lui-même du couple produit-procédé**, on s'attachera plus à la notion de propriété d'usage, de qualité du produit (catalyseur, zéolite, polymères spécifiques, céramiques, pigments), au contrôle et à l'environnement du procédé qu'au produit ou au procédé lui-même. C'est ainsi que la notion même du vocable « génie des procédés » plutôt que « génie chimique » prendra sa pleine et entière acception.

La recherche en génie des procédés : évolution ou bouleversement ?

En amont de cet enseignement, les pistes conduisant à des recherches et développements technologiques prometteurs pour la recherche en génie des

procédés, consisteront à relever les défis industriels et économiques et à prendre en compte les contraintes imposées aux procédés par leur environnement naturel et social. Les ingénieurs seront de plus en plus confrontés avec de **nouvelles classes d'objets** et de **phénomènes pluridisciplinaires** qui demandent de nouvelles approches qui feront appel à la méthodologie, aux outils et aux techniques classiques davantage développées dans d'autres secteurs industriels (défense, automobile, aérospatial, médical).

Certes, le but des recherches de base en génie des procédés restera de développer des concepts, des méthodes et des techniques (procédés unitaires, transferts couplés, extrapolation à l'échelle industrielle), pour toujours mieux comprendre et pour concevoir et dessiner des procédés, par lesquels les matières premières et l'énergie sont changés en produits utiles et possédant la propriété désirée par le client.

Mais la complexité des phénomènes rencontrés dans les processus industriels va de plus en plus obliger l'ingénieur et le chercheur en génie des procédés à développer des concepts et des méthodes toujours nouveaux, nécessitant une **approche intégrée de phénomènes et de process simultanés et souvent couplés, intervenant à différentes échelles d'espace** (10^{-8} à 10^5 m) **et de temps** (10^{-6} à 10^8 sec) que l'on peut localiser sur la *figure 1* où se situent la majorité des phénomènes rencontrés dans les industries de procédés.

A titre d'exemple et plus spécifiquement, les *figures 2* et *3* décrivent les différentes échelles d'espace et les entités concernées et à prendre en compte lors des problèmes de recherche soulevés dans un cas particulier qu'est la polymérisation des oléfines (T. McKenna et R. Spitz, 1997).

Il en est de même pour les procédés d'élaboration et de traitement des matériaux métalliques (métaux, alliages, matériaux aux propriétés remarquables et à fonctions nouvelles comme les matériaux nanophasés ou les quasi-cristaux) pour lesquels les étapes de coulée et de solidification jouent un rôle important, notamment pour la qualité et donc pour la valeur d'usage de ces matériaux. Cela nécessite l'homogénéisation des matériaux à **différentes**

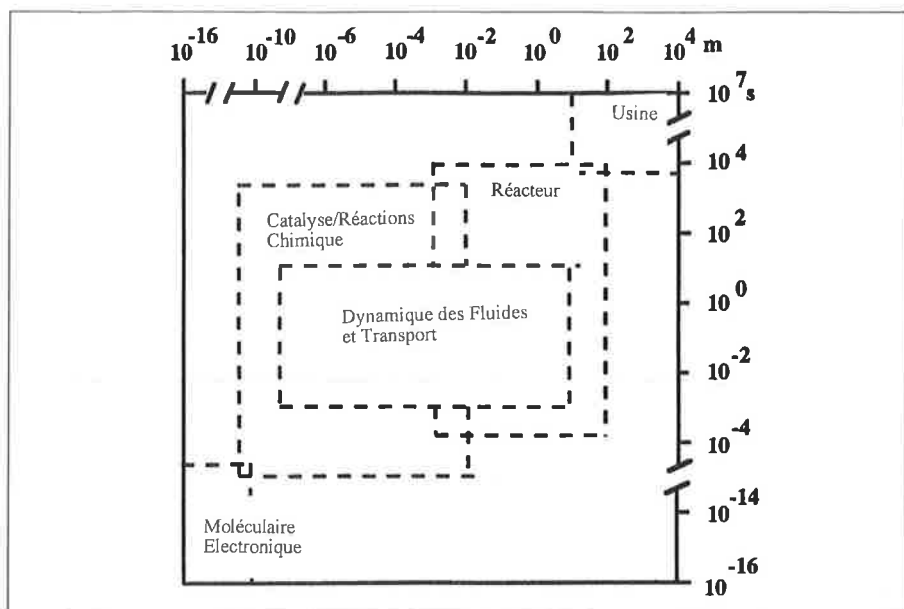


Figure 1 - Échelles d'espace et de temps dans les industries de procédés.

échelles, donc l'organisation des niveaux de complexité, depuis la micro-structure à l'échelle de la dendrite et du grain jusqu'à l'état de surface du produit brut de coulée, caractérisé par des macroségrégations et des mésoségrégations chimiques. La formation des ségrégations chimiques pendant la solidification nécessite une approche nouvelle, en termes de phénomènes de transport et de changement de phases couplés, et également en termes de couplage fort entre phénomènes se déroulant à des échelles très différentes, comme la mésoségrégation et la microségrégation.

Au départ, les notions ou **paradigmes de base du génie des procédés - procédés unitaires** (distillation, absorption, extraction, séchage, précipitation, granulation, pelliculage, fluidisation, transport pneumatique, filtration, cristallisation...), **transferts couplés de masse, de chaleur et de quantité de mouvement** - ont consisté, dans un premier temps, à considérer un réacteur

chimique comme une combinaison de chimie appliquée et de génie mécanique.

Dans un deuxième temps, **des outils plus fins** ont été introduits pour prendre en compte simultanément les notions de **temps de séjour**, de **temps de contact**, de **temps de diffusion**, de **temps de réaction**, de **temps de mélange**, de couplage réaction-transfert de matière...

De nouveaux concepts, méthodes et paradigmes sont maintenant nécessaires aux spécialistes pour analyser, dessiner et faire fonctionner de façon optimale des procédés avec des équipements qui conduisent très rapidement au produit possédant la propriété désirée. Cela nécessite des **modèles mathématiques** et des résultats utilisables et traitables par les meilleurs outils informatiques. Ainsi, le **traitement de l'information locale généralisé** nécessite et nécessitera, de plus en plus, à faire appel à l'outil **mécanique des fluides numérique** comme c'est déjà le

cas pour la combustion automobile, aéronautique et spatiale, notamment pour la connaissance, le contrôle, la stabilité des écoulements et l'étude et l'amélioration des transferts.

C'est pourquoi, en amont et en complément de ce qui est enseigné aujourd'hui, et qui, comme nous l'avons écrit, subira des évolutions, parmi les domaines de recherche qui doivent progresser et vont probablement conduire à de nouvelles théories et applications prometteuses, donc à des bouleversements ou des percées importantes, nous pouvons citer :

- à l'échelle nano, **la catalyse** et les états de surface, les synthèses asymétriques, la **modélisation moléculaire** et biomoléculaire et les **cinétiques** de cristallisation, d'enrobage ou d'agglomération ;

- à l'échelle micro, **les milieux complexes**, fluides non newtoniens, sels fondus, fluides supercritiques, dispersions polyphasiques et tous systèmes dont les propriétés sont contrôlées par les phénomènes interfaciaux comme les émulsions, colloïdes, gels, polymères hydro-solubles, **les milieux particulaires**, poudres, aérosols, suspensions, liquides visqueux et chargés, **les structures fractales des milieux poreux** et leurs influences sur les lois gouvernant le transfert de masse, de chaleur et sur les réactions chimiques et biologiques ;

- à l'échelle macro, la conception de nouveaux **fonctionnements** pour les équipements existants (opérations en régimes transitoires ou cycliques) ou la conception, avec la complexité des constructeurs, d'équipements fondés sur de nouveaux principes de couplage ou découplage entre les processus élémentaires (transferts, réaction, séparation) sans oublier les potentialités des procédés miniaturisés modulaires et décentralisés chez le consommateur.

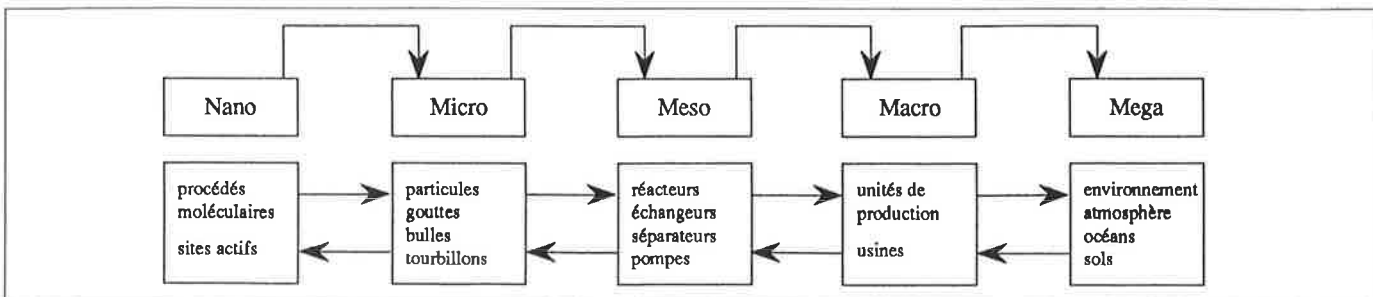
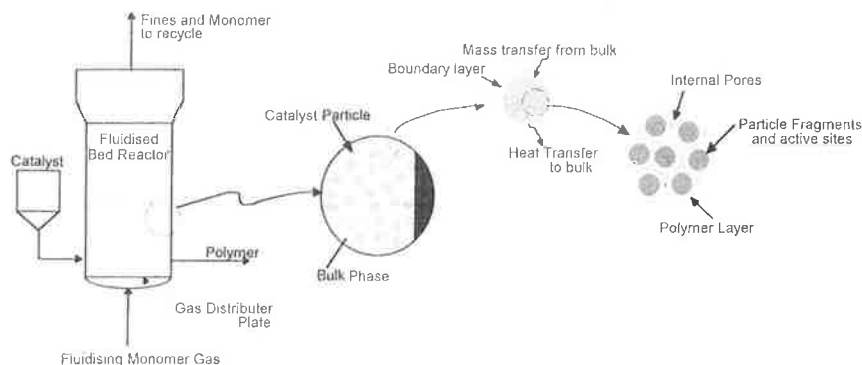


Figure 2 - L'organisation des niveaux de complexité apporte une nouvelle approche au génie des procédés.

PROBLEMS TO BE SOLVED AND RELATED LENGTH SCALES IN THE HETEROGENEOUSLY-CATALYSED POLYMERISATION OF OLEFINS.

Example: Fluidized Bed Reactor (Similar problems for SBR technology)



- **Reactor Scale** (macroscale) **Length scale: 1-10 m**
 - Describe hydrodynamics for non-reactive systems (cold flow)
 - Complications when simultaneous reaction & transfer.
- **Particle-Reactor interactions** (mesoscale) **Length scale: 100 μm**
 - Particle-Particle/Particle-wall interactions: melt down, blocking...
 - Exchange between bubble and emulsion phases in FBR
- **Particle as microreactor** (microscale) **Length scale: 10 μm**
 - Mass transfer from bulk phase.
 - Heat transfer to bulk phase.
- **Intraparticulate phenomena** (nanoscale) **Length scale: 100 nm**
 - Fragmentation of catalyst particles (morphology).
 - Diffusion of monomer/evacuation of energy at active sites.
 - Kinetics/molecular interaction.
 - Crystallization kinetics & other macromolecular properties.

Figure 3 - Schéma des échelles de longueurs caractéristiques de la polymérisation des oléfines sur des catalyseurs hétérogènes (T. McKenna et R. Spitz, 1997).

Mais la modélisation, la simulation et l'interprétation à ces différentes échelles nécessitent également des percées importantes dans l'obtention et le traitement de l'information. Nous pouvons citer :

– **le développement d'une instrumentation sophistiquée** conduisant à des progrès notables par la connaissance des interactions matière-rayonnement à l'instar, par exemple, de la résonance magnétique nucléaire (RMN) utilisée dans le monde médical. En effet, la RMN est un outil puissant qui donne accès à des informations à la fois à l'échelle microscopique et à l'échelle macroscopique et qui permet de caractériser et de suivre des phénomènes physiques et chimiques qui existent

dans un vaste domaine d'échelles de longueur et de temps. Ainsi, elle fournit des informations sur les structures et sur la dynamique de structures à l'échelle moléculaire ou micronique (vitesse d'agglomération des particules, taux de coalescence des bulles et des gouttes, vitesse de nucléation en cristallisation, taux de coagulation des colloïdes...), et l'imagerie RMN donne l'accès aux hétérogénéités structurales des matériaux et des milieux poreux et aux profils de concentration, de température et de vitesse d'écoulement dans ces milieux. Par suite, toujours grâce à l'analyse des images, on a accès localement aux transferts de chaleur, de matière et de quantité de mouvement.

De même, la tomographie d'impédance (résistive et capacitive) est une technique locale de caractérisation des écoulements et de contrôles en ligne des process qui va prendre de plus en plus d'importance.

Mentionnons également l'ellipsométrie spectroscopique ou monochromatique qui permet une caractérisation des surfaces en temps réel et *in situ*.

– **l'élaboration de capteurs intelligents** mesurant chaque paramètre, à tout endroit et à tout moment : techniques optiques telles que la spectroscopie à fluorescence à résolution espace-temps utilisant des sources lasers, et ce, appliqué à des milieux solides ou opaques. A quand la micro-électronique ou la nanoélectronique embarquée à bord des particules ou des sites catalytiques informant des valeurs locales des paramètres ? A quand le polymère piézo-électrique générant une faible turbulence à la surface d'une membrane en vue de son lavage et du décolmatage local permanent ? A quand le lavage contrôlé des substances actives ?

– **l'utilisation des ordinateurs pour implémenter de nouvelles techniques relevant de l'intelligence artificielle.** Les systèmes experts sont déjà populaires aujourd'hui dans certains milieux industriels, mais cette constatation ne doit pas empêcher les chercheurs de se focaliser sur les phénomènes physiques, chimiques et biologiques extrêmes de base gouvernant le process ou le procédé. La logique floue va aider pour le contrôle des procédés tout comme les réseaux de neurones (à l'image du comportement d'un cerveau humain) pour diagnostiquer les défauts en ligne, pour analyser les tendances et pour concevoir et modéliser des produits et des procédés nouveaux. Toutefois, la complexité des phénomènes rencontrés que nous avons décrite est telle que cela nécessitera un grand nombre d'années avant qu'un ingénieur possède un modèle formel ou bien l'ensemble des paramètres expérimentaux nécessaires. C'est pourquoi l'approche numérique et non pas symbolique des réseaux de neurones, en tant qu'outil de modélisation empirique puissant, est promise à un développement technologique considérable. Mais, il ne faudra pas s'arrêter à cette étape, car l'automatisation des procédés nécessite de nouvelles percées

scientifiques en milieu réel, tout comme l'augmentation de la complexité nécessitera la création de nouveaux concepts utilisant les théories statistiques et processus stochastiques ;

– **sans oublier le traitement des images et des signaux pour la visualisation et la validation**, là encore pour des conditions de milieux réels granulaires ou opaques, et qui reste tributaire de la puissance des ordinateurs. C'est pourquoi la puissance, toujours en expansion des ordinateurs, jouera un rôle décisif.

Mais ne rêvons pas, nous continuerons à enseigner le génie des procédés avec sa méthodologie universelle, appliquée certes dans des conditions de plus en plus réelles et réalistes **appliquées et applicables** ! N'oublions pas que l'ingénieur ou le chercheur en génie des procédés est un « **problem solver** » avant tout !

Pour réussir cette mutation industrielle, **le génie des procédés, quant à sa recherche, doit progresser simultanément sur 3 fronts.**

Sur le front des développements théoriques, c'est tout spécialement le « **génie de la formulation** », où nous ne disposons pas aujourd'hui de concepts et de paradigmes adéquats, et la « **technologie des solides divisés** » qui interviennent dans 70 % des procédés industriels de transformation de la matière. Cela concerne aussi bien la **création des solides** (cristallisation, granulation, précipitation, sédimentation, suspension, agglomération, enrobage, extrusion, compactage, mélange de poudres, formation d'aérosols) que la maîtrise de la morphologie des solides et de leur granulométrie qui conditionne les propriétés comme la coulabilité, la couleur, le toucher, la maniabilité, la cohésion, la friabilité, la rugosité, l'aptitude au relargage et à la dissolution, le moelleux après hydratation, la succulence ou l'odeur.

Sur le front des méthodologies, c'est tout spécialement le cas des méthodologies d'**acquisition des données de base** (notamment thermodynamiques et cinétiques) et de développement des **nouveaux types de procédés** qui seront nécessaires, notamment ceux qui permettent des découplages entre les processus élémentaires (transferts -

réactions - séparation) ou bien les couplages pour des réacteurs multifonctionnels (opérations discontinues et utilisation de systèmes flexibles et changeants).

En effet, les procédés combinés de réaction-séparation comme les distillations réactives, les séparations par membranes réactives ou par catalyse par transfert de phase offrent deux avantages majeurs : réduction de sous-produits non désirés et amélioration globale du rendement dues aux faibles valeurs des constantes d'équilibre. Un autre avantage capital des opérations combinées est la très importante diminution de frais d'investissement, typiquement de l'ordre de 10 à 20 % par rapport à ceux des installations traditionnelles.

Sur le front du développement de **nouvelles technologies spécifiques ou génériques**, il faut cibler d'autres industries comme la sidérurgie, la cimenterie, l'automobile ou l'aérospatial pour résoudre certains problèmes grâce à des transferts et adaptations de technologies et pour prendre en compte l'importance des matériaux et de la mécanique des solides dans la conception de certains réacteurs, par exemple du « réacteur-four ».

Ainsi, les sources de progrès potentiels sont à chercher dans les techniques d'automatisation, de contrôle et de conduite, dans les techniques liées à la mécanique des fluides, dans les techniques d'investigation et de mesure à différentes échelles d'espace et de temps, dans les techniques fines de modélisation et de visualisation sans oublier, bien sûr, l'application et l'implication des outils informatiques.

Il faut bien insister sur le fait que ces trois approches doivent être effectuées avec la participation très étroite de physiciens, de physico-chimistes, de biologistes, toxicologues et écotoxicologues, et de spécialistes de mesure en vue de formaliser les connaissances sur les mécanismes physiques, physico-chimiques, biologiques à différentes échelles d'espace et de temps, afin d'organiser les niveaux de complexité, mais cette fois sur l'ensemble des échelles concernées par la *figure 1*.

Pour en savoir plus :

– *Chemical engineering frontiers : research needs and opportunities*, Rapport

Amundson, National Academic Press, Washington D.C., **1987**.

– Dudukovic M.P., *Chemical Reaction Engineering - Current Status and future direction*, *Chemical engineering education*, Fall **1987**, p. 210.

– Pimentel G.C., Coonrad J.A., *Opportunities in chemistry : to day and tomorrow*, National Academic Press, **1987**.

– Ottino J.M., *The Kinematics of mixing, stretching, chaos and transport* (Cambridge University Press), **1989**.

– Gladden L.F., Nuclear magnetic resonance studies of porous media, *Trans. Inst. Chem. Eng.*, **1993**, vol. 71, p. 657.

– Villermaux J., Future challengers for basic research in chemical engineering, *Chemical engineering science*, **1993**, vol. 48, n° 14, p. 2525.

– J. Villermaux, Basic chemical engineering research : where are we going ?, *Trans. Inst. Chem. Eng.*, **1993**, vol. 71, Part A, p. 45.

– Mashelkar R.A., Seamless chemical engineering science : the emerging paradigm, *Chemical Engineering Science*, **1995**, vol. 50, n° 1, p. 1.

– Desmarescaux Ph., Barnay J.L., Nouveaux marchés, chimie nouvelle et génie des procédés, 5^e Congrès Français du Génie des Procédés, Lyon 19-21 septembre 1995, *Entropie*, **1995**, n° 194, p. 10.

– Froment G., Le Génie des procédés catalytiques, 5^e Congrès Français du Génie des Procédés, Lyon 19-21 septembre 1995, *Entropie*, **1995**, n° 194, p. 10.

– Sapre A.V., Katzev J.R., Core of chemical reaction engineering : one industrial view, *Ind. Eng. Chem. Research*, **1995**, 34, p. 2202.

– Villermaux J., Future prospects for chemical research and technology, *Chemical Technology Europe*, **1996**, vol. 3, n° 1, p. 21.

– Lerou J.J., Ng K.M., Chemical reaction engineering : a multiscale approach to a multiobjective task, *Chem. Eng. Sci.*, **1996**, 51, 10, p. 1595.

– Woods D.R., Wasau D.T., Teaching of colloid and surface phenomena, *Chem. Eng. Education*, **1996**, vol. 30, p. 190.

– Krieger J.H., Chemical engineering redefines itself in era of global change, *Chemical and Engineering News*, **1996**, p. 10.

– Charpentier J.-C., Trambouze P., Process engineering and problems encountered by chemical and related industries in the near future : revolution or continuity ?, *International Conference on advances in chem. eng.*, Allied Publishers Ltd, New Delhi, India, **1996**.

– McKenna T. F., Spitz R., Le génie de la polymérisation des oléfines : problèmes restant à résoudre, *Entropie*, **1997**, n° 204, p. 31.

– Landau R., Education : moving from chemistry to chemical engineering and beyond, *Chem. Eng. Prog.*, **1997**, vol. 93, n° 1, p. 52-65.

– Villadsen J., Putting structure in chemical engineering, Proceedings of an industry/university Conference, *Chem. Eng. Science*, **1997**, vol. 52, n° 17, p. 2857.

– Srinivasan R., Hsing I.M., Berger P.E., Jensen K.F., Firebaugh S.L., Schmidt M.A., Harold M.P., Lerou J.J., Ryley J.F., Micromachined reactors for catalytic partial oxidation reactions, *AIChE Journal*, vol. 43, **1997**, n° 11, p. 3059-3069.

– *Process intensification in practice*, Proceeding of the 2nd International Conference on process intensification. Ed. J. Semel, Antwerp, October **1997**.

Systèmes innovants de traitement des déchets nucléaires à vie longue*

Jean-Paul Schapira directeur de recherches**

Summary : *Innovative options for transmuting long lived nuclear wastes*

Spent fuels unloaded from commercial reactors represent the main waste stream related to nuclear electricity production. These wastes contain highly radioactive nuclei, the fission products, as well as long-lived nuclei, actinides and some fission products (e.g. iodine-129). Their future depends on the back end strategy, reprocessing or direct disposal, but in both cases deep geological disposal is considered. An other solution is transmutation, aiming first at minimizing their production and secondly at incinerating them in the reactors themselves. Use of thorium and of sub-critical reactors appears to-day as innovative options which could contribute to significantly reduce long term radiological impacts of these wastes. Physical principles of such accelerator driven systems and current proposals are described.

Mots clés : *Déchet nucléaire, transmutation, réacteur nucléaire, accélérateur, sous criticité.*

Key-words : *Nuclear waste, transmutation, nuclear reactor, accelerator, subcriticality.*

Quelques données de base sur les déchets nucléaires

La production d'électricité d'origine nucléaire s'accompagne de déchets, c'est-à-dire de matières sans valeur économique et qui contiennent des corps radioactifs. Le *tableau 1* récapitule l'ensemble des flux de matières et de déchets du cycle électronucléaire avec retraitement, de l'extraction de l'uranium jusqu'au stockage ultime en couches géologiques profondes, correspondant au fonctionnement annuel d'un réacteur de 900 MW_e, typique du parc actuel français fondé sur la filière à uranium enrichi et eau pressurisée. On observe que la quasi-totalité des corps radioactifs, mobilisés ou produits dans un tel cycle, se retrouvent dans les combustibles usés déchargés des réacteurs. On les classe en deux grandes catégories :

– les corps plus lourds que l'uranium appelés transuraniens et appartenant à

la famille des actinides. Il s'agit d'abord du plus abondant (*voir tableau 1*), le plutonium formé au cours du bombardement de l'uranium 238 par les neutrons : il peut être réutilisé dans les réacteurs. A l'inverse, les autres actinides, dits mineurs, sont les isotopes de l'américium et du curium, formés par décroissance radioactive et capture successive de neutrons à partir du plutonium. Le cas du neptunium 237 est à part : il est formé à partir de l'uranium 235 par double capture et décroissance bêta. La plupart des actinides sont caractérisés par une durée de vie longue et une importante radiotoxicité, les actinides mineurs étant considérés en tout état de cause comme des déchets ultimes.

– les résidus provenant de la fission de l'uranium 235, l'isotope fissile de l'uranium naturel, et des plutonium 239 et 241. Ces résidus constituent les produits de fission, dont la grande majorité sont caractérisés par une période courte, 6 % en poids étant des produits de fission à vie longue (technétium 99, césium 135, iode 129, voir *tableau 1*). Ils présentent une radiotoxicité faible mais une assez grande mobilité dans l'environnement, et sont également considérés comme des déchets ultimes.

Le devenir de ces produits radioactifs est largement conditionné par la gestion des combustibles usés. Rappelons qu'il existe aujourd'hui, au niveau mondial, deux modes de gestion :

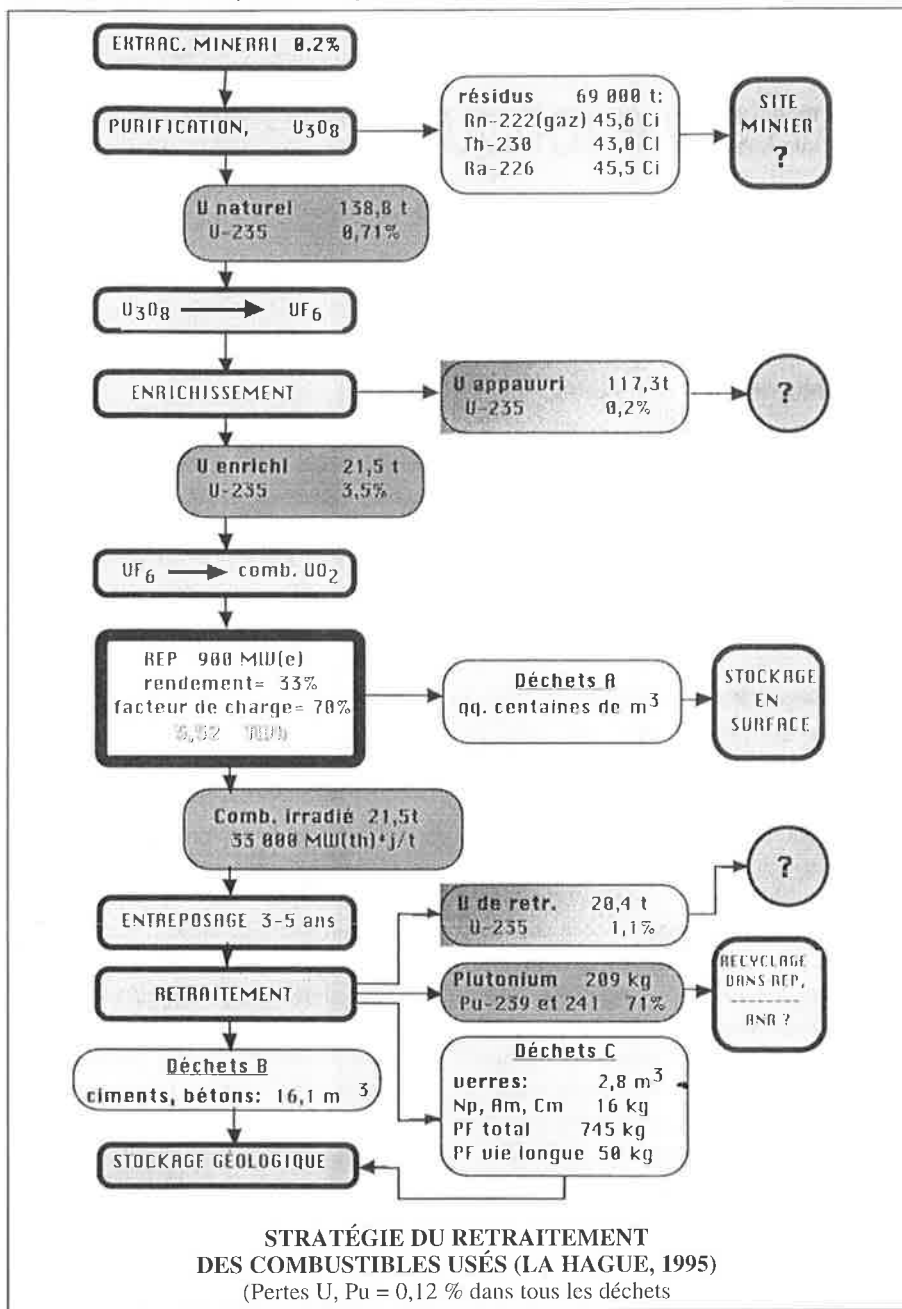
– le retraitement, pratiqué en France, Grande-Bretagne, Japon et Russie, qui consiste à extraire de ces combustibles l'uranium (96 %) et le plutonium (1 %), les 3 % restants, produits de fission et actinides mineurs, constituant les déchets dits de haute activité et à vie longue destinés à la vitrification puis au stockage en couches géologiques profondes, après une période d'une cinquantaine d'années d'entreposage de refroidissement. Les matières récupérées, uranium et surtout plutonium, peuvent être recyclées dans les réacteurs REP (sous la forme de combustibles MOX, uranium/plutonium) ou servir de base, en ce qui concerne le plutonium, à la filière des surgénérateurs.

– le stockage direct des combustibles irradiés après une période également d'entreposage de refroidissement de 50-100 ans. Dans ce cas, le plutonium n'est pas récupéré et est considéré comme un déchet destiné à aller au stockage profond. Cette solution est retenue aujourd'hui en Suède et aux États-Unis, beaucoup d'autres pays adoptant des stratégies mixte d'attente.

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

** CNRS, Institut de Physique Nucléaire, BP 1, 91406 Orsay Cedex. Tél. : 01.69.41.51.97. Fax : 01.69.15.64.70. E-mail : schapira@ipno.in2p3.fr

Tableau I - Les diverses opérations du cycle fermé (avec retraitement).



(iode 129, césium 135 notamment) vise à limiter le risque réel du stockage, c'est-à-dire l'impact radiologique sur l'homme et l'environnement lié au retour normal de la radioactivité dans la biosphère à diverses époques du futur.

Du point de vue pratique et compte tenu des quantités de produits à détruire (voir *tableau I*), la transmutation ne peut s'envisager aujourd'hui qu'en utilisant les flux importants de neutrons que l'on peut réaliser dans les réacteurs à fission. Compte tenu du spectre en énergie des neutrons dans les réacteurs, la fission et la capture (suivie en général de l'émission d'un photon) constituent les deux principales interactions avec un noyau. De ces deux processus, le premier constitue le moyen le plus efficace pour transmuter un actinide, puisque environ 94 % des résidus de fission qui en résultent sont des noyaux stables plusieurs années après l'arrêt de l'irradiation en réacteur. La fission s'accompagne de plus d'une production de neutrons et de chaleur, favorable au fonctionnement du réacteur, contrairement à la capture qui est consommatrice de neutron et ne dégage pratiquement pas de chaleur. Du point de vue de l'économie de neutrons, les réacteurs à neutrons rapides sont plus avantageux que ceux à neutrons thermiques pour détruire les actinides. En ce qui concerne les produits de fission à vie longue, la capture est le seul moyen pour les transformer en produits stables ; celle-ci est optimisée en se plaçant dans une zone d'énergie des neutrons correspondant à des maximums de sections efficaces, c'est-à-dire dans la région dite épithermique (quelques eV à quelques keV).

Une autre stratégie : la transmutation en réacteur

Un traitement plus élaboré des déchets contenus dans les combustibles irradiés consisterait à irradier en réacteur les actinides mineurs, voire certains produits de fission à vie longue, de manière à les transformer en des corps à vie plus courte qui décroîtraient vers des corps stables (donc non radioactifs) sur des périodes de temps compatibles avec des durées crédibles de surveillance institutionnelle. Cette méthode, que l'on désigne par les termes de transmutation ou d'incinéra-

tion en réacteur, vise à réduire les incertitudes des prédictions à long terme concernant la sûreté des stockages profonds, fondée sur les propriétés de rétention des barrières artificielles et géologiques ainsi que sur l'évaluation de scénarios accidentels comme l'intrusion humaine.

En agissant sur l'inventaire des déchets de haute activité et à vie longue qui seraient enfouis, la transmutation des actinides (plutonium, actinides mineurs) a pour effet d'en réduire la radiotoxicité à long terme, tandis que la destruction des produits de fission à vie longue

L'application industrielle de la transmutation dans un parc de réacteurs

Il faut bien distinguer la transmutation des actinides, y compris du plutonium, de celle des produits de fission, et son application dans un parc de réacteurs, comme celui qui existe en France avec 60 000 MW_e installé dans la filière des réacteurs à eau pressurisée (REP). La transmutation peut viser deux objectifs principaux :

1 - stabiliser l'inventaire des produits grâce au multirecyclage. Ceci a été étu-

dié dans le cas du plutonium et des actinides mineurs, mais pas dans celui des produits de fission à vie longue qui pose un sérieux problème de disponibilité de neutrons et de régénération intempestive si l'on ne procède pas, pour certains de ces produits de fission, à une difficile séparation isotopique (par exemple l'iode 129 que l'on souhaite stabiliser pourrait être régénéré à partir de l'iode 127 stable, également présent dans les déchets). Le multirecyclage est caractérisé par la valeur à l'équilibre de l'inventaire dans les réacteurs et dans le cycle (entreposage, retraitement, refabrication de combustibles) des produits que l'on recycle et par le temps mis pour atteindre un tel équilibre. Par ailleurs, la stabilisation peut s'envisager selon deux modes de recyclage. Le recyclage homogène dans lequel les produits recyclés le sont dans l'ensemble des réacteurs du parc, le recyclage hétérogène dans lequel, aux réacteurs électrogènes et producteurs nets d'actinides, on associe un certain nombre de réacteurs incinérateurs nets d'actinides ; dans ce scénario dit « à double strate », l'équilibre est atteint lorsqu'il y a égalité entre les flux d'actinides produits et détruits. Les performances atteintes dépendent de nombreux paramètres dont les plus importants sont :

– la quantité d'actinides produits par TWh(é), que l'on peut tenter par ailleurs de minimiser en jouant sur le spectre en énergie des neutrons (réacteur à modération accrue RMA), sur le taux de combustion qui permet d'incinérer une partie du plutonium *in-situ*, ou sur la composition du combustible ;

– le potentiel d'incinération des réacteurs dédiés à l'incinération, sachant que l'on ne peut pas fissionner plus de 46 kg de noyaux lourds par TWh(th) produit (cette valeur se déduit du fait que la fission libère environ 200 MeV d'énergie, quelque soit le noyau fissionné) ;

– à chaque recyclage, le rapport entre les durées de résidence des produits sous irradiation et hors réacteur. Ce rapport dépend des performances du cycle (par exemple temps de refroidissement préalable nécessaire au retraitement, contraintes industrielles).

– les pertes des produits recyclés dans les déchets lors des opérations de recyclage.

Pour un parc tel que celui de EDF de 60 000 MW(é) produisant 400 TWh(é) par an, soit 1 200 tonnes de combustibles usés contenant environ 12 tonnes de plutonium, le multirecyclage de ce dernier conduirait à une stabilisation à un niveau compris entre 200 et 400 tonnes, atteinte au bout d'une soixantaine d'années (voir *tableau II*).

2 - détruire un inventaire de produits, par exemple du plutonium, comme conséquence d'une décision d'arrêter le programme nucléaire ou de détruire un stock de plutonium des armes. La destruction d'un tel inventaire peut être atteinte dans un parc de réacteurs à double strate « dynamique », c'est-à-dire dans lequel on augmenterait progressivement la proportion d'incinérateurs selon un rythme qui dépend de la filière d'incinération envisagée. On conçoit qu'une telle filière doit posséder un important potentiel d'incinération, proche de la limite de 46 kg détruits par TWh(th) évoquée plus haut, et permettre que les produits passent le

maximum de leur temps en réacteur sous irradiation neutronique.

Pourquoi des solutions innovantes ?

Jusqu'à présent, on a considéré dans un schéma industriel de transmutation, d'une part les réacteurs à eau pressurisée du parc EDF, d'autre part des réacteurs dédiés à l'incinération. On note d'abord que le recyclage homogène, conduisant à une stabilisation des inventaires de plutonium et d'actinides mineurs, ne fait intervenir aucun réacteur dédié, les REP du parc étant capables d'utiliser des combustibles à faible teneur en actinide (2 % en plutonium, moins de 0,5 % pour les autres, voir *tableau II*) sans que cela pose des problèmes particuliers de sûreté et de fonctionnement de ces réacteurs. En fait, un tel recyclage homogène se compare très favorablement à un recyclage hétérogène, utilisant des réacteurs à

Tableau II - Quelques modes de recyclage du plutonium dans les réacteurs (référence : CEA).

Scénarios:	Cycle ouvert----/		Recyclage-----/ hétérogène-----/		Recyclage homogène
	REP	REP	REP	RNR ^{a)}	REP
Filière:	REP	REP	REP	RNR ^{a)}	REP
Réacteur :	N4	RMA ^{b)}	MOX ^{c)}	CAPRA ^{d)}	MOX
Rapport de modération	2	3	2	/	2
Taux de combustion (MWj/t)	55 000	55 000	55 000	140 000	55 000
N°du cycle	1	1	1	Equilibre	Equilibre
Chargement :					
Teneur en plutonium (%)	0	0	10	54	2,0
Teneur en U-235	4,5	3,8	0,25	0,19	3,8
Bilan massique (variation à 5 années après déchargement, en kg/TWhé) :					
Plutonium	+29	+21	-66	-87	+0
Neptunium	+2,1	+1,4	+0,2	+0,3	+1,6
Américium	+1,4	+1,4	+14	+16	+4,5
Total actinides mineurs	+3,8	+2,9	+17	+18	+8,3
Introduction dans un parc de 60 GWé :					
% dans le parc ^{e)}	100	100	13	24	100
Prod. AM ^{f)} (kg/TWhé)	+3,8	+2,9	+5,6	+6,9	+8,2
Prod. Pu (kg/TWhé)	+29	+21	+17	+0	+0
Inventaire cycle Pu(tonne) ^{g)}				310	200

a) RNR : Réacteurs à Neutrons Rapides, tels que Superphénix.

b) RMA : Réacteur à Modération Accrue, qui permet de favoriser la fission de l'uranium-235 par rapport à la capture dans l'uranium-238 conduisant au plutonium.

c) MOX : Mixed OXide, combustible mixte UO₂ + PuO₂ utilisé pour le recyclage du plutonium ; la colonne 3 correspond au recyclage du plutonium tel qu'il est aujourd'hui pratiqué et qui ne peut aller au-delà de 1 ou 2 recyclages.

d) CAPRA : Consommation Accrue de Plutonium dans les Rapides, méthode qui consiste à incinérer le plutonium en retirant les couvertures fertiles et en diminuant la teneur en uranium dans les combustibles MOX constituant le cœur du réacteur rapide.

e) dans tous les cas, les réacteurs de base du parc sont de type N4 (colonne 1).

f) AM : actinides mineurs (neptunium, américium et curium).

g) en supposant que ce parc produit 400 TWhé par an et un temps de refroidissement avant retraitement de 3 et 5 ans pour les combustibles RNR et REP respectivement.

neutrons rapides fonctionnant en mode incinérateur de plutonium (c'est-à-dire avec des combustibles à faible teneur en uranium), comme l'indique le *tableau II* qui reproduit des calculs basés sur le concept CAPRA du CEA, visant à étudier le passage d'un réacteur comme Superphénix de la surrégénération à l'incinération du plutonium.

Deux voies sont aujourd'hui proposées pour minimiser la production d'actinides et améliorer les performances d'incinération :

– Utiliser un combustible à base de thorium dans le contexte d'une nouvelle filière utilisant l'uranium 233 comme matière fissile. Un tel combustible présente l'avantage de ne produire pratiquement pas de transuraniens (plutonium, actinides mineurs), réduisant ainsi le risque potentiel à long terme (du moins dans les 10 000 premières années) mais au détriment d'un accroissement des risques à court terme (manipulation de matières nucléaires très irradiantes dues essentiellement à la présence d'uranium 232). Cette voie de recherche correspond à la préoccupation de faire des réacteurs électrogènes produisant très peu de déchets à vie longue.

– Développer des réacteurs sous-critiques qui permettraient en principe d'atteindre des performances supérieures à celles des réacteurs classiques pour la destruction des actinides et des produits de fission à vie longue. En effet, la limite de 46 kg/TWh(th) pourrait être approchée en utilisant des combustibles sans uranium pour la destruction du plutonium et sans plutonium pour celle des actinides mineurs, évitant ainsi de reformer par capture neutronique les produits que l'on cherche à détruire. Ceci implique des réacteurs capables de fonctionner avec des combustibles sur support inerte ou encore sur support thorium avec substitution progressive de l'uranium 233 au plutonium. La sous-criticité permettrait précisément de s'affranchir en partie des contraintes de sûreté (notamment celles relatives aux neutrons retardés) qui limitent, dans un réacteur classique, l'emploi de combustibles à matrice inerte. Ce type de réacteur peut être associé à la filière thorium de production d'énergie « propre », mentionnée dans le paragraphe ci-dessus, ou conçu

comme un incinérateur dédié à la destruction des déchets ou matières (plutonium des armes par exemple) existant ou en cours de production dans un parc de réacteur REP. Il constitue, dans ce dernier cas, une composante de la stratégie à double strate évoquée plus haut.

Les réacteurs sous-critiques

Nous nous limiterons, dans cette présentation, aux réacteurs sous-critiques. Le fonctionnement d'un réacteur classique est fondé sur les réactions de fission en chaîne maintenues à la criticité, c'est-à-dire avec un coefficient de multiplication k égal à 1. Une configuration sous-critique $k < 1$ ne peut fonctionner que si des neutrons sont injectés en permanence de l'extérieur. Ceux-ci sont fournis dans la pratique par une source dite de spallation, constituée d'un matériau de nombre de masse élevé (tungstène, plomb par exemple) bombardée par un faisceau intense de protons produits dans un accélérateur. Aussi, un tel réacteur est-il souvent considéré comme un système sous-critique assisté par accélérateur, dont on va décrire brièvement les trois composantes : la cible de spallation, le réacteur sous-critique et l'accélérateur.

La cible de spallation

L'interaction d'un proton de haute énergie (au-delà de plusieurs centaines de MeV) avec une cible suffisamment épaisse pour arrêter le faisceau, conduit à une émission importante de neutrons lors des interactions primaires $p + \text{noyau}$ et des réactions secondaires induites par l'ensemble des particules émises lors de leur transport dans la cible épaisse.

Au-delà de plusieurs centaines de MeV d'énergie, l'interaction primaire $p + \text{noyau}$ est décrite par le modèle de « cascade intranucléaire ». Selon ce modèle, le proton, pénétrant dans le noyau, interagit avec un 1er nucléon par diffusion élastique. Chacun des 2 nucléons peuvent, soit être éjectés du noyau, soit interagir à leur tour avec d'autres nucléons du même noyau, et ainsi de suite. Il y a donc formation d'une cascade, au cours de laquelle un certain nombre de nucléons, mésons et

même d'agrégats légers (^2H , ^3He ...) sont éjectés du noyau. La « cascade internucléaire » se développe dans une cible épaisse lors du transport des particules de haute énergie (> à un certain seuil). Durant ce transport, les particules émises dans un choc peuvent interagir avec un autre noyau de la cible et déclencher ainsi le même processus décrit plus haut. C'est ainsi qu'en fonction de l'énergie incidente, plusieurs noyaux peuvent être touchés. Ceci constitue une cascade internucléaire qui est contenue dans un cylindre, constituant la cible, dont la longueur correspond en général à la distance d'arrêt du faisceau (de l'ordre de 60 à 100 cm), et dont le diamètre doit être optimisé pour que le maximum de neutrons soient produits et puissent en sortir, afin d'interagir avec les déchets placés en couverture (typiquement 20 cm de diamètre).

Le nombre v_s de neutrons émis au cours de ces processus par proton incident augmente avec l'énergie incidente et la masse atomique de la cible. Il est de l'ordre de 20 pour une cible de plomb de 10 cm de diamètre et de 61 cm de long bombardée par un proton de 1 000 MeV. La valeur élevée de ce nombre (plusieurs dizaines) détermine la faisabilité « énergétique » de cette option de transmutation.

L'ensemble sous-critique

La cible épaisse est entourée d'un ensemble sous-critique, caractérisé par deux paramètres, le coefficient de multiplication neutronique k et le nombre moyen v de neutrons émis lors d'une fission. Les v_s neutrons injectés dans l'ensemble sous-critique par proton incident sont ainsi successivement multipliés par k , et le nombre total de neutrons par proton incident est égal à :

$$N_t = v_s (1 + k + k^2 + k^3 + \dots) = \frac{v_s}{1 - k} \quad (1)$$

Parmi ces N_t neutrons, $N_t - v_s$ sont produits par fission, et comme chaque fission produit v neutrons, le nombre total de fissions par proton incident est égal à :

$$N_f = \frac{N_t - v_s}{v} = \frac{v_s}{v} \frac{k}{1 - k} \quad (2)$$

On en déduit aisément le potentiel d'incinération à travers la puissance thermique P (MW), dégagée par l'ensemble sous-critique (ou réacteur sous-critique) :

$$P(\text{MW}) = E_f(\text{MeV})I(\text{A}) \frac{v_s}{v} \frac{k}{1-k} \quad (3)$$

où $I(\text{A})$ est l'intensité et E_f (MeV) l'énergie libérée par fission (~200 MeV). On constate que l'intensité de faisceau, nécessaire pour obtenir une puissance de réacteur donnée, est d'autant plus faible que l'on s'approche de la criticité $k = 1$. On peut également, selon l'approche de C. Rubbia, considérer ce système comme un amplificateur d'énergie de gain G :

$$G = \frac{P_{\text{réacteur}}}{P_{\text{faisceau}}} = \frac{E_f}{E_p} \cdot \frac{v_s}{v} \cdot \frac{k}{1-k} \quad (4)$$

où $P_{\text{réacteur}}$ est la puissance thermique du réacteur, P_{faisceau} celle du faisceau.

Un tel système peut réaliser une condition d'autosuffisance énergétique, si la puissance électrique délivrée par le réacteur est supérieure à la puissance nécessaire pour faire fonctionner l'accélérateur. On peut montrer que k doit être supérieur à une certaine valeur k_b , située entre 0,61 et 0,72 selon les valeurs des rendements thermique du réacteur et électrique de l'accélérateur.

Un aspect important pour la transmutation concerne l'économie de neutrons qui est meilleure que dans le cas du réacteur critique équivalent. On peut montrer, en effet, que par rapport à celui-ci, le nombre de neutrons supplémentaires S par fission est égal à :

$$S = \frac{v}{k} - v \quad (5)$$

Ce nombre S est loin d'être négligeable vis-à-vis du nombre de neutrons disponibles dans un réacteur $k = 1$, dès lors que l'on prend en compte toutes les causes de captures parasites et de fuites. A titre d'exemple, avec $k_b = 0,7$ et $v = 2,65$, $S = 1,07$ à comparer avec $S \approx 0$ pour un REP et 1,7 pour un RNR sans régénération du plutonium.

Un autre aspect concerne la sûreté. Certaines des contraintes qui lui sont rattachées (coefficients de vidange, fraction de neutrons retardés β_{eff} ...) pourraient être assouplies avec ces systèmes. En effet, la sous-criticité introduit une marge de criticité prompte

$\delta = 1 + \beta_{\text{eff}} - k$, plus grande que celle d'un réacteur critique. Il est possible que la sous-criticité autorise de plus grandes marges de manœuvre concernant l'inventaire en actinides ou concernant le recyclage, et permette d'atteindre le taux maximal de consommation d'actinides, 46 kg par TWh(th) fourni, obtenu en absence de support fertile tel que uranium 238.

Le niveau de criticité $k < 1$ est directement lié à la composition du cœur et au spectre de neutrons. Il ne dépend pas, à un instant donné, de l'intensité de l'accélérateur, qui ne peut donc contrôler que la puissance thermique du réacteur, pour une valeur donnée de k , et ce dans la plage d'intensité possible pour l'accélérateur. En d'autre terme, on peut éventuellement compenser de faibles variations de k par l'intensité, pour maintenir un niveau de puissance constant ; mais, si k est voisin de 1, cette compensation peut entraîner une importante variation de I , incompatible avec les capacités de l'accélérateur (le produit $I/(1-k)$ doit être maintenu constant). Si l'on ne dispose pas de barres de contrôle et pour un combustible solide, le niveau de criticité évoluera durant le cycle d'irradiation en fonction de la composition et du spectre de neutrons sans possibilité d'action corrective extérieure. Il faut alors être sûr que, en toute circonstance, k ne peut dépasser 1, ce qui peut être particulièrement délicat lorsque le réacteur est à un faible niveau de sous-criticité.

L'accélérateur de haute intensité

La zone de variation de l'intensité d'un faisceau de haute énergie pour un système de puissance équivalente à un réacteur standard de 3 000 MW(th) se situe dans la plage 10-300 mA, selon la valeur de k (voir la relation (3)). En conséquence, on a besoin d'accélérateurs capables de délivrer des protons de l'ordre de 1 GeV, avec des intensités comprises entre 10 et 300 mA, soit :

- Des accélérateurs linéaires fonctionnant en mode continu, dont le cas de référence est celui de Los Alamos aux États Unis (800 MeV, 1mA moyen, cycle utile de 6 %).

- Des cyclotrons, pour des intensités inférieures à 20 mA, dont le cas de

référence est celui de PSI à Viligen en Suisse (600 MeV, 0,8 mA).

La faisabilité technologique de ces accélérateurs, à partir de ces 2 cas de référence, semble acquise, moyennant un important effort de R et D, notamment dans les domaines suivants :

- La minimisation des pertes de faisceaux, qui doivent être limitées à des valeurs très faibles (estimées à 10^{-8} /mètre pour un linéaire) de manière à ne pas activer les structures de l'accélérateur à un niveau tel que toute intervention manuelle devienne impossible ; ceci est notamment délicat pour ce qui concerne l'extraction dans les cyclotrons.

- L'efficacité du système radiofréquence (RF) en vue du meilleur rendement possible.

- La disponibilité et la fiabilité des divers composants, notamment du système RF.

Propositions actuelles de systèmes hybrides

Divers laboratoires ont présenté des modèles de systèmes sous-critiques depuis la fin des années 80. Les deux concepts suivants ont été les plus étudiés :

- Un réacteur à neutrons superthermiques et à haut flux (proche de 10^{16} n/cm².sec) utilisant la technologie des sels fondus développées à Oak Ridge dans les années 60. Ce système peut en principe détruire l'ensemble des actinides avec un retraitement en ligne permettant d'extraire les produits de fission, consommateurs de neutrons. Largement étudié à Los Alamos, il est aujourd'hui pratiquement abandonné, le consensus semblant s'établir autour du système ci-après, proposé en 1994 par Carlo Rubbia.

- Un réacteur à neutrons rapides et à combustible solide, utilisant le plomb (ou un eutectique Pb-Bi) comme fluide caloporteur à la place du sodium jugé trop chimiquement réactif. Il est proposé dans ce cas de recycler l'ensemble des actinides, coextraits par électrolyrométallurgie, le procédé hydrométallurgique fondé sur PUREX n'étant pas adapté à une telle coextraction.

Le développement d'un tel système posera toute une série de questions techniques :

– au niveau de l'accélérateur, comme évoqué plus haut ;

– au niveau de la fenêtre séparant l'accélérateur de la cible de spallation, fenêtre qui est soumise à de fortes contraintes notamment thermiques, éventuellement chimiques (corrosion par ex.), et d'irradiation aux protons et neutrons ;

– au niveau de la cible de spallation, constituée très vraisemblablement d'un alliage Pb-Bi liquide (corrosion sous irradiation et sous modification de composition chimique liée à la formation des produits de spallation) ;

– au niveau des structures en général.

La construction de sous-ensembles et leur assemblage en vue de constituer une maquette sous-critique de puissance modeste apparaît aujourd'hui comme une étape indispensable à la maîtrise de cette nouvelle option, qui devrait contribuer à la solution du problème des déchets sous l'angle d'une destruction la plus efficace possible.

Références

– Clairborne H.C., *Neutron induced transmutation of high-level radioactive waste*, rapport ORNL-TM-3964, 1972.
 – Croff A.G. *et al.*, *A preliminary assesment of partitioning and transmutation as a radioactive waste management concept*, rapport ORNL-TM-5808, 1977.

– Bowman C.D. *et al.*, Nuclear energy generation and waste transmutation using an accelerator-driven intense thermal neutron source, *Nuclear Instruments and Methods*, A320, 1992, p. 336-367.

– Promé M., 8^e Journées Saturne, *Accelerators applied to the nuclear waste problem*, Laboratoire National Saturne, rapport LNS/Ph/94-12, CEA- Saclay (France), 5-6 mai 1994, p. 91.

– Rubbia C. *et al.*, *Conceptual design of a fast neutrons operated high power energy amplifier*, rapport CERN/AT/95-44 (ET), 1995.

– Birraux C., Le projet de réacteur hybride du Pr. Carlo Rubbia, *Contrôle de la sûreté et de la sécurité des installations nucléaires*, rapport de l'Office Parlementaire d'Évaluation des Choix Scientifiques et Technologiques n° 3491, chapitre 3, 1996.

Le numéro 7 de décembre 1996 de *L'Actualité Chimique* « **Chimie de coordination aux frontières de la réactivité, des matériaux et de la biologie** » peut faire l'objet d'une commande au numéro.

Prix : membres de la SFC (n° de sociétaire :) 50 F
 non-membres de la SFC 100 F

NOM : Prénom :

Adresse d'expédition :

Code postal : Ville :

Nombre d'exemplaires souhaités :

Ci - joint :

- bon de commande
- chèque postal
- chèque bancaire

Ce bulletin est à adresser, accompagné du règlement ou d'un bon de commande, à la Société Française de Chimie, 250, rue Saint-Jacques, 75005 Paris.

L'industrie chimique française renoue avec la croissance

Bertrand Louvet, président de l'Union des Industries Chimiques*, présente l'activité de l'industrie chimique française en 1997 et les perspectives pour 1998 (conférence de presse du 19 mars 1998).

Une économie mondiale dynamique en 1997

La croissance d'environ 4 % en volume du PIB mondial (figure 1) est largement due au dynamisme de l'économie **américaine** ; la vigueur de la demande intérieure aux États-Unis, conjuguée au raffermissement du dollar, a provoqué une vive reprise des importations qui a constitué un moteur pour tout le commerce mondial.

Malgré les crises monétaires et financières de la deuxième partie de l'année en **Asie**, la croissance est demeurée forte (+ 6,7 %) dans la zone, quoique largement inférieure à la moyenne des dix dernières années et en diminution très rapide au cours de l'année.

Dans cette zone, la Chine aura été épargnée puisque sa croissance en 1997 s'est élevée à + 9 %.

L'économie **japonaise**, victime de la fragilité de son secteur financier et des crises des économies voisines est actuellement revenue au bord de la récession.

Les économies des pays d'**Amérique latine** ont bien progressé en 1997, tirées par le voisin nord-américain et par une demande intérieure en fort raffermissement.

Les économies des pays d'**Europe centrale et orientale**, dites « en transition » ont connu une croissance encourageante, quoique restent des disparités entre un front avancé (Pologne, Républiques Baltes, République Tchèque, Hongrie, Slovaquie) et d'autres pays plus en retard (Bulgarie, Roumanie). Les

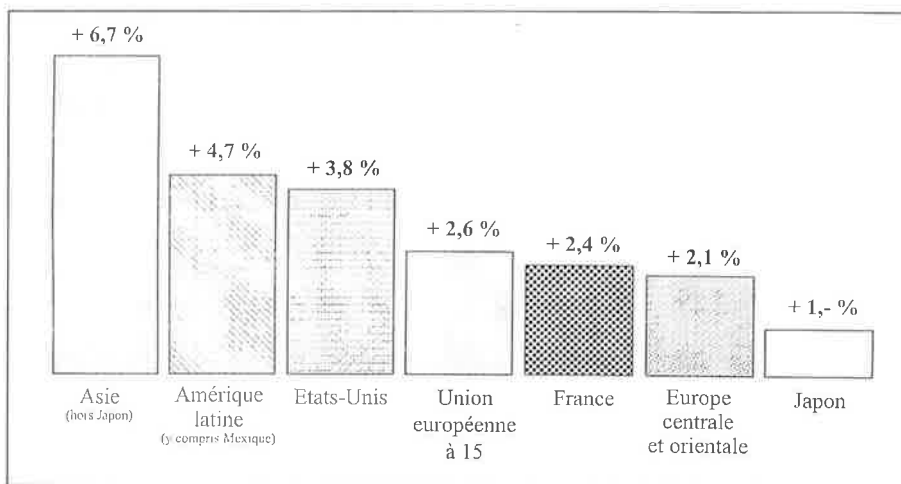


Figure 1 - Croissance économique des grandes régions du monde. Évolution du PIB 1997/1996.

effets des politiques macro-économiques engagées depuis plusieurs années (libéralisation du commerce, stabilisation monétaire, privatisations, etc.) se font désormais sentir et cette zone apparaît désormais comme riche d'opportunités d'investissements et de marchés.

L'année 1997 est une année de rebondissement pour l'**Europe occidentale** ; le PIB a progressé de 2,6 % dans l'Europe des quinze et la production industrielle de 5,3 %.

Des différences notables subsistent néanmoins entre les économies britannique, espagnole et hollandaise, pour lesquelles la croissance a dépassé 3 %, et les autres pays qui ont connu des progressions du PIB plus proches des 2 %.

En Allemagne, Italie et France, la demande intérieure est restée peu vigoureuse (croissance en volume de 0,9 % en 1997) et l'investissement productif a tardé à redémarrer.

En **France**, l'activité très soutenue par la demande extérieure a permis une croissance du PIB de 2,4 %. Dès la fin du 3^e trimestre, on peut de plus constater des premiers signes de reprise de la

demande intérieure et l'évolution d'indicateurs confirmant les perspectives de croissance de l'investissement industriel.

Dans cet environnement porteur, la production de l'industrie chimique française a crû de 5,5 % en volume

La croissance de la production a été régulière tout au cours de l'année, tout particulièrement sur le second semestre ; en effet, au cours des troisième et quatrième trimestres, la production de la

Tous les chiffres intègrent les corrections statistiques introduites depuis le 1^{er} janvier 1997, c'est-à-dire l'intégration des quatre départements d'outre-mer (Guyane, Guadeloupe, Martinique, Réunion) au territoire français.

En 1996, les échanges de produits chimiques avec les DOM représentaient :

- pour les exportations : 3 164 millions de francs ;
- pour les importations : 7 millions de francs.

* Union des Industries Chimiques, Le Diamant A, Cedex 99, 92909 Paris La Défense Cedex. Tél. : 01.46.53.11.00. Fax : 01.46.53.11.05.

chimie française s'est inscrite en hausse de 4,1 % et 2 % respectivement par rapport aux trimestres précédents.

La hausse globale de la production ressort ainsi à 5,5 % et à 6,1 % si l'on ne tient pas compte de l'industrie pharmaceutique, dont la croissance a été de 3,7 %.

Cette hausse est sensiblement proche de celle de la production européenne qui enregistre, en 1997, une croissance de 4,8 %. Ainsi, sur trois ans (figure 2), la production française a connu une progression du même ordre de grandeur que celle de la production européenne (environ 10 %).

Cette évolution très favorable a été largement induite par les exportations qui ont progressé en valeur de + 13,6 % par rapport à 1996, atteignant le montant de 239,4 milliards de francs.

Les ventes de produits destinés au marché intérieur français ont connu une évolution contrastée selon les secteurs clients concernés :

– La consommation des ménages, qui absorbe environ 40 % des ventes destinées au marché intérieur, a connu une croissance très modeste de 0,8 %. Elle n'a donc que très faiblement contribué à l'évolution de la production de la chimie.

– L'agriculture et les industries agro-alimentaires représentent près de 13 % des débouchés de l'industrie chimique ; d'une part, l'agriculture a diminué ses consommations d'engrais et stabilisé sa consommation de produits phytosanitaires, d'autre part la croissance des industries agro-alimentaires a été de 2,3 % en 1997 ; cet ensemble a donc aussi faiblement contribué à la bonne performance générale.

En revanche, le secteur de la transformation des matières plastiques et des caoutchoucs, secteur relais entre l'industrie chimique et de nombreux autres secteurs, qui constitue 13 % des débouchés, a connu une très forte progression en 1997 (+ 7,7 %) et a donc été un des moteurs du dynamisme de l'industrie chimique.

– L'ensemble des autres secteurs clients (automobile, métallurgie, électronique, services, etc.) ayant progressé de + 5 % en 1997, a également tiré vers le haut la production destinée au marché intérieur.

– Le marché intérieur des produits chimiques français est estimé à 400 milliards de francs en 1997 ; la conjonction de sa croissance (surtout induite par ses composantes industrielles) et de la reconstitution des stocks aura contribué, pour moitié environ, à la progression générale de l'industrie chimique.

Le taux de croissance de la production de l'industrie chimique en France (+ 5,5 %) est une fois encore supérieur à celui de l'industrie manufacturière (+ 5 % en moyenne annuelle) (figure 3). Ceci confirme le caractère moteur de l'industrie chimique, ainsi que son rôle dans l'amélioration du niveau de vie et de la qualité de l'environnement pour notre société.

En effet, de nombreux produits récents ou nouveaux sur le marché ont connu des taux de croissance spectaculaires particulièrement dans les chimies de spécialités ; ils se substituent à des productions plus traditionnelles et constituent ainsi des facteurs de croissance endogènes.

Depuis 1990, la production de l'industrie chimique en France s'est accrue en volume de 26,6 % alors que l'industrie manufacturière n'a retrouvé qu'en 1997 le niveau atteint en 1990.

Des disparités de croissance selon les secteurs

Les résultats d'ensemble de la croissance de la production ne sauraient dissimuler les divergences assez fortes entre les différents secteurs (tableau D).

En ce qui concerne la **chimie minérale** :

– L'activité des engrais a connu un recul de plus de 4 % par rapport à 1996 ; la réduction a été plus forte pour

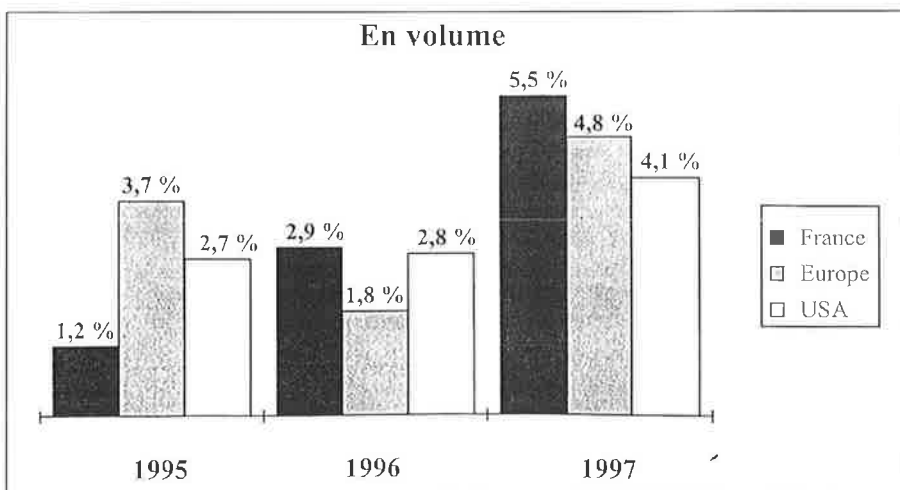


Figure 2 - Évolution de la production de l'industrie chimique en France, en Europe et aux États-Unis en 1995, 1996 et 1997.

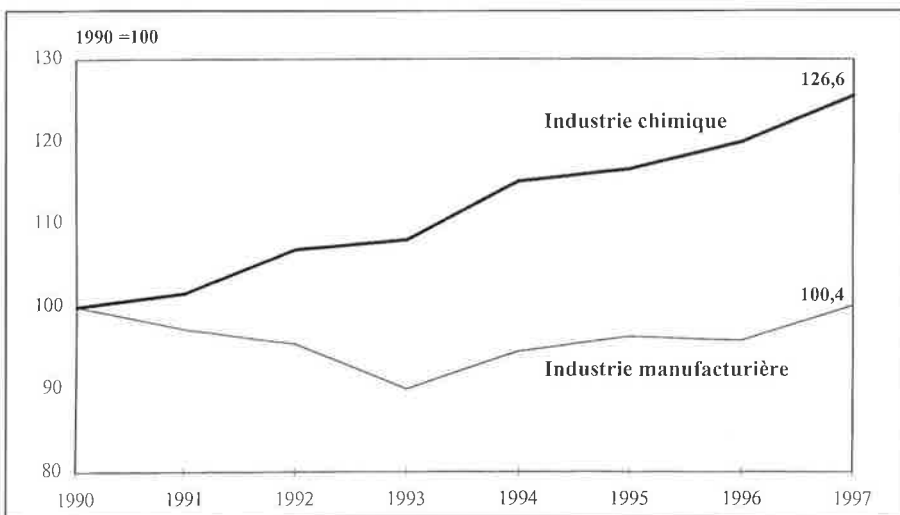


Figure 3 - Industrie chimique et industrie manufacturière en France. Évolution de la production en volume.

Tableau I - Évolution de la production de l'industrie chimique française par secteurs (en volume).

(en %)

	1993/92	1994/93	1995/94	1996/95	1997/96
Chimie générale	- 6,8	+ 8,8	- 0,2	- 3,4	+ 3,8
Chimie organique	+ 0,5	+ 6,8	- 1,8	+ 4,1	+ 5,7
Parachimie	+ 5,7	+ 7,9	+ 0,6	+ 6,5	+ 5,-
Parfums, savons, détergents, produits d'entretien	- 1,5	+ 9,3	+ 1,9	+ 2,6	+ 7,8
➔ Chimie hors pharmacie	+ 0,1	+ 8,-	+ 0,-	+ 3,1	+ 6,1
Pharmacie	+ 4,8	+ 1,8	+ 5,6	+ 1,9	+ 3,7
➔ Ensemble de la chimie	+ 1,1	+ 6,7	+ 1,2	+ 2,9	+ 5,5

les engrais simples que pour les engrais composés ; ce recul est dû à la réduction de la demande (conjoncturelle) et à la pression forte des importations de produits en provenance d'Europe de l'Est.

– Les autres produits ont connu un rebondissement très sensible, après une année 1996 en demi-teinte ; c'est le cas, en particulier, des gaz industriels (+ 7,5 %), des colorants et pigments minéraux (+ 14 %), etc.

Dans le domaine de la **chimie organique** :

La croissance a été particulièrement soutenue pour les produits pétrochimiques de base (éthylène, propylène, benzène, butadiène), contribuant ainsi à une utilisation optimale des capacités de production (96 % pour les vapocraqueurs), et à un accroissement de la part française dans la production européenne.

Sur ces quatre produits, la croissance est ainsi de 8,8 %. En prenant en compte le rythme de croissance moins élevé des autres produits organiques, l'indice composite affiche néanmoins une progression de 5,7 % par rapport à 1996.

Dans la **parachimie** :

– L'activité des phytosanitaires a progressé de 8,7 %. La consommation du marché intérieur étant restée stable à près de 12 milliards de francs, c'est donc entièrement des exportations qu'est provenue la croissance.

– Les peintures ont connu une croissance modérée, le secteur automobile compensant largement le recul constaté dans le bâtiment.

– Les colles et adhésifs ont assez nettement progressé, surtout pour les applications industrielles.

Le rythme de croissance de l'**industrie des parfums, savons, cosmétiques et produits d'entretien** a été

particulièrement soutenu (+ 7,8 %) grâce notamment aux exportations vers des « nouvelles zones » (Europe de l'Est).

La progression de la production de l'industrie pharmaceutique reste assez sensible (+ 3,7 %) et est liée à la fois à une bonne tenue du marché intérieur, qui nécessite un lancement régulier de nouveaux produits, et à un niveau toujours soutenu d'exportations, dans un contexte de concurrence très âpre.

L'excédent des échanges extérieurs de produits chimiques de la France atteint 56,9 GF en 1997

L'industrie chimique constitue ainsi le **deuxième secteur industriel contribuant à l'excédent de la balance commerciale française** (figure 4), qui a été en 1997 de 173,5 milliards de francs.

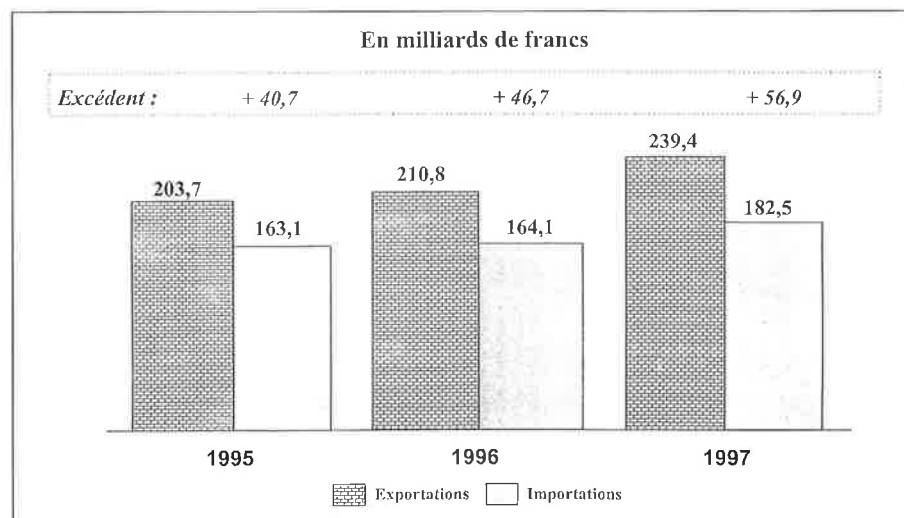


Figure 4 - Commerce extérieur de l'industrie chimique française en 1995, 1996 et 1997.

Le contexte dans lequel évoluent les échanges de produits chimiques a été caractérisé par :

- Une progression soutenue de la demande mondiale. En moyenne annuelle, le commerce mondial de produits manufacturés a progressé de plus de 9 % en 1997 (6,5 % en 1996).

- Une forte appréciation du dollar qui a ainsi permis de dégager d'importants gains de compétitivité monétaire (évolution dollar/franc en moyenne annuelle : + 14,1 %) pour toutes les industries européennes, à l'exception de l'industrie britannique puisque la livre s'est aussi appréciée vis-à-vis des monnaies européennes.

Le bilan de l'année fait apparaître quelques faits particulièrement marquants :

- La France consolide sa position de **troisième exportateur** de produits chimiques dans le monde (figure 5) et améliore sa part de marché dans les exportations mondiales ; celle-ci s'est élevée à 8,3 % en 1995, 8,8 % en 1996 et 9 % en 1997 ; notre pays est situé loin derrière l'Allemagne et les États-Unis (15 % et 14,5 % des exportations mondiales), mais devance le Royaume-Uni et le Japon.

- Les exportations ont bénéficié de la forte demande européenne : l'amélioration du solde est **due principalement aux échanges européens**, qui dégagent un excédent de 19 milliards de francs en 1997, contre 13 milliards en 1996.

Cette amélioration notable par rapport à pratiquement tous les pays de l'Union européenne s'explique par la bonne tenue de l'industrie de nos

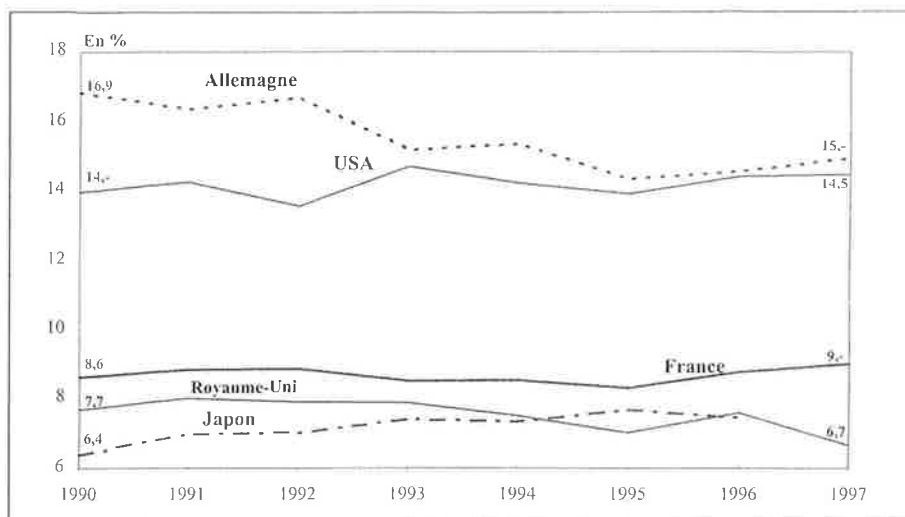


Figure 5 - Part des principaux pays exportateurs dans les exportations mondiales de produits chimiques.

voisins qui ont eux aussi bénéficié de l'effet dollar et de la forte progression du commerce mondial.

Les importations ont fortement progressé, mais moins que les exportations, dégageant une contribution des échanges extérieurs à la croissance nettement positive.

On doit, cependant, noter une inflexion assez sensible du profil du solde du commerce extérieur au cours du 4^e trimestre ; alors que le solde bénéficiaire était de 5 milliards de francs environ par mois depuis le début de l'année, il s'est réduit à 3,5 milliards sur les deux derniers mois de 1997 ; cette évolution, largement due à une accélération des importations, s'explique par les impacts défavorables des crises asiatiques et le rebondissement de la demande intérieure.

Exportations par secteurs

Les courants à l'exportation se sont développés dans tous les secteurs de l'industrie ; les soldes ont progressé

par rapport à 1996. A l'exception des productions de la chimie minérale, ils sont tous largement excédentaires (tableau II).

• Chimie minérale :

Les importations d'engrais sont restées très importantes (4,9 milliards de francs), en particulier en provenance des pays de l'Est. Conjuguées à un taux de couverture de 0,89 pour les autres productions minérales, elles induisent un solde déficitaire pour l'ensemble du secteur de 5,3 milliards de francs.

• Produits organiques :

Forte progression des exportations pour les matières plastiques (+ 13,8 % en valeur et 8,4 % en tonnages) ; les échanges avec l'Union européenne représentent 76 % des exportations et 87 % des importations.

Les autres produits organiques ont aussi connu une forte progression des exportations et importations, et le solde 1997 s'est sensiblement amélioré ; de la sorte, l'excédent pour la chimie organique s'élève à 13,8 milliards de francs.

Parachimie :

Le solde des peintures est légèrement négatif ; les phytosanitaires enregistrent un excédent record (2,5 milliards de francs) traduisant la compétitivité de l'industrie française et la qualité de ses productions.

• Parfumerie-cosmétiques :

Le solde record de 27,5 milliards de francs démontre que l'incidence des crises asiatiques est restée limitée pour ce secteur en 1997 ; l'Union européenne représente d'ailleurs plus de 50 % des exportations ; les progressions ont été vives sur l'Espagne, le Portugal et la Grande-Bretagne.

• Produits pharmaceutiques :

Accroissement de 24 % du solde commercial (15 milliards de francs) ; les exportations se sont largement développées sur l'Union européenne et sur les pays de la zone Amérique.

Échanges par zones géographiques

(figure 6)

Les 15 pays de l'Union européenne représentent 61 % des exportations et 70 % des importations.

Avec l'Union européenne, l'excédent atteint 19 milliards de francs, en net accroissement (+ 6 milliards sur 1996). L'Italie et l'Espagne contribuent notamment à cette hausse : avec, respectivement, des excédents de 10 et 9 milliards de francs.

Le déficit avec l'Allemagne se réduit fortement, passant de - 2,6 milliards de francs en 1996 à - 1,4 milliard en 1997.

Les ventes françaises de produits chimiques au Royaume-Uni se sont accrues de 14,6 %, l'excédent passant à 1,8 milliard de francs (1,2 milliard en 1996).

Les ventes ont progressé de 16,5 % sur la Suisse. Avec la **Turquie**, qui est notre 15^e client, nos exportations ont atteint 2,6 milliards de francs, en progression de 34 %.

Accélération de la demande des pays nord-américains - États-Unis et Canada

Nos échanges avec les États-Unis ont connu un fort développement tant des exportations (+ 33,6 %) que des importations (+ 28,7 %). Le déficit de la balance commerciale s'est accru cette année de 745 millions de francs.

Tableau II - Commerce extérieur de produits chimiques de la France par secteurs en 1997.

(en millions de francs)

	Exportations		Importations		Soldes	
	1996	1997	1996	1997	1996	1997
Chimie minérale	11 780	12 173	17 513	17 454	- 5,733	- 5,281
Chimie organique	105 855	120 832	94 455	107 022	11 400	13 810
Parachimie <i>y.c. savons, détergents, prod. d'entretien</i>	28 744	31 972	25 041	26 221	3 703	5 751
Parfumerie, cosmétique	30 424	33 605	5 333	6 113	25 091	27 492
Pharmacie	33 976	40 843	21 786	25 753	12 190	15 090
↳ Ensemble de la chimie	210 779	239 425	164 128	182 563	46 651	56 862

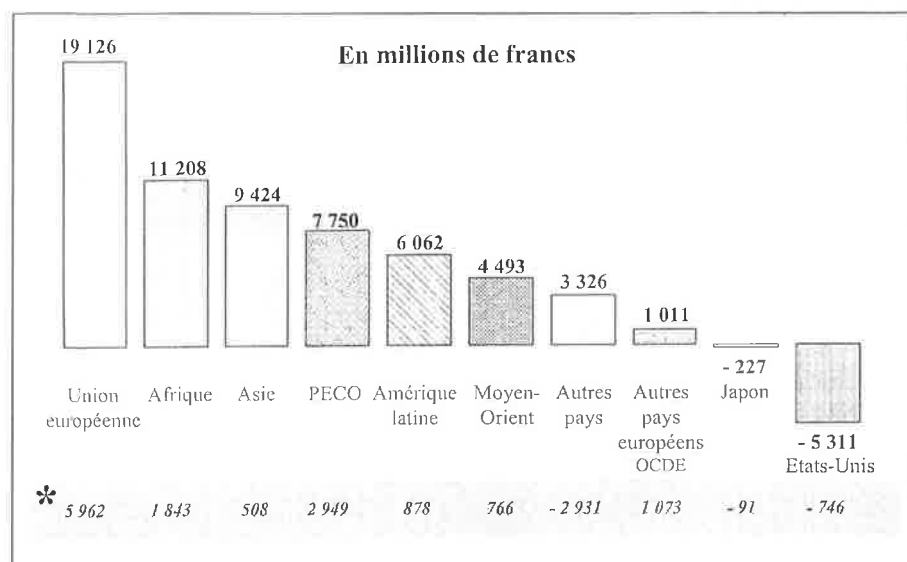


Figure 6 - Solde commercial de produits chimiques par grandes zones géographiques en 1997.

En Amérique latine, la croissance s'est accélérée mais, à l'automne, les monnaies du Brésil, de l'Argentine, du Mexique ont subi des attaques liées à la crise asiatique.

Les exportations de produits chimiques ont fortement progressé sur les trois principaux marchés qui sont le Brésil, l'Argentine, le Mexique de 19,4 %, 23,- %, 18,1 %.

En Europe centrale et orientale (y compris CEI), l'année 1997 constitue une période charnière marquée par le débat sur l'élargissement de l'Union européenne.

Les exportations vers cette zone ont atteint 10,5 milliards et les importations ont été de 2,7 milliards de francs.

Les ventes ont été très soutenues vers la CEI (+ 51,8 %, avec des importations en chute de 14,7 %) ; l'excédent commercial a doublé en 1997, pour atteindre 3 milliards de francs.

Forte progression des achats de la Pologne (+ 36,3 %) et de la Hongrie (+ 40,9 %).

Pour le Japon, l'économie s'est sensiblement ralentie en 1997 (+ 1 % environ), la crise de ses principaux partenaires venant aggraver la situation.

Les exportations françaises de produits chimiques ont progressé de 5,3 % ; progression plus soutenue pour nos importations (+ 7,- % en 1996) qui ont bénéficié de la dépréciation du yen contre les monnaies européennes.

Pays d'Asie : au cœur de la crise monétaire et financière. La déprécia-

tion des monnaies des pays d'Asie en crise vis-à-vis du dollar a atteint de 8 à 58 % selon les pays entre juillet et novembre 1997.

Nos ventes sur la zone (tableau III), qui se sont élevées à 14,5 milliards de francs, représentent 6 % du total. Les importations, avec 5,1 milliards représentent 2,8 % du total.

Tableau III - Exportations de produits chimiques en 1997 vers la Chine et 7 pays d'Asie.

(en millions de dollars)

Chine	226
Corée du Sud	421
Singapour	345
Hong Kong	326
Indonésie	136
Thaïlande	130
Malaisie	107
Philippines	74

Les effets commerciaux tiennent, d'une part, aux pertes de débouchés dans la zone en crise, d'autre part, aux gains de compétitivité de ces pays.

- Les débouchés sur la zone :

Nos exportations s'accroissent de 13,5 % avec de fortes progressions sur

Tableau IV - Prix du pétrole.

(en dollars par baril)

	1996 année	1997				1998	
		T1	T2	T3	T4	Jan.	Fév.
Panier OPEP	20,20	21,10	17,80	18,00	18,90	14,76	13,95
Brent	20,53	21,22	19,11	18,51	18,77	15,23	14,00
WTI	22,17	22,90	19,93	19,78	19,98	16,75	15,50

la Corée du Sud (+ 20,5 %) et la Chine (+ 27,6 %).

Nos exportations sur ces sept pays ont évolué de façon fortement contrastée entre le premier et le deuxième semestre 1997 : respectivement + 19 % et + 5 %. Pour ces pays, qui représentent 62 % de nos ventes dans la zone, la croissance devrait très nettement ralentir, et leurs importations seraient alors affectées à la baisse.

- La compétitivité de ces pays :

Les importations françaises de produits chimiques en provenance d'Asie ont nettement progressé : + 31,6 % en valeur. Les dépréciations massives des monnaies de ces pays devraient se traduire par une diminution du prix de nos importations exprimé en dollars.

Afrique :

On note une forte progression des exportations sur les pays du Maghreb (+ 31%), notamment de l'Algérie (+ 48,5 %).

Les exportations qui atteignent 1,2 milliard de francs ont continué de progresser sur l'Afrique du Sud (+ 13,8 %).

Les prix : stabilité globale, disparités sectorielles

Les prix de vente industriels de la chimie, après s'être stabilisés au premier semestre 1997, ont amorcé une légère remontée à partir de l'été. Toutefois, les disparités entre les évolutions de prix traduisent le degré de sensibilité des produits à la mondialisation et aux innovations technologiques.

En ce qui concerne le **prix du pétrole**, les prix sont redescendus à 19 dollars le baril OPEP en moyenne en 1997 ; cette baisse s'accroît au 1^{er} trimestre 1998 du fait de la surproduction de l'OPEP et du recul de la demande de produits pétroliers de la part de la zone Asie-Pacifique (Japon inclus).

Les prix des principaux secteurs de la **chimie minérale** ont assez nettement baissé en 1997.

– En ce qui concerne les engrais, la baisse d'environ 5 % est attribuable à 2 facteurs :

. un retournement des prix de l'ammoniac et de l'urée sur le marché mondial dû à l'absence d'achats de la part de la Chine,

. les bas prix pratiqués par les pays de l'Est.

– Les autres produits ont aussi vu leurs prix diminuer, pour des raisons similaires de cyclicité et de banalisation de certaines productions.

En conséquence, la baisse de l'indice composite des prix de cette famille a atteint 4,5 % en 1997.

Les prix des produits de **chimie organique** dans leur ensemble ont connu une forte hausse en 1997 (+ 7,7 %), avec des évolutions contrastées selon les familles de produits : + 10,5 % pour les produits chimiques organiques de base et + 4,4 % pour les matières plastiques, qui restent encore en 1997 à près de 10 points sous le niveau atteint en 1995.

Dans la **parachimie**, l'indice des prix globaux est stable, cachant pourtant des disparités sensibles : baisse des prix dans les peintures (surtout en début d'année 1997) pour lesquelles il n'a pas été possible de répercuter les hausses des matières premières, et hausse modérée pour les phytosanitaires.

Les perspectives pour 1998 sont plus maussades dans la mesure où des répercussions significatives des crises asiatiques sont attendues à ce niveau là ; sans parler de « déflation », il est en effet évident que les prix des commodités sont tirés vers le bas et que la pression concurrentielle empêche toute augmentation significative.

La structure des coûts dans l'industrie chimique

La *figure 7* représente les structures des coûts d'exploitation des cinq grands secteurs de l'industrie chimique. Dans l'environnement de concurrence exacerbée et de tension sur les prix industriels, la compétitivité des entreprises passe par une maîtrise rigoureuse de leurs coûts.

La part des achats de matières premières et/ou de services varie de 70,6 % pour la parachimie à 77,3 % pour les parfums et savons.

Ceci traduit :

– Le fait que l'industrie chimique est, dans une large mesure, sa propre cliente, puisque les matières premières achetées sont majoritairement des produits chimiques.

– L'importance prise par le recentrage sur les activités-clés, nécessitant des compétences de plus en plus « pointues » et par les phénomènes d'externalisation des services (logistique, informatique, administration, maintenance).

De plus, les achats d'énergie constituent un élément important de cet ensemble et justifient l'attention soutenue que porte l'industrie aux évolutions des marchés de l'électricité et du gaz.

L'ensemble salaires et charges sociales représente entre 15,4 % et 24 % de l'ensemble des coûts d'exploitation selon les familles de produits.

En pourcentage de la valeur ajoutée, les salaires et charges sociales représentent donc :

Chimie minérale	56,- %
Chimie organique	43,4 %
Parachimie	62,8 %
Savons, parfums, produits d'entretien	57,7 %
Pharmacie	51,7 %

Toute dérive significative dans l'un des facteurs de coûts, identifiés ci-dessus, induit une diminution de la capacité d'autofinancement et, par

voie de conséquence, une diminution des capacités d'investissement et de R & D.

Poursuite d'une reprise modérée des investissements

Le niveau important des investissements réalisés par l'industrie chimique, dans son ensemble en 1997 (*figure 8*), la positionne au deuxième rang des secteurs industriels en France, derrière l'automobile.

Le chiffre de 22 milliards de francs représente les investissements industriels matériels. Il reste cependant en retrait par rapport aux montants investis en 1989-1991, période au cours de laquelle l'outil de production s'est considérablement modernisé.

Après le creux de la récession (92-93), les entreprises cherchent, à la fois, à faire progresser leurs capacités de production et à introduire de nouveaux produits. Les équipements opérationnels sont utilisés plus intensivement et une part toujours croissante est faite à l'immatériel et aux technologies de l'information et de la communication.

Les comptabilités macro-économiques rendent difficilement compte des investissements immatériels et on ne peut que se livrer à des estimations sur leur montant et leur évolution.

D'après une enquête effectuée en novembre 1997 par l'UIC, sur un échantillon représentatif de 40 entre-

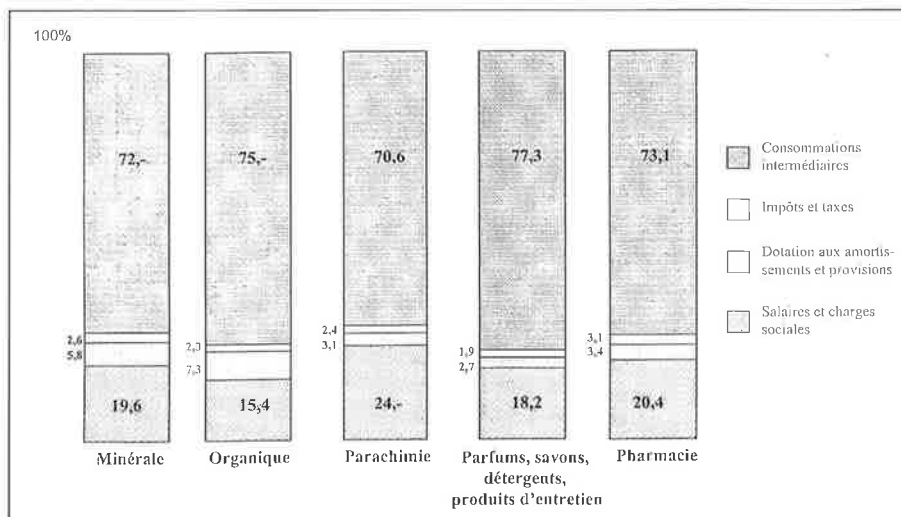


Figure 7 - Structure des coûts d'exploitation dans l'industrie chimique française (en 1995).

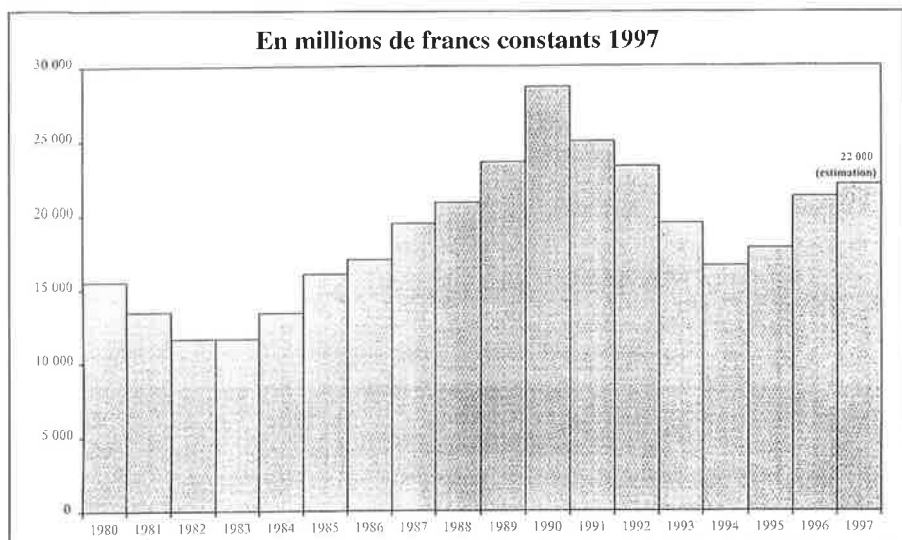


Figure 8 - Investissements matériels de l'industrie chimique en France.

prises, couvrant 39 % des investissements réalisés dans l'industrie, la destination des investissements réalisés en 1997 est globalement la suivante :

- Renouvellement, modernisation : 35 %
- Extension de capacité : 44 %
- Autres : sécurité, environnement : 21 %

Les proportions devraient rester sensiblement identiques en 1998, dans une perspective de poursuite de l'augmentation des dépenses d'investissement, résultant de la saturation d'un certain nombre de capacités de production.

Effectifs - Formation - Insertion des jeunes

En 1997, les effectifs des industries chimiques (tableau V) ont poursuivi le mouvement de baisse constaté depuis une quinzaine d'années au rythme de l'ordre de 1,5 %/an ; cette évolution est similaire à celle des grandes industries comparables.

Toutefois, le niveau d'embauche se situe actuellement aux environs de 5,5 % de l'effectif global, soit environ 12 000 personnes/an, chiffre qui a doublé depuis 1993. Cette hausse est due, en particulier, à l'utilisation importante dans notre industrie de la PRP (pré-retraite progressive) et à l'ARPE (retraite avant 60 ans avec 40 annuités de cotisations).

Concernant l'insertion des jeunes, l'industrie chimique a poursuivi et développé l'action menée depuis quelques années.

La formation en alternance

En 1997, 2 700 jeunes étaient en formation dans nos industries, ce qui représente 1,3 % de nos effectifs. L'apprentissage (1 100 jeunes) a été multiplié par 10 sur les 5 dernières années. Les contrats de qualification et d'adaptation (1 600 jeunes) ont également progressé depuis 5 ans.

En 1993, le pourcentage de jeunes ainsi formés était de 0,50 % pour atteindre 1,30 % en 1997.

Le niveau de formation en alternance illustre l'évolution de la technicité de notre profession puisque plus de 75 % de ces formations ont

un niveau supérieur ou équivalent au bac (et près de 40 % supérieur à bac + 2).

- niveau CAP/BEP : 25 %
- niveau bac - bac pro : 34 %
- niveau BTS - DUT : 31 %
- niveau ingénieurs - cadres : 10 %

Les stages écoles

Depuis plusieurs années, l'industrie chimique accueille chaque année 7 % de ses effectifs, soit environ 15 000 stagiaires en convention école.

Par cette action, la chimie participe activement à la formation initiale des jeunes à tous niveaux (41 % ingénieurs, 27 % BTS DUT, 19 % bac et bac pro et 13 % CAP/BEP).

Embauche des jeunes

Sur les 12 000 personnes embauchées en CDI dans la chimie (5 500 ouvriers employés, 4 000 agents de maîtrise techniciens et 2 500 ingénieurs cadres), environ 60 % sont des jeunes de moins de 30 ans (dont environ 50 % de moins de 26 ans).

L'embauche des jeunes (et de tous les collaborateurs) s'effectue à des niveaux de qualification de plus en plus élevés depuis plus de 10 ans.

En effet, la proportion d'ouvriers employés dans l'effectif total de l'industrie chimique est passé de 64 % en 1985 à 48 % en 1997, alors que, parallèlement, la proportion de techniciens-agents de maîtrise est passée de 25 % à 35 % et celle des ingénieurs et cadres, de 11 % à 17 %.

Tableau V - Effectifs de l'industrie chimique française.

Effectifs industries chimiques :	230 000	(champ d'application convention collective)		
dont :	- Chimie :	165 000		
	- Parachimie :	65 000		
	dont :	- Parfumerie :	30 000	
		- Peintures et colles :	20 000	
		- Corps gras :	15 000	
Structure et qualification des effectifs de la chimie				
		1985	1989	1997
Ouvriers et employés		64 %	56 %	48 %
Agents de maîtrise / techniciens		25 %	30 %	34 %
Ingénieurs et cadres		11 %	14 %	18 %

Innovation/Recherche

L'ensemble chimie/pharmacie est le **premier secteur industriel** en France, en termes de dépenses absolues de R & D.

Les trois indicateurs retenus pour caractériser l'effort de R & D dans l'industrie chimique (tableau VI) indiquent une divergence notable, entre 1993 et 1995, entre la chimie, dont les dépenses rapportées au CA et les effectifs de R & D ont légèrement régressé, et la pharmacie dont les mêmes dépenses et effectifs ont fortement augmenté.

Les brevets

Sur les deux années 1996 et 1997, 2 728 brevets ont été déposés à l'INPI pour le seul secteur de la chimie (sur un total de 22 832).

6 sociétés ont déposé un nombre de brevets correspondant à environ 50 % de ce total ; en ce qui les concerne, le chiffre a augmenté de 40 % depuis 1992.

– Nombre de demandes de brevets déposés à l'INPI par les 6 principaux déposants du secteur chimie :

1992	524
1997	754

De son côté, l'UIC participe activement aux efforts des parties concernées (INPI, ministères, ARIST...) pour améliorer le processus de dépôts des brevets, tant en France qu'au niveau communautaire ; rappelons à cet égard que l'OEB (Office Européen des Brevets) a estimé à 60 000 DM le coût moyen d'un brevet européen en 1997 (dont 38 % pour la traduction).

Concertation entre l'industrie chimique et la recherche publique

La mise en place, par l'UIC, de groupes de travail mixtes « industrie-recherche publique » permet de catalyser tous les efforts entrepris et favorise l'émergence de projets industriels. Organisés par grands domaines (formulation, biotechnologies...), ces groupes de concertation sont constitués de membres des secteurs publics et industriels. Ils ont pour objet d'identifier des thèmes d'intérêt intersectoriel et de rassembler autour des besoins ainsi définis les idées et propositions de collaboration entre industriels et laboratoires.

Tableau VI - Les activités de recherche et de développement dans l'industrie chimique française.

(en millions de francs)

	1993	1994	1995	Variation 1995-1993
Dépenses totales de R&D	24 522	26 558	27 566	+ 12 %
dont : Chimie	8 488	8 430	8 644	+ 2 %
Pharmacie	16 034	18 128	18 922	+ 18 %
Ratio - Dépenses totales de R&D sur chiffres d'affaires	7,69	7,95	7,80	+ 1 %
dont : Chimie	4,31	4,10	3,99	- 7 %
Pharmacie	13,15	14,11	13,86	+ 5 %
Effectif total du personnel en R&D	27 995	28 378	28 986	+ 4 %
dont : Chimie	11 446	11 065	11 238	- 2 %
Pharmacie	16 549	17 313	17 748	+ 7 %

D'ores et déjà, plusieurs projets, intéressant non seulement le secteur de la chimie, mais aussi d'autres secteurs industriels (bâtiment, alimentation), vont voir le jour.

L'UIC organise des journées d'information sur l'avancement de ces travaux et on peut espérer que cette méthodologie sera appliquée par ailleurs.

1998 : une année de consolidation

L'amélioration économique constatée en 1997 devrait permettre une bonne consolidation pour l'année en cours ; en effet, les facteurs internes de croissance pour l'Union européenne (stabilité monétaire, maintien des taux d'intérêt à un niveau bas, dynamisme retrouvé de la demande intérieure) devraient assez largement compenser les facteurs externes.

L'économie française devrait donc connaître une croissance voisine de 2,8 %, estimation également retenue pour l'Union européenne.

Dans ce contexte (demande intérieure prenant le relais d'une demande étrangère moins active), l'industrie chimique française devrait enregistrer une nouvelle croissance de sa production d'au moins 3 %.

Les enquêtes de l'INSEE et l'échantillon représentatif de la chimie que consulte l'UIC laissent apparaître des perspectives d'investissement physique plutôt favorables pour l'Europe et la France (+ 10 %).

En effet, l'utilisation quasi maximale des capacités de production, la néces-

sité de modernisation permanente de l'outil industriel et les bonnes perspectives économiques militent pour une franche reprise de l'investissement industriel, dans la mesure où les conditions de la confiance sont réunies.

A cet égard, les données exogènes (durée d'utilisation des équipements, durée du travail, coûts salariaux, réglementations, fiscalités) sont susceptibles de retarder les investissements en France, voire de générer des délocalisations dans d'autres pays d'Europe (Union européenne ou PECO).

Ceci est d'autant plus vrai pour l'industrie chimique française que près de la moitié des centres de décision sont situés hors de l'hexagone et que les grandes entreprises françaises du secteur développent leur internationalisation.

De plus, la poursuite du boom de l'investissement américain en 1997 est un phénomène majeur qui ne peut pas ne pas avoir de conséquences à moyen terme.

L'effort d'investissement impressionnant réalisé outre-Atlantique porte largement sur les nouvelles technologies et est donc un puissant facteur d'amélioration de la compétitivité. La rénovation de l'appareil productif américain aura des incidences à moyen terme sur les parts de marché des États-Unis vis-à-vis du Japon et de l'Europe, et notamment dans le secteur des industries chimiques.

Concernant les impacts des crises asiatiques sur l'industrie française, on peut s'attendre :

• A court terme :

– Baisse des volumes d'exportation de certains produits évolués (agrochi-

mie, pharmacie, cosmétiques), conséquence directe de la perte de pouvoir d'achat des populations de la zone asiatique.

– Baisse sur les prix des **produits de base** ; les besoins en devises des pays exportateurs vont générer des tensions déflationnistes sur les produits à fort volume (éthylène, benzène, propylène, styrène, certains polymères...).

– Impacts en revanche limités sur les prix des **chimies de spécialités**, qui demeurent largement des productions de proximité, étroitement imbriquées dans le tissu industriel spécifique à la zone.

– Reports des investissements prévus dans la zone asiatique, pouvant

conduire éventuellement à un regain d'attractivité du territoire européen.

– Des opportunités d'« investissements marchés » par les industriels qui estiment que ces crises ne demeurent que des aléas conjoncturels ne remettant pas en cause les tendances à long terme et que les injections massives de liquidité par le FMI permettent les ajustements structurels nécessaires.

• **A moyen terme :**

– Assainissement des structures financières de la zone permettant une plus grande transparence dans les échanges commerciaux et les flux d'investissement.

– Exigences de rentabilité accrues pour les investissements en Asie limitant une course excessive aux capacités (Corée).

La mise en place de l'Union économique et monétaire ne sera effective qu'à partir de 1999 ; elle est déjà largement anticipée par les entreprises de l'industrie chimique.

L'incertitude majeure réside sur les parités US dollar, euro et yen et leur évolution.

L'objectif essentiel de l'industrie chimique française reste donc la consolidation de sa position de 4^e producteur mondial et l'amélioration continue de sa compétitivité.



Fisher Scientific



Plus de 30 000 références...

Pour toute information complémentaire, veuillez composer le 01.30.13.26. + N° département.

Votre source pour les produits chimiques et réactifs de laboratoire

Un choix parmi 3 marques :



Fisher Scientific



Un large éventail de gammes de produits :

- Solvants
- Acides / Bases / Sels minéraux
- Solutions titrées et solutions tampons
- Solutions à façon
- Produits organiques
- Standards certifiés (NIST, BAS...)
- Standards organiques
- Standards inorganiques pour ICP/SAA
- Standards inorganiques à façon
- Produits chimie fine
- Bulk
- Métaux
- Polymères
- Réactifs pour l'analyse de l'eau selon Karl Fischer

Nouveau

Fisher Scientific S.A. • BP 2 • 78996 Élancourt Cedex • Tél 01.30.13.24.00 • Fax 01.30.13.24.24

Les composés méso en stéréoisométrie, un vrai problème d'enseignement

Roger Barlet* professeur

Summary : Meso-compounds in stereoisomerism, a real problem for teaching

Consideration of meso-compounds constitutes an important part of fundamental teaching about stereoisomerism at university. These compounds show both chiral and achiral conformations but are typically inactive in a polarimeter and should be seen as good examples of microscopic-macroscopic duality in stereochemistry.

Pressure and restraints of teaching (curriculum, time...) lead however a majority of teachers to be careless about this confrontation between a lonely molecule and a great collection of molecules. It is only in cyclohexanic serie that this confrontation is usually taken into account.

Some propositions are advanced in order to avoid, as much as possible, a too dogmatic teaching display and in order to prevent mistakes or misunderstanding of students.

Mots clés : Chiralité, conformations, dualité microscopique-macroscopique, populations, compensation racémique.

Key-words : Chirality, conformations, microscopic-macroscopic duality, conformers populations, racemic mixtures.

Dans la partie diastéréoisométrie de tout cours de chimie organique, figure l'exemple classique des composés comportant deux centres stéréogènes [1], contigus ou non, portant les mêmes substituants. Dans le cas où ces centres (le plus souvent des carbones) présentent les configurations respectives *R* et *S*, on obtient un composé *méso* tandis que, si la configuration est la même, on obtient le couple racémique *RR/SS* appelé, dans la chimie des sucres, couple *thréo* (figure 1).

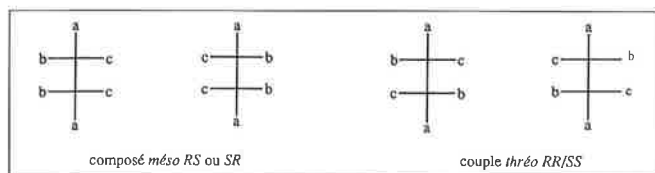


Figure 1.

L'exemple historiquement classique de l'acide *mésotartrique* (*RS*) et de l'acide (*D,L*)-*tartrique* (*RS +SS*) popularisé par Pasteur, lors de sa séparation sous binoculaire en 1848 du tartrate de potassium et d'ammonium racémique, illustre bien cette situation (figure 2).

Cet enseignement sur les composés *méso* et *thréo* nous paraît constituer un bel exemple de confrontation nécessaire entre la présentation microscopique (il serait plus exact de dire nanoscopique), au niveau de la molécule elle-même, et la présentation macroscopique, au niveau d'une collection gigantesque de molécules. C'est évidemment ce dernier

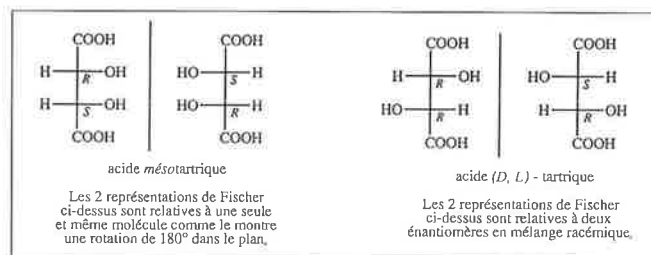


Figure 2.

niveau phénoménologique qui correspond à la réalité de notre observation expérimentale.

Cette dualité, très riche au plan didactique, est de nature à permettre à nos étudiants une bonne maîtrise des notions de configuration et conformation et une claire vision de la nécessaire entrée macroscopique de toute observation expérimentale. Pourtant, l'enseignement de la stéréochimie en reste souvent à une entrée microscopique, d'ailleurs très cohérente avec le concept de chiralité. Ce concept ne peut en effet s'appliquer au sens strict qu'à un objet ou une molécule isolée. Il ne peut se transférer à un composé, grand ensemble de molécules de conformations diverses, que sous l'aspect des conséquences expérimentales de la chiralité, en particulier l'activité optique.

Ce passage nécessaire entre l'entrée microscopique (la molécule chirale) et l'observation macroscopique, conséquence de cette chiralité, nous paraît particulièrement négligé dans l'enseignement de la stéréoisométrie tant en second qu'en premier cycle universitaire.

Nous nous proposons de montrer, à partir de l'enseignement sur les composés *méso*, l'intérêt d'une double entrée microscopique et macroscopique en stéréoisométrie. Nous avons constaté un déficit sur ce plan, à propos d'un autre tra-

* Laboratoire interdisciplinaire de didactique des sciences expérimentales, Université Joseph Fourier, Grenoble I.
Tél. : 04.76.51.48.35. Fax : 04.76.51.43.82.
E-mail : Roger.Barlet@ujf-grenoble.fr

vail sur la chimie structurale à l'université, dans la majorité des ouvrages d'enseignement [2].

La présentation microscopique

C'est la présentation habituelle qu'est amené à faire tout enseignant en stéréoisométrie. Si nous prenons le cas simple du 2,3-dibromobutane $\text{CH}_3\text{-CHBr-CHBr-CH}_3$ et si nous représentons les molécules correspondantes en projection de Newman, selon l'axe des 2 centres stéréogènes, nous sommes amenés à observer que seules certaines conformations, très particulières, du composé méso *RS* sont achirales tandis que toutes les conformations du composé thréo *RR* ou *SS* sont chirales (figures 3 et 4).

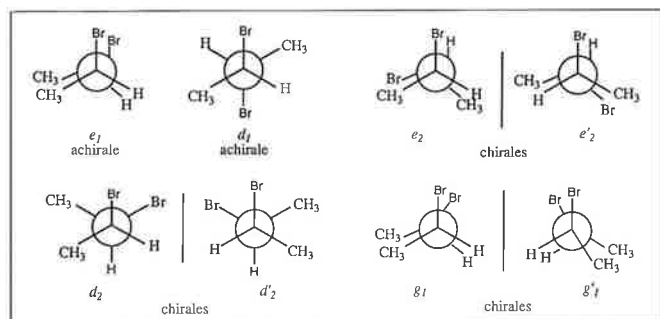


Figure 3.

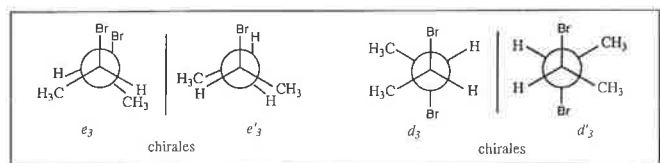


Figure 4.

Le composé méso

La figure 3 montre que, parmi toutes les conformations, seules la conformation éclipsée e_1 et la conformation décalée antiparallèle d_1 , possédant respectivement un plan et un centre de symétrie sont chirales. A noter d'ailleurs que la conformation éclipsée e_1 est très défavorisée énergétiquement (interaction stérique maximale entre les deux atomes de brome et les deux groupes méthyle). Toute autre conformation éclipsée (telle que e_2) décalée (telle que d_2) ou gauche telle que g_1 , est chirale puisqu'elle n'est pas superposable à son image (respectivement e'_2 , d'_2 et g'_1) obtenue par symétrie de réflexion.

On voit clairement ainsi qu'il y a beaucoup plus de conformations chirales que de conformations achirales pour tout composé méso et qu'on ne peut pas dire que le composé soit symétrique ce qui est affirmé trop souvent. Et pourtant, on sait bien que le composé méso est inactif. Il y a donc une explication statistique, macroscopique sur laquelle est souvent faite l'impasse et que nous verrons plus loin.

Les composés thréo

La figure 4 montre, au contraire, que toutes les conformations de chacun des deux énantiomères *RR* et *SS* sont chirales. Seules sont représentées les conformations du compo-

sé *SS* et parmi elles les conformations éclipsées e_3 et e'_3 (éclipse Br-Br), mais il est clair que le résultat serait identique avec une éclipse Br-Me ou Br-H. Les conformations décalées représentées, d_3 et d'_3 , mettent les 2 liaisons C-Br en position antiparallèles, mais le résultat serait identique avec un antiparallélisme C-Br, C-CH₃ et C-Br, C-H. Les conformations gauches conduisent au même résultat. Il en irait évidemment de même avec le composé *RR* et il suffirait pour cela, dans les représentations de Newman, de permuter 2 substituants sur chacun des carbones.

Dans ce cas, on n'observe donc pas de divorce entre l'examen microscopique (n'importe quelle conformation est chirale) et la réalité statistique macroscopique (un composé thréo *RR* ou *SS* est optiquement actif).

La présentation macroscopique

Le composé méso

Si la grande majorité des conformations d'un composé méso sont chirales et que, néanmoins, ce composé est dépourvu d'activité optique, l'explication de ce paradoxe apparent vient immédiatement si on considère un grand nombre de molécules :

- chacune des conformations chirales telles e_2 , d_2 ou g_1 , ne se distingue des autres qu'à une rotation près autour de l'axe des deux carbones stéréogènes ;
- chacune de ces conformations objet est associée à tout moment à son image qui présente exactement les mêmes interactions stériques et donc la même énergie potentielle et la même probabilité de présence (par exemple d_2 et d'_2) ;
- ce même raisonnement vaut pour n'importe quel couple de conformères ;
- un instantané, donnant la « photographie macroscopique » d'une grande quantité de molécules, montrerait une infinité d'associations deux à deux de molécules chirales de même population constituant autant de racémiques.

Au total, les conformations chirales se compensent deux à deux dans la « libre rotation » parce qu'elles ont même énergie et cette compensation conduit toujours à des racémiques parfaits.

Il est ainsi très discutable, sinon inexact, de parler de compensation interne à la molécule, de symétrie interne pour rendre compte de l'inactivité du composé méso. C'est bien la seule dimension macroscopique et « socio-moléculaire » qui rend compte des propriétés de ce composé.

Le composé thréo

Dans ce cas, il n'y a pas de problème pour expliquer l'activité optique du composé *RR* ou *SS* puisque chacune des conformations est chirale. Quelle que soit la rotation, on passera d'une conformation chirale à une autre et l'antagonisme précédent entre le comportement macroscopique et les propriétés microscopiques de chacune des conformations disparaît.

Il est cependant important de noter ici que la libre rotation ne fait pas passer d'une configuration *RR* à une configuration *SS*, à l'inverse du cas du méso où la rotation fait pas-

ser en permanence du *RS* au *SR*. Dans ce cas du *thréo*, il s'agit bien de deux composés différents, possédant l'un une configuration *RR*, l'autre une configuration *SS*, composés souvent associés dans les synthèses symétriques et constituant alors un racémique.

Le cas des cyclohexanes 1,2-disubstitués

Les cyclohexanes disubstitués de façon vicinale par deux substituants identiques présentent une situation assez voisine de celle des composés *méso* et *thréo*. Si on considère, à titre d'exemple, le 1,2-dichlorocyclohexane et qu'on se contente de figurer le plan moyen du cycle, on observe facilement que le composé *cis* (identifiable au *méso*) est unique alors que le composé *trans* (identifiable au *thréo*) peut exister sous forme de deux énantiomères (figure 5).

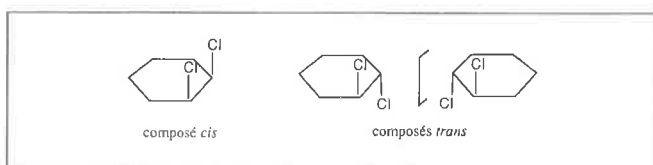


Figure 5.

Cette représentation d'un « plan moyen » permet d'accéder rapidement au nombre et à l'identification des stéréoisomères, mais c'est une présentation globale de type macroscopique transférée à une représentation moléculaire qui présente de multiples inconvénients :

- elle représente un plan qui ne correspond pas à un modèle précis et qui est simplement un effet de moyenne ;
- elle incline à représenter les liaisons de part et d'autre de ce plan, avec des angles voisins de 90°, ce qui correspond à une grossière approximation ;
- elle néglige les positions axiales et équatoriales du cyclohexane qui seules ont une validité microscopique et respectent l'angle tétraédrique.

L'inversion conformationnelle du cyclohexane

De fait, on sait que la conformation chaise du cyclohexane (très largement majoritaire par rapport aux conformation bateau et croisée qui sont négligeables) échange en permanence ses positions axiales et équatoriales, à température ordinaire, par inversion rapide de cycle. Cette inversion permet de rendre compte de façon précise de l'observation macroscopique statistique de composés tels que le 1,2-dichlorocyclohexane à partir de leur situation microscopique.

Cas du (cis)-1,2-dichlorocyclohexane

Dans le cas où deux substituants voisins sont identiques et en position *cis*, l'équilibre conformationnel $a_1e_2 \rightleftharpoons e_1a_2$ conduit à deux conformères d'énergie potentielle strictement identique qui seront donc en mélange équimoléculaire (figure 6). Ces deux conformères sont, en même temps, deux énantiomères *RS* qui s'échangent en permanence l'un

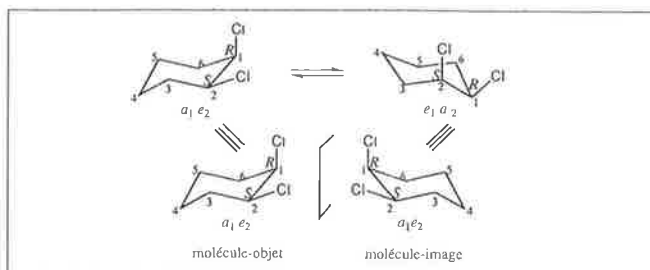


Figure 6.

dans l'autre. On voit que la molécule-objet a_1e_2 et la molécule-image sont chirales, puisque non superposables, et que la molécule-image est superposable au conformère e_1a_2 (pour obtenir une superposition totale on amène C_1 de la molécule-image de configuration *S* sur C_2 du conformère e_1a_2 de configuration également *S*).

L'équilibre rapide entre les deux conformations est, en fait, un équilibre entre les deux configurations en proportion racémique. On a donc là encore, comme pour les composés *méso* aliphatiques, une compensation statistique par échange conformationnel entre deux conformations chirales. Ici, cependant, on dispose uniquement d'un couple de conformations énantiomères en même proportion (50 % de chacune d'entre elle) et non d'une infinité de conformations racémiques deux à deux car la mobilité conformationnelle du cycle est beaucoup plus réduite.

Cas du (trans)-1,2-dichlorocyclohexane

Dans ce cas, les deux halogènes sont obligatoirement dans la même position axiale ou équatoriale et l'échange conformationnel $aa \rightleftharpoons ee$ ne peut pas échanger deux énantiomères et s'exerce à partir d'une configuration donnée (*RR* ou *SS*) qui existe sous deux conformations (figure 7). Le composé *trans* existe ainsi sous deux configurations comme le composé *thréo* mais chacune de ces configurations existe seulement sous deux conformations dont l'une *ee* est largement dominante (81 % si on fait intervenir deux fois le facteur A de Eliel de 1,8 kJ.mol⁻¹ pour le chlore).

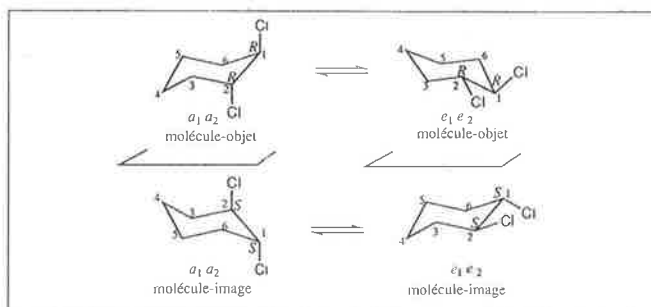


Figure 7.

Quelques conclusions didactiques

Même sur un cas de figure relativement classique et simple comme celui des composés *méso*, nous espérons avoir montré que l'enseignement de la stéréoisométrie est délicat et mérite des précautions. Nous avons pu montrer, dans un article récent [3], que la dualité microscopique-

macroscopique représente un obstacle important pour les étudiants, en stéréoisométrie comme dans d'autres domaines (équilibres chimiques, mélanges de gaz...). Il est vrai que le choix, pour les composés *méso*, d'une présentation limitée à la conformation éclipsée est très commode pour l'enseignement et semble très bien passer auprès des étudiants. Mais nous avons vu qu'elle est redoutablement réductrice. Il est curieux, d'ailleurs, de constater qu'en série aliphatique l'aspect socio-moléculaire est négligé dans l'enseignement alors qu'il ne l'est pas en série cyclohexanique où les conséquences macroscopiques de l'inversion conformationnelle sont traditionnellement évoquées. L'explicitation, en série ouverte, de conformations très diverses, dont les unes sont chirales et les autres non chirales, peut paraître complexe et déstabilisante pour les étudiants mais c'est bien la seule qui soit rigoureusement exacte. N'avons-nous le choix, dans ce cas là comme dans beaucoup d'autres, qu'entre le réductionnisme rassurant et la complexité dérangeante ?

Nous pensons qu'il est possible de trouver un compromis didactique qui, s'exerçant dans un champ limité, soit cependant en mesure de donner une idée exacte des phénomènes mis en jeu. Pour cela nous proposons plusieurs directions :

- ne pas se contenter d'une entrée purement microscopique de la stéréochimie qui laisse de côté la réalité socio-moléculaire ;

- pratiquer un nécessaire va-et-vient entre le microscopique, utile pour la modélisation, et le macroscopique, niveau de l'expérimental ;

- éviter les représentations dominantes au moyen de conformations particulièrement instables, telles que les

conformations éclipsées, ou alors clairement alerter sur leurs limites ;

- se contenter d'exemples simples mais traités dans leur globalité en explicitant, par exemple, les *figures 3* et *4* (détermination des molécules chirales ou non par comparaison avec les molécules images, passage au composé et explication de son éventuelle activité optique, prise en compte de la mobilité et diversité conformationnelles).

Nous sommes tous amenés dans nos cours, sous la pression des contraintes de programmes et des contraintes horaires, à opérer des raccourcis et des simplifications. Prenons simplement garde au fait que les étudiants ne sont pas armés pour faire la part des choses et que nous risquons, ainsi, de développer chez eux des réflexes de généralisation qui peuvent être source de dogmatisme et d'erreurs. Il nous semblait nécessaire d'alerter, sur ce problème, fréquemment rencontré, des composés *méso* et d'inviter à un devoir de « vigilance épistémologique », particulièrement important en chimie organique où la complexité et la diversité désarçonnent souvent les étudiants et rendent l'enseignement difficile.

Références

- [1] Un centre stéréogène est un atome autour duquel l'échange de deux substituants quelconques donne naissance à un nouveau stéréoisomère de configuration. Si le centre stéréogène engendre la chiralité, on parle de centre de chiralité.
- [2] Barlet R., soumis à *Didaskalia*, 1998.
- [3] Barlet R., Plouin D., *Aster*, 1998, 25, p.133-159.

• La sécurité dans les laboratoires • Produits chimiques et danger • Chimie et environnement

A l'occasion des 15^e Jirec (Besançon, mai 1998), des articles parus dans *L'Actualité Chimique* de 1980 à 1998 ont été sélectionnés et regroupés (317 pages), et sont maintenant disponibles à la SFC au prix de 100 F (+ 30 F de frais de port).

Réalisation : Nicolas Cheymol, Bernard Montfort.

Société Française de Chimie, 250, rue Saint-Jacques, 75005 Paris. Tél. : 01.40.46.71.60. Fax : 01.40.46.71.61.
E-mail : sfc@sfc.fr

Sir Derek Barton (1918-1998)

Directeur de l'ICSN (1979-1986)

C'est un grand homme qui nous quitte : il aura marqué son temps par son œuvre en chimie.

Bien sûr, parmi toutes ses publications, une seule suffirait (*The Conformation of the Steroid Nucleus*, *Experientia*, 1950, vol. VI, p. 316-320). Elle a d'ailleurs suffi pour lui valoir le **Prix Nobel de Chimie (1969)** qu'il partagea avec le Norvégien Odd Hassel pour leurs travaux effectués dans le domaine de l'analyse conformationnelle.

« DHRB » apporta, comme il savait si bien le faire, sa logique et sa rigueur pour l'interprétation rationnelle d'une multitude de recherches effectuées par d'autres.

Après ce premier coup d'éclat, il amplifia ses recherches d'analyse structurale de molécules complexes d'origine naturelle : terpènes en tous genres, stéroïdes, alcaloïdes. Les résultats qu'il obtint représentent une somme impressionnante de travaux. Puis il vint alors à la biogénèse et à la biosynthèse des métabolites secondaires qu'il étudiait. Il laissa de côté les alcaloïdes indoliques travaillés par beaucoup d'autres et, notamment, par un autre géant de la chimie, Sir Robert Robinson (qu'il admirait et... craignait) (il adorait être seul !) pour s'intéresser à d'autres alcaloïdes sensibles : morphine et dérivés ; colchicine et dérivés (ou précurseurs), etc.

Son immense flair chimique, appuyé sur une connaissance encyclopédique de la chimie, lui permit de réussir rapidement là où beaucoup avaient erré ou échoué avant lui. Les travaux qu'il mena sur la **biosynthèse des alcaloïdes** demeurent des **étapes historiques dans le développement de la chimie moderne**. Basées sur des réactions de « couplage oxydatif » de systèmes phénoliques complexes, les hypothèses biogénétiques que Sir Derek avançait alors, furent, presque toutes, vérifiées par lui-même et ses collaborateurs, immédiatement, ou beaucoup plus tard par d'autres. Analyse conformationnelle ; analyse structurale ; biosynthèse

de produits naturels complexes représentent donc la majeure partie de l'œuvre de « DHRB » en 1965. Chacun de ces ensembles de travaux suffirait, amplement, à remplir la vie scientifique d'un chimiste de talent.

En 1978, il a 60 ans. Professeur à l'Imperial College où il était revenu après le Birbeck College (Londres) de ses débuts et le département de chimie de l'université de Glasgow, il décide de prendre sa retraite et d'affronter un nouveau défi : celui de venir **diriger l'Institut de Chimie des Substances Naturelles du CNRS** à Gif-sur-Yvette (ICSN) comme le CNRS. Il lui avait offert.

En 1978, l'ICSN avait déjà vu le départ à la retraite de l'un de ses deux co-fondateurs : le professeur Maurice-Marie Janot en 1974 ; l'autre, le professeur Edgar Lederer allait, à son tour, partir.

En 1979, l'ICSN restait donc avec deux directeurs : Sir Derek et moi-même. Nous décidâmes immédiatement, sur ma proposition, de fondre les deux départements qui avaient, depuis sa création, constitué l'Institut. La direction de ce nouvel Institut revenait, évidemment, à Sir Derek ; sa co-direction m'échouait. Ce système, administrativement et, surtout, fonctionnellement unique s'apparentait davantage à celui d'un pilote et d'un co-pilote ou, plus scientifiquement, à celui de l'enzyme et du co-enzyme. Toujours est-il que, pendant près de huit années, ce tandem fonctionna parfaitement et je considère cette période comme la plus enrichissante de toute ma vie professionnelle et scientifique : côtoyer quotidiennement un tel homme est, en effet, une chance extraordinaire. J'ai appris plus avec Sir Derek que tout au long des années antérieures. Il avait pour moi l'affection d'un grand-frère (seize années nous séparaient) et je crois que je la lui rendais bien.

Les huit années passées parmi nous, à Gif, constituent la troisième période de



sa vie scientifique : il développa des réactions qu'il avait déjà largement étudiées au cours des années précédentes : les réactions radicalaires qu'il a contribué à faire connaître et à domestiquer. Mais, il était surtout fier de parler de la (ou des) réaction(s) de Gif qu'il a fait connaître dans le monde entier. Même si tout le monde n'est pas d'accord sur les interprétations qui en sont faites, ces réactions demeurent et marqueront la chimie organique. Une œuvre monumentale donc, à l'image du personnage exceptionnel qu'il était.

Il est encore un domaine où Sir Derek a également accompli une tâche gigantesque : celui des publications en tous genres portant sur la chimie organique et ses applications en chimie biologique, chimie thérapeutique et biologie. Responsable de *Tetrahedron* et *Tetrahedron Letters* (après le décès de Robert Woodward qu'il admirait), il a créé d'autres journaux (*Tetrahedron Asymmetry*, *Bioorganic and Medicinal Chemistry Letters*). Il orchestrait cette « Symphonie des Mille » avec une maestria étonnante. Et puis, la série des « *Comprehensive* » : *Comprehensive Organic Chemistry*, *Inorganic* et, bien-

tôt, une œuvre posthume : « **Comprehensive Natural Products Chemistry** » à paraître à l'automne 1998 (sauf retard dû au décès subit de Sir Derek).

Quand, en 1984, une loi scélérate (déjà !) sortie des cerveaux fatigués de nos irremplaçables technocrates légiféraires, poussa toute la cohorte des professeurs d'université, directeurs de recherche, conseillers d'État, conseillers de la Cour des comptes, de la Cour de cassation (i tuffi quanti) vers une retraite anticipée, Sir Derek fut choqué. Après avoir hésité à poursuivre une carrière « émérite » en France, il fut attiré par une offre très intéressante que lui fit l'État du Texas en son université de College Station, avec la complicité de son ancien collaborateur Ian Scott. Il n'hésita pas et partit, début 1987, affronter un autre défi. Il avait décidé de rester là-bas tant qu'il serait actif. Et, aux États-Unis, le critère d'activité est surtout constitué par l'aptitude à obtenir des « grants » auprès des organismes qui les dispensent : NSF, NIH, etc. (ou généreux donateurs industriels ou privés). La compétition y est extrêmement rude (il y a beaucoup de prix Nobel aux États-Unis !).

Il était resté extrêmement actif, continuait à parcourir le monde pour y faire part de ses derniers résultats. Son dynamisme faisait l'envie de collègues beaucoup plus jeunes que lui !

Plusieurs de ses anciens élèves venaient d'organiser une réunion aux Maldives pour fêter son 80^e anniversaire.

Une chaire « Sir Derek Barton » est en voie de constitution depuis quelques mois. J'ai tenu, personnellement, à y participer en mon nom propre, mais aussi au nom de tous ceux qui gardent du séjour de Sir Derek parmi nous, un souvenir attachant.

Mais, je souhaiterais terminer cette trop brève évocation de ce grand homme en dévoilant quelques impressions et souvenirs que je gardais pour moi jusqu'à ce jour.

Il observait longtemps les personnes et ne tardait pas à s'en faire une opinion, généralement exacte. Il la gardait pour lui sauf si une question sérieuse se posait, où son silence pouvait apparaître comme une complicité. Alors l'avis tombait, le plus souvent précis, sec et, souvent, invalidant ! Mais il était tout aussi enthousiaste et efficace pour soutenir les gens qu'il considérait.

Il m'est arrivé, souvent, d'être à ses côtés lors de conférences en France et à l'étranger : très matinal (levé dès 4 heures du matin !) il était souvent le premier arrivé aux séances, assis au premier rang et, alors que d'autres somnolaient déjà précocément, il avait toujours l'oreille attentive et le regard vif. Prêt à poser, toujours, des questions plus ou moins embarrassantes selon le conférencier ou à y aller de ses compliments.

Quand les conférences n'étaient pas d'un niveau extraordinaire, il noircissait des papiers avec des réactions qu'il ne tarderait pas à proposer à ses collaborateurs, après s'être penché vers moi et m'avoir dit « *Pierre, on gratte le fond du tonneau !* » Traduction, en français, d'une expression anglaise. Tout comme : « *On ne va tout de même pas apprendre à une grand-mère à gouverner des œufs !* » pour ceux qui redécouvraient la Lune !

Mais, sous ces aspects un peu rudes, cette conduite implacable (il l'était, c'est vrai, pour certains mais surtout vis-à-vis des fats et des prétentieux), se cachait une grande bonté qu'il savait déployer lorsqu'il repérait quelqu'un qui l'intéressait. Ces traits de caractère venaient, sans doute, d'une jeunesse très difficile à la suite de la disparition prématurée de son père. Il avait dû s'en sortir seul et il put, grâce à son intelligence, être admis comme étudiant à l'Imperial College de Londres, le « nec plus ultra » de l'époque pour l'Empire britannique. Sa thèse à Londres (pendant le blitzkrieg), plutôt du domaine de la chimie physique qu'il enseigna ensuite et, rapidement, l'accélération de sa carrière... Un self-made man.

Il a toujours soutenu ses « élèves » dans toute la mesure où ils le souhaitaient eux-mêmes : des générations de « Bartonien » peuplent les universités en Grande-Bretagne et dans de nombreux autres pays dont le nôtre, bien sûr, mais aussi l'industrie chimique, pharmaceutique et parapharmaceutique dans le monde entier.

Lorsqu'il arriva à Gif en 1978, Sir Derek Barton avait pour **devise** (pour ainsi dire) : **la chimie, par la chimie et pour la chimie**. Nous eûmes de très nombreuses conversations quand je venais lui demander comment il voyait certaines réactions bizarres qui parsemaient des traités (pourtant réputés !) de biochimie (tous en langue anglaise,

bien sûr). Je pense, sincèrement, que ces conversations furent pour beaucoup dans l'intérêt que manifesta, ensuite, Derek pour certains aspects de la biologie. Lors de la découverte de l'oxyde d'azote NO (l'une des découvertes les plus importantes de ces dernières années en biologie, il y a plus de dix ans !) nous arrivions, avant quiconque à l'époque, à suggérer que NO, qui avait une affinité marquée pour certains métaux, comme le Fe³⁺ ou les dérivés soufrés, ne devait pas se trouver souvent libre dans les organismes supérieurs (pas plus que l'oxygène !) mais plutôt fixé, contrairement à ce que d'aucuns avancent encore maintenant.

Et puis, nous arrivions aussi, lors d'autres discussions, à la certitude que l'acide ribonucléique (ARN) avait précédé, dans l'Évolution, l'acide 2-désoxyribonucléique (ADN), bien avant que cette suggestion ne soit acceptée par tous. La base de notre raisonnement était uniquement chimique. Ainsi, petit à petit, Derek ne considéra plus cette chimie comme « romantique » mais y vit, simplement, que la biologie n'était, en fait, que de la chimie (supramoléculaire, bien sûr !)

Il me faut, maintenant, associer à la mémoire de Sir Derek celle qui lui apprit le français à Londres et qui facilita sa venue en France : Christiane, son épouse, hélas trop tôt disparue. Elle contribua, par sa gentillesse et par ses dons de gastronome, à faire du séjour de son mari à Gif, un paradis comme il se plaisait à le dire lui-même. Elle ne partit pas avec un grand enthousiasme pour le Texas, mais elle était très heureuse de suivre son mari dans les nombreux déplacements qu'il effectua dans le monde et, bien sûr, de revenir en France aussi fréquemment que possible.

Après son décès, Sir Derek resta seul puis, quelque temps après, se remaria avec Judy, américaine, que nous avons eu le plaisir de connaître. Qu'elle veuille bien accepter l'expression de toutes nos vives condoléances.

Il y a des pages qu'il est très difficile de tourner : en voilà une ! Le souvenir de Sir Derek Barton sera longtemps, très longtemps, vivace. Et cette vivacité n'est qu'à la dimension de l'homme qui vient de nous quitter : exceptionnelle.

Pierre Potier

Directeur de l'Institut de Chimie des Substances Naturelles

Enseignement

La chimie des transformations « naturelles » au palmarès des 14^e Olympiades nationales de la chimie

« Chimie de l'atmosphère : équilibre naturel et perturbations anthropiques », tel a été, en effet, le thème de l'ouverture de la cérémonie de remise des récompenses des 14^e Olympiades nationales de la chimie, à la Sorbonne le 27 mars 1998.

Gérard Megie, professeur à l'université Pierre et Marie Curie, directeur de l'Institut Pierre Simon Laplace de l'Environnement Global, et directeur du Laboratoire d'aéronomie du CNRS, a fait partager sa passion pour l'atmosphère qui nous entoure aux 50 finalistes nationaux et aux 500 participants du Grand amphithéâtre de la Sorbonne. Création et destruction de l'ozone stratosphérique et troposphérique, bienfait de l'un et nuisance de l'autre, influence des activités humaines sur la destruction du premier et sur l'augmentation de concentration du second, prise de conscience internationale du rôle de l'homme sur son environnement, décisions politiques et économiques, reprise des équilibres chimiques naturels à long terme. Les sujets abordés par Gérard Megie illustraient parfaitement les objectifs des Olympiades nationales de la chimie : ancrer l'enseignement de la chimie au lycée sur les problématiques de société.

Placée sous la présidence de Bertrand Louvet, président de l'Union des Industries Chimiques, la cérémonie a permis aux lauréats de recevoir leurs récompenses des mains des représentants des sociétés industrielles, sociétés savantes, administrations, universités et écoles qui, chaque année, contribuent au dynamisme des olympiades dans les 22 régions qui les organisent.

Le premier prix du concours 1998 a été attribué à Stéphane Menuel, élève de terminale STL du lycée Varoquaux de Tomblaine de l'académie de Nancy. Le prix lui a été remis par le professeur Andrée Marquet, directeur du département Chimie à la direction de la Recherche, représentant le ministre de l'Éducation nationale de la Recherche et de la Technologie. Dans son allocution, Andrée Marquet a souligné le rôle spécifique de la chimie dans la compréhension de l'univers qui nous entoure et dans la création des molécules et matériaux aux propriétés prévues ou innovantes. Elle a rappelé l'intérêt du ministre pour la formation des jeunes scientifiques et leur emploi, et affirmé le rôle exemplaire des Olympiades de chimie dans ce domaine par la collaboration forte qu'elles ont induite entre les entreprises chimiques, l'Union des Industries Chimiques et les enseignants des lycées, écoles et universités.

L'équipe de professeurs qui a encadré le lauréat a, d'autre part, été récompensée par la Société Française de Chimie et s'est vue décerner un prix remis par le professeur Jean-Pierre Foulon, représentant l'Union des Physiciens au sein de la SFC.

Cette année, une première extension hors de l'hexagone a permis à une jeune candidate du lycée français de Tokyo, Akané Hartenback, de se mesurer avec ses camarades métropolitains ; de chaleureuses félicitations lui ont été adressées ainsi qu'à son professeur, Michel Schiano. En résolvant de multiples obstacles techniques, relationnels, financiers, il a su rompre l'isolement relatif de sa classe et s'intégrer complètement à l'équipe nationale des professeurs de sciences physiques des lycées qui, chaque année, s'investissent pour rendre l'enseignement de la chimie passionnant à leurs élèves.

Michel Boyer, professeur à l'université Pierre et Marie Curie, président des Olympiades nationales de la chimie, a enfin remercié l'ensemble des partenaires qui contribuent au succès, auprès des jeunes, de cette activité de découverte d'une science, à la fois dans le milieu qui la pratique à grande échelle - l'industrie -, comme dans celui du laboratoire, en soulignant le rôle fondamental de l'expérimentation et de son accompagnement technique dans les Olympiades de chimie.

Laboratoire d'expérimentation pour une nouvelle pédagogie, les Olympiades ont démontré leur efficacité pour transformer l'image de la chimie chez les jeunes. Leur rôle est toujours aussi important pour motiver les esprits scientifiques vers la discipline chimie ; mais n'aurait-elle pas aussi une mission de développement de la culture scientifique de non-scientifiques qui seront nombreux parmi les cadres de demain ? Telle est la question à laquelle le comité d'orientation des Olympiades veut essayer de répondre en définissant de nouvelles Olympiades en l'an 2000.

Michel Boyer

Président des Olympiades nationales de la chimie

Techniciens supérieurs chimistes : devenez ingénieurs diplômés d'une grande école

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. La vocation de ce service est de préparer les candidats à une entrée directe en 2^e année de la formation initiale dispensée, indifféremment, par l'un des 6 établissements précités. Le diplôme obtenu par la voie de la formation continue est identique à celui sanctionnant la formation initiale.

La filière d'accès des techniciens supérieurs chimistes au diplôme d'ingénieur fait partie du programme ingénieurs et cadres supérieurs (PICS) financée par le ministère du Travail, de l'Emploi et de la Formation professionnelle.

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 de 3 ans, au 1^{er} 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 cessent toute activité professionnelle, mais sans rupture du contrat de travail avec leurs employeurs. Ils deviennent, pendant 2 ans, élèves réguliers de l'école pour laquelle ils auront opté. Au cours de leur scolarisation, les candidats (salariés ou demandeurs d'emploi) peuvent bénéficier des rémunérations 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 25 juillet 1998.

• ENSCMu, Service Formation continue, 3, rue Alfred Werner, 68093 Mulhouse Cedex. Tél. : 03.89.42.70.20. Fax : 03.89.43.77.90.

Recherche

La catalyse montpelliéraine à l'honneur

L'équipe de Claude Moreau, directeur de recherche CNRS dans le Laboratoire de matériaux catalytiques et catalyse en chimie organique (UMR 5618 CNRS - École Nationale Supérieure de Chimie de Montpellier), vient d'obtenir le prix national de l'innovation scientifique « *Les Millésimés Europol'Agro 1997* » pour ses travaux sur la recherche de nouveaux procédés catalytiques hétérogènes pour la transformation alimentaire et non alimentaire des hydrates de carbone en présence de catalyseurs solides microporeux.

Ces nouveaux procédés reposent sur l'utilisation de catalyseurs acides ou basiques microporeux (diamètre des pores compris entre 5 et 8 Å) comme les zéolithes et solides apparentés, et visent à remplacer à la fois les acides et bases liquides, les enzymes ou les solides macroporeux comme les résines échangeuses d'ions, l'objectif étant de déboucher sur des procédés catalytiques plus performants, plus sélectifs, moins polluants et économiquement plus compétitifs.

Des avancées positives ont ainsi pu être obtenues par rapport à ce qui existe actuellement, que cela soit dans le domaine de la valorisation alimentaire ou bien non alimentaire. Comme illustré dans la figure ci-contre, l'éventail des réactions concernées est large : déshydratation, hydrolyse, isomérisation, hydroxyméthylation, oxydation, glycosylation.

Dans le domaine de la valorisation alimentaire des hexoses, les zéolithes microporeuses remplacent avantageusement les résines échangeuses d'ions ou bien les enzymes en combinant les propriétés de catalyseur et d'adsorbant. Ceci a été clairement montré dans l'hydrolyse du saccharose pour la production de sucres liquides incolores et vers l'important marché des boissons gazeuses, environ 10 Mt/an (Starch/Stärke 1998). Par rapport à une résine sulfonique et à activité catalytique égale, la coloration est 10 fois moins élevée en présence d'une zéolithe. Compte tenu du modèle cinétique de type Langmuir-Hinshelwood, le catalyseur peut être ajouté en quantité plus importante, de façon à adsorber les traces du produit responsable de la coloration. De plus, la régénération de la zéolithe est plus facile à mettre en œuvre que celle d'une résine et d'un charbon actif. De même, les zéolithes basiques et les hydrotalcites se sont avérées être des catalyseurs très compétitifs pour l'isomérisation du glucose en fructose jusqu'à la séparation du fructose.

Dans le domaine de la valorisation non alimentaire, la transformation des hexoses et des pentoses en dérivés furaniques constitue un potentiel extrêmement important pour la préparation de matériaux polymères habituellement produits à partir de la pétrochimie.

Cependant, si ces produits ex-biomasse montrent des propriétés comparables à celles des produits ex-pétrole, leur coût de production était encore trop élevé. Le passage obligé de cette chimie furanique était l'obtention de deux composés majeurs, le furfural et le 5-hydroxyméthylfurfural, préparés respectivement à partir du xylose ou de ses précurseurs, et du fructose ou de ses précurseurs. Là-aussi, les zéolithes se sont avérées être des catalyseurs de choix, permettant d'obtenir des gains de sélectivité importants de par la sélectivité de forme induite par la structure microporeuse de ces matériaux. De plus, l'eau étant le plus souvent utilisée comme solvant, des procédés continus d'extraction à contre courant du produit de réaction par un solvant organique ont été mis en œuvre, contribuant ainsi à une réduction importante des coûts de procédés.

D'une manière générale, les catalyseurs utilisés se prêtent bien à la présence de l'eau comme solvant, leur acidité et leur hydrophobie pouvant être facilement contrôlées par leur taux de désalumination. De même, une température élevée, favorable cinétiquement, n'est pas un obstacle à leur utilisation ; leur grande stabilité thermique est d'ailleurs la base d'une méthode de régénération de ces catalyseurs et ne générant donc pas d'effluents.

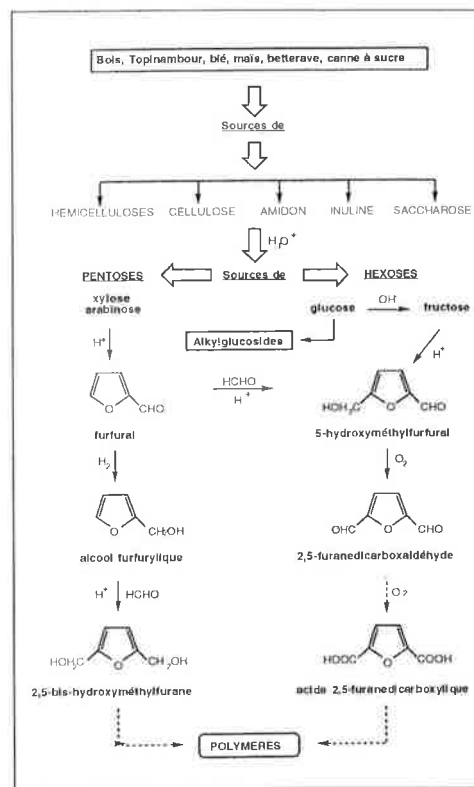
Outre un procédé sélectif de préparation du 5-hydroxyméthylfurfural dont le fonctionnement en continu a été extrapolé à un pilote de 500 tonnes/an, deux autres composés stratégiques ont également pu être préparés sélectivement, et pour la première fois, par voie catalytique hétérogène, le 2,5-furanedicarboxaldéhyde et surtout le 2,5-bis-hydroxyméthylfurane dont le marché potentiel serait de 4 Mt/an comme additif pour des résines thermostables entrant dans la préparation de moules de moteurs.

Enfin, les zéolithes ont été également validées en tant que catalyseurs dans la préparation de tensio-actifs non ioniques comme les alkylglucosides où, là-aussi, un avantage certain est obtenu par comparaison avec la catalyse homogène ou enzymatique.

La plupart des travaux ont été effectués en collaboration avec l'unité de génie chimique du CEA de Marcoule, l'ANVAR et la Société Agrichimie du Robert (Martinique) et ont donné lieu au dépôt de 8 brevets dont 6 avec extension internationale.

Michèle Breyse

Président de la division Catalyse



Une plateforme de génie de l'environnement industriel à Alès

Mettre en commun connaissances et compétences pour tendre à la résolution de problèmes industriels liés à l'environnement, tel est l'objectif de cette plateforme. Pilotée par le Laboratoire génie de l'environnement industriel de l'École des mines d'Alès, cette plateforme est basée sur un constat simple : beaucoup de problèmes rencontrés par les entreprises sont transversaux, c'est-à-dire qu'ils sont communs à toutes les industries utilisant ces procédés. Les partenaires sont donc regroupés autour de la recherche de solutions génériques. De plus, la priorité est donnée aux problèmes pouvant déboucher sur des solutions diffusantes qui peuvent être ensuite développées par des PME-PMI.

La plateforme fonctionne donc par projet identifié et fédère des partenaires du secteur public (État, collectivités locales, organismes de recherche et de formation) et du secteur privé, ces derniers pouvant avoir des préoccupations différentes selon le type d'activité.

A titre d'exemple, le premier projet sélectionné, concernant le traitement d'effluents concentrés difficilement traitables par des procédés classiques d'épuration tels que les traitements biologiques, rassemble, outre l'École des mines d'Alès :

- des industries gardoises (Rhodia-Salindres, Expansia-Aramon, SNR Cévennes),
- des PMI-PME du bassin alésien et gard-rhodanien,
- et d'autres partenaires, hors région Languedoc-Roussillon.

Plaidoyer pour les Comptes Rendus de Chimie

Tout le monde sait dorénavant que la Société Française de Chimie a décidé de fondre le *Bulletin de la Société Chimique de France* dans un système européen de publication à partir de janvier 1998. Dans le même temps, le CNRS, a décidé d'intégrer le *Nouveau Journal de Chimie* dans le système de publication anglais. En tant que membres actifs de la SFC, nous ne pouvons que vous encourager à publier dans ce système européen en émergence, puisqu'il nous appartient en partie. Ce point étant acquis, la communauté des chimistes français ne dispose plus aujourd'hui de journaux de chimie autonomes. Cette situation est évidemment paradoxale car, en quantité et en qualité, la production scientifique de la communauté française est égale à celle de la communauté anglaise et représente les 2/3 de celle de la communauté allemande. L'absence d'un système autonome de publication a des conséquences négatives sur la perception de la chimie française par l'étranger et laisse les chimistes français à la merci d'évaluations externes quelquefois discutables.

Dans un tel contexte, il paraissait nécessaire de relancer un journal purement français de chimie. Or, le seul organisme puissant disposé à le faire était l'Académie des sciences avec ses *Comptes Rendus*. En juillet 97 donc, la décision était prise de lancer la série chimie des *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences* (IIC). Cette série a commencé à paraître effectivement début 98. La parution est mensuelle, sont acceptés des notes (longueur maximale 6 pages imprimées), des mémoires courts (8 pages imprimées), des mises au point (12 pages imprimées), des chroniques historiques. Ces limites de pages ne sont qu'indicatives. L'insertion de figures en couleur est gratuite si leur présence est scientifiquement justifiée. Il est possible de publier soit en français, soit en anglais. Le bilinguisme est même souhaité, l'une des deux versions étant alors sous une forme abrégée. Les auteurs reçoivent 25 tirés à part gratuits. Les délais de publication sont courts (4-5 mois).

Concrètement, où en sommes-nous aujourd'hui (mai 98) ? Les quatre premiers numéros sont parus, un numéro double 5-6 sur le point de paraître. Les six premiers numéros représentent 410 pages de texte, c'est-à-dire plus que la totalité des pages publiées en 1997 dans la série IIB des *Comptes Rendus* (mécanique, physique, chimie, astronomie). Il est donc clair que ce lancement est un succès et que le pari initial va réussir. Pour que cette réussite soit complète, il nous reste évidemment à progresser substantiellement. Nous devrions retrouver une fréquence double (24 numéros par an) pour assurer une publication très rapide des résultats préliminaires. Nous devrions accroître sensiblement la taille du journal (entre 1 500 et 2 000 pages) et obtenir un indice d'impact suffisant (entre 1,5 et 2) pour pouvoir prétendre représenter dignement la communauté française. La réussite de cette deuxième phase dépend évidemment de la communauté française elle-même et de ses instances d'évaluation. Nous n'avons pas encore de données précises sur la circulation de cette nouvelle revue, mais les premiers indices prédisent une diffusion comparable à celle du *Bulletin* et sensiblement supérieure à celle du *Nouveau Journal de Chimie* ancienne formule. Nous espérons vous avoir convaincu de participer au succès de cette opération pour le bien de toute la communauté.

Le comité éditorial des Comptes Rendus de l'Académie des Sciences Série IIC Chimie

Les « trophées posters » Forum Labo 98

Les organisateurs du 3^e Forum Labo (31 mars-3 avril 1998, Paris-La Défense) ont attribué des « trophées posters » récompensant les meilleurs travaux présentés lors des conférences des journées scientifiques.

Ont été attribués :

- Le premier prix à l'École Supérieure de Physique Chimie Industrielle de Paris, représentée par Marianne Bouzige, pour le travail intitulé : « Immunoaffinité appliquée à l'extraction sélective de micropolluants organiques dans les matrices environnementales ».
- Le deuxième prix à l'université Pierre et Marie Curie de Paris, représentée par Nathalie Rousse, pour « Bioaccumulation des métaux et procédés de détoxification chez les mollusques ».
- Et le troisième à l'université Blaise Pascal d'Aubière, représentée par Pascale Besse, pour « Dégradation de la morpholine par Myc-AURUM. Mise en évidence des intermédiaires par RMN *in situ* ».

La 4^e édition de Forum Labo, organisé sous l'égide du CIFL - Comité Interprofessionnel des Fournisseurs du Laboratoire - se déroulera au CNIT de Paris-La Défense du 28 au 31 mars 2000.

Réunions scientifiques à l'étranger : des bourses jeunes chercheurs

AAAEPMMJ : Association des amis et anciens élèves du professeur Maurice-Marie Janot

L'Association, fondée en mémoire du professeur Maurice-Marie Janot, qui fut directeur de l'Institut de Chimie des Substances naturelles du CNRS, à Gif-s/Yvette, souhaite aider les chercheurs en chimie des substances naturelles et, à cet effet, offre des bourses d'un montant de 5 000 F pour aider des chercheurs « juniors » à participer à des réunions scientifiques à l'étranger où ils doivent présenter des communications orales ou par affiche (posters).

Les candidatures (avec CV, titre de la communication et tout renseignement utile sur la réunion prévue) sont à adresser au professeur J. Poisson, 50, rue Anatole France, 92290 Châtenay-Malabry.

Elles peuvent être présentées à toute période de l'année et seront examinées aussitôt par un comité de sélection.

Industrie

RESTRUCTURATIONS

Pharmacie

Feuilleton de l'année : épilogue ou suite ?

American Home Products acquiert Monsanto pour 210 milliards de \$

Après les tentatives de fusion avortées du britannique SmithKline Beecham avec **American Home Products** (AHP) puis avec Glaxo-Wellcome (GW), c'est au tour d'AHP de prendre l'initiative. AHP a choisi (temporairement ou définitivement ?) de fusionner avec son compatriote **Monsanto**, spécialisé dans les sciences de la vie (pharmacie, santé animale et agrochimie). Le nouvel ensemble ainsi dessiné deviendrait le quatrième groupe mondial de la pharmacie derrière Novartis - né de la fusion de Ciba-Geigy et de Sandoz - et Glaxo-Wellcome - qui détient chacun 4,4 % de part de marché - et derrière Merck.

Par cette opération, AHP qui n'avait pas pris à temps le virage des biotechnologies agricoles, profiterait de l'engagement et de l'avance de Monsanto dans ce domaine.

Une clause de rupture - prévoyant une pénalité de 700 millions de dollars - a été introduite dans l'accord ! « Chat échaudé craint l'eau chaude ».

Papier

Un nouveau leader mondial d'origine européenne

Enso Oy (Helsinki, Finlande) et Stora (Falun, Suède) annoncent leur fusion

Les grandes manœuvres, engagées dans le papier depuis 1995, se poursuivent. Les numéros 2 (Enso Oy, 5,7 milliards de \$ de CA) et 3 (Stora, 5,3 milliards de \$ de CA) s'allient. Ils dépasseront ainsi l'actuel numéro 1 européen (le Finlandais UPM Kymmene, 8 milliards de CA) et deviendront le numéro un mondial, devant l'américain International Paper. La capacité de production du nouvel ensemble est estimée à 13 millions de tonnes de papier et en fait le premier producteur mondial de papier journal et magazine.

Les activités des deux sociétés s'avèrent complémentaires : papiers fins et papiers d'écriture pour Enso, papiers d'édition et d'emballage pour Stora. Cette fusion intervient dans une période de reprise de l'industrie papetière.

Pour faire face aux phénomènes cycliques de variation du prix de la pâte à papier, et pour toucher le marché asiatique, les grands groupes s'allient, rationalisent et renoncent à la course aux investissements coûteux.

RÉSULTATS 97

La société du mois : Wacker Chemie

Amélioration sensible des résultats	(+ 15 %)
+ embauches	+ 600 pour un effectif de 15 325
+ innovations	(+ une gamme de cristaux liquides silicones)
= une cuvée et une année prestigieuse	

Cette addition assez inhabituelle pour être signalée, à contre-courant des pratiques de gestion financière à la mode, est la récompense et l'aboutissement de la décision stratégique prise il y a quelques années par Wacker, de se lancer dans la production du silicium de haute pureté pour l'électronique.

La division semi-conducteurs Siltronic (CA = 1,66 milliard de DM, + 25 %) est ainsi devenue la division la plus importante de

Wacker (35 % du CA de Wacker et 15 % de part de marché mondial, derrière le Japonais Shin Etsu et une filiale de Hüls). C'est dans ce marché, qui croît de 15 % par an, que Wacker a engagé la moitié des investissements de l'année (480 millions de DM sur un total de 903 millions de DM) pour des accroissements de capacités en Allemagne - Burghausen, Wasserburg et Freiberg -, à l'étranger - Portland (États-Unis) -, pour le tirage de Si monocristallin et le polissage de tranches de 150 mm, ainsi que pour la construction d'un pilote de tranches de 300 mm à Burghausen. Un investissement de 600 millions de DM est prévu à Singapour pour la production de 250 000 tranches/mois de 200 mm. La crise asiatique ne freine donc pas l'élan de Wacker, au contraire. C'est bien sûr cette division qui a procédé à la plupart des embauches signalées (502 personnes pour un effectif de 5 750).

La division Silicone, qui fêtait en 97 le cinquantenaire de son existence, est à présent reléguée à la 2^e place des activités de Wacker (CA = 1,5 milliard de DM, soit 30 % des ventes, + 15 % par rapport à 96). Les produits reconnus de Wacker (élastomères, produits de traitement et d'isolation du bâtiment, silanes...) ont bénéficié d'extension de capacités.

Deux décisions stratégiques d'importance ont été annoncées.

Dans la **division Polymères** (1,2 milliard de DM, + 6,2 %), un **accord de collaboration** est intervenu avec l'Américain **Air Products and Chemicals** qui consiste à réunir les activités vinyliques des 2 sociétés (les Vinnopars de Wacker) puis de former deux entités distinctes - une compagnie « poudre » centrée autour des activités de l'usine de Burghausen et une compagnie « dispersion » centrée autour des activités de l'usine de Cologne et de 7 unités de production aux États-Unis.

Dans la **division Matériaux** (220 millions de CA, + 7 %), la signature d'une lettre d'intention de **cession de la production** de CSI, pour lequel la compétition est rude dans le domaine des abrasifs et de la métallurgie. Cette cession, courageuse, permettra à Wacker de se focaliser sur les céramiques, les produits borés et le traitement de surface.

Dans le domaine de l'innovation (241 millions de DM, 5 % du CA et + 19 % par rapport à 96), deux domaines d'activité méritent attention et témoignent de la vision stratégique de Wacker, qui dénote d'une combinaison harmonieuse de capacités de synthèse de nouveaux produits et de développement de nouvelles applications :

– **Une nouvelle gamme de cristaux liquides (CL) à base de silicones** dont les effets interférentiels de coloration découlent de l'étude des couleurs chatoyantes des oiseaux exotiques ou de la cuirasse brillante de certains insectes : la coloration varie avec l'angle de vision. Cet effet sera bien sûr développé dans les peintures automobiles. Mais, au-delà de leurs applications comme pigments, ce type de CL est très intéressant car la coloration produite par ces cristaux ne peut être reproduite par les photocopieurs : ils peuvent par conséquent être utilisés pour l'impression des billets de banque et les documents officiels. Une autre famille de produits de même type a été développée avec Sumitomo dans des films transparents pour écran plat. L'anisotropie optique des films permet d'améliorer la qualité et le confort de l'image sous plusieurs aspects : rendu des couleurs, contraste de l'image et insensibilité du contraste à la température ambiante. Ces trois améliorations techniques permettent d'envisager ces films dans les écrans pour ordinateurs portables. Signalons aussi qu'à plus long terme, Wacker développe avec Daimler-Benz des marqueurs chimiques comme éléments de reconnaissance et d'identification dans les peintures automobiles, qui auraient été bien utiles, par exemple, dans l'élucidation de l'accident de la princesse Diana à Paris.

– **Un procédé de blanchiment de la cellulose**, appelé Lignozym qui remplace le chlore par une lactase génétiquement modifiée et un médiateur chimique biodégradable (N-hydroxyacétanilide) qui accélère notablement la réaction d'oxydation et rend le procédé compétitif (quantité d'enzyme et temps de réaction réduits). Le procédé est actuellement testé chez des papetiers scandinaves, tandis que Wacker optimise le procédé de synthèse du médiateur.

Ce développement de Wacker illustre **la volonté du groupe de pénétrer et de se développer dans les biotechnologies**.

Il s'appuie pour cela sur une première expérience industrielle : la fabrication de α , β et γ **cyclodextrine**, avec la mise en place à Burghausen d'un pilote et la construction à Edyville, Iowa, d'une installation de production de 3 000 t/an, en liaison avec Cargill. Ces cyclodextrines sont de plus en plus employées en pharmacie (principe du « drug delivery system »), en cosmétique, en agro-alimentaire ou en détergence qui valorisent les capacités de piégeage des cyclodextrines (masqueur ou délivreur d'arômes et de parfums). Une combinaison de lotion auto-bronzante particulièrement astucieuse a été développée avec Procter & Gamble (piégeage d'un intermédiaire dans la production de la mélanine).

Mais Wacker a aussi à l'étude, simultanément, un **procédé de production de L-cystéine** par bactéries génétiquement modifiées. Le procédé est au stade pilote avec comme objectif la culture de la souche pour l'installation industrielle et l'extraction de la cystéine du milieu de fermentation. Rappelons que la cystéine est obtenue actuellement par extraction à partir de cheveux humains et qu'elle est utilisée dans les sirops pectoraux et comme additifs alimentaires (renforteur de goût dans l'alimentation animale et pour pétrir la pâte à pain).

Ces commentaires, qui accompagnent la présentation des résultats 97 de Wacker :

- 4,7 milliards de DM en 97,
- un cash-flow opérationnel de 900 millions de DM (+ 66 %),
- un résultat avant intérêt et impôts de 660 millions de DM (+ 42 %),
- et un bénéfice après impôts de 185 millions de DM (+ 14 %),

montrent qu'une bonne gestion est compatible avec des prises de risque qui paient (le silicium hier, les biotechnologies aujourd'hui), et que l'ambition d'un chiffre d'affaires de 6 milliards de DM fixé pour 2000 est parfaitement réaliste.

Le slogan de Wacker : « Innover et perfectionner l'existant » reste d'actualité. La structure du groupe (50 % familial et 50 % Hoechst) allie l'expérience technique, la stabilité et la vision stratégique de l'entreprise familiale fondatrice avec la rigueur de la gestion et les moyens financiers d'un grand groupe. Exemple à méditer !

Une bonne croissance de la chimie sur les marchés extérieurs pour la SNPE

En 1997, le groupe SNPE a connu une croissance limitée mais significative (chiffre d'affaires : + 6,4 %). L'objectif du groupe est d'atteindre 6 milliards de francs en l'an 2000.

Pour un CA de 4 884 MF, le secteur de la chimie a réalisé 2 217 MF, soit une augmentation de 14 % par rapport à 1996, dont 54 % sur le marché français (- 1 %) et 46 % à l'étranger (en augmentation de + 33 %). A noter que les ventes du domaine chimie avaient déjà progressé de 24 % en 1996 et qu'elles représentent aujourd'hui 45 % du CA du groupe.

La rentabilité du groupe s'est redressée, avec un résultat d'exploitation en hausse de 27 % et un résultat courant de 210 MF.

La capacité d'autofinancement, en stabilité, s'est élevée à 418 MF et a permis de couvrir presque entièrement les investissements de l'exercice qui ont surtout été des investissements internes. Les investissements se poursuivront en 1998, surtout en chimie et activités automobiles.

Le résultat net ressort à 50 MF contre 39 MF l'an passé, soit 1 % de la production. Ce niveau encore très faible s'explique en partie par la prise en compte en 1997 du coût lié à la restructuration du domaine Défense, mais aussi par la rentabilité insuffisante de certaines activités.

Les principaux axes de développement concerneront, en 1998 :

- les matériaux énergétiques de défense et pour la sécurité automobile,
 - la chimie du phosgène et la chimie fine pour l'agrochimie et la pharmacie,
- avec des zones prioritaires : les États-Unis (un investissement d'environ 80 MF dans une première étape, sur un site produisant déjà du phosgène) et en Chine (ouverture d'un bureau de représentation à Shanghai et modernisation d'une unité de phosgène en partenariat).

Distinctions

Des enseignants et des chercheurs français reconnus à l'étranger

Science and technology awards de l'American Chemical Society

La médaille Charles Goodyear au professeur Jean-Baptiste Donnet

La Rubber Division de l'American Chemical Society vient d'attribuer sa plus haute distinction technique au professeur J.-B. Donnet pour l'ensemble de son activité scientifique dans les charges renforçantes.

Actuellement professeur émérite au Laboratoire de chimie physique de l'École de Chimie de Mulhouse, le professeur J.-B. Donnet se voit ainsi récompensé du travail initié, et inlassablement poursuivi, dans la caractérisation superficielle des noirs de carbone et des silices et dans la compréhension des relations entre la structure et les propriétés des diverses formes de charges renforçantes utilisées dans l'industrie des pneumatiques. Cette distinction rejaillit aussi sur ses collaborateurs à l'Institut de Chimie des Surfaces et Interfaces qui l'ont accompagné dans cette aventure.

Au nom de la Société Française de Chimie, dont le professeur J.-B. Donnet a assuré la présidence de septembre 89 à mars 94, nous félicitons très chaleureusement le récipiendaire pour cette haute et prestigieuse distinction, distribuée depuis 1941.

Inlassablement, le professeur J.-B. Donnet continue à s'intéresser aux problèmes du renforcement et aux problèmes de formation des jeunes chimistes. Cheville ouvrière du colloque de Mulhouse sur le jeune chimiste et l'industrie en mutation, il n'a pas hésité à rassembler et à mettre à notre disposition les interventions du Colloque, reprises dans notre numéro de mai. Qu'il en soit encore remercié.

La médaille George Stafford Whitby au professeur Jean-Maurice Vergnaud de l'université de Saint-Étienne

Lors de la même cérémonie, qui s'est déroulée le 6 mai dernier à Indianapolis, le professeur Jean-Maurice Vergnaud a été récompensé à la fois pour l'enseignement des polymères qu'il a mis en place ainsi que pour ses recherches sur le suivi de la réticulation des caoutchoucs et les transferts de chaleur qui la régit.

Le prix Wacker des silicones au professeur Robert Corriu

Créé pour la première fois en 1987, à l'occasion du 40^e Jubilé de la Société Wacker et attribué depuis à 7 chercheurs de renommée mondiale, le prix Wacker des silicones a été décerné, lors des 4^e Journées Wacker des Silicones de Munich, au professeur Robert Corriu.

Déjà lauréat de prix de renommée internationale (prix Sue et Le Bel de la Société Française de Chimie, médaille d'argent du CNRS, Kipping Award de l'American Chemical Society, médaille de la Fondation Alexander von Humboldt et de l'Institut Max Plank), le professeur Robert Corriu est connu pour ses travaux sur les composés à liaison Si-C, à l'interface de la chimie organique et de la chimie minérale. Ses récents travaux sur les polymères organométalliques comme précurseurs de matériaux sont particulièrement intéressants.

En remettant ce prix, Wacker veut affirmer ses positions dans le domaine des silicones où son chiffre d'affaires se situe à 4,7 milliards de F pour un marché mondial de 34 milliards de F, dominé par Dow Corning et General Electric.

Guy Ourisson : commandeur de la Légion d'honneur

Sur proposition du ministère de l'Éducation nationale, de la Recherche et de la Technologie, M. Guy Ourisson a été élevé au rang de commandeur de la Légion d'honneur.

La Société Française de Chimie, et particulièrement *L'Actualité Chimique*, est particulièrement honorée et fière de cette distinction et félicite très sincèrement Guy Ourisson, un des plus acharnés promoteurs et défenseurs de la chimie... et de *L'Actualité Chimique* dont il est membre du comité de rédaction. Malgré ses fonctions éminentes - vice-président de l'Académie des sciences depuis 1997 - et multiples, trop nombreuses pour être recensées, M. Guy Ourisson suit de près l'évolution de notre revue. Il nous a encouragé à poursuivre l'étude du rapprochement avec la *Lettre du Département des Sciences Chimiques du CNRS*, et témoigné son soutien en assistant à notre dernière réunion du comité de rédaction. Un exemple de dévouement à méditer par les autres chimistes de renom français.

Nous le remercions très sincèrement.

Ndlr : La nouvelle de sa distinction n'était pas arrivée, à temps, au 250 rue Saint-Jacques, pour que les membres du comité de rédaction le félicitent de vive voix lors de leur dernière réunion. *L'Actualité Chimique* a encore des progrès à faire pour traquer l'actualité.

Divers

Sites Internet

Institut de l'Information Scientifique et Technique (INIST)

A l'adresse : <http://www.inist.fr> et en cliquant sur ARTICLE@INIST, les visiteurs trouveront le catalogue des articles et monographies du fonds. Les utilisateurs du service peuvent par le mot de passe FORM@INIST commander des documents.

Euro Chlor

L'industrie européenne du chlore a ouvert un site : chlorine online, à l'adresse : <http://www.eurochlor.org>. Ce site regroupe l'information générale, scientifique et économique présentée par la fédération de l'industrie Euro Chlor.

Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS)

L'INRS vient d'ouvrir un site Internet à l'adresse : <http://www.inrs.fr>. Ce site comporte une présentation bilingue des missions et de l'organisation de l'INRS, avec recherche par mots clés ou par thèmes.

Serveur du groupe de travail Chimie informatique

Le congrès EUCCO-CC2 (Lisbonne, septembre 1997), a été le point de départ de la création d'un serveur, en Hongrie, qui comporte, entre autres, la liste des personnes intéressées par la chimie informatique.

Tous ceux qui désirent voir leur nom inscrit sur ce serveur doivent transmettre leurs coordonnées à Edgar Soulié (par courrier électronique).

• Edgar Soulié. E-mail : bsoulie@scm.saclay.cea.fr

Revue

BULLETIN DE L'UDP

Sommaire du n° 803 (avril 1998)

- Enseignement de l'énergie, par G. Besson, C. Clavel, P. Gaidioz, A. Tiberghien.
- La dimension historique dans l'enseignement scientifique secondaire en France, par D. Fauque.
- A propos du débat sur « l'histoire dans l'enseignement des sciences physiques », par M. Scheidecker-Chevallier, G. Laporte.
- Bilans de matière en chimie, par C. Garnier-Cousin.
- Prix Nobel de chimie 1997, par A. Mathis.
- Thèmes traités en sciences physiques pour la classe de cinquième à la rentrée 1998, par J.-L. Bernon, C. Latil.
- Masse d'un litre d'air, par R. Marical.
- Ébullition de l'eau, par R. Marical.
- Changement d'état, par R. Marical.
- Avoir le déclic en TP..., par M.-H. Mercier, C. Rousseau.

- Petites manipulations sur les colorants et étude d'un équilibre chimique, par E. Antonot.
- Détermination de la masse d'une planète, par J. Cazenove.
- Français et démarche expérimentale en physique-chimie, par C. Giraud, C. Ducher, B. Marty, M. Astruc, G. Rogues.
- La place des baccalauréats professionnels dans les lycées professionnels, par M.-C. Feore, J. Winther.
- Une nouvelle rubrique, par P. Néel, M. Schwob.
- Interface RS232.
- Les épreuves de physique et de chimie, par J. Marêché.
- Signalisation de sécurité, par A. Mathis.

Sommaire du n° 804 (mai 1998)

- Physique non-linéaire et bifurcations, par V. Bourges.
- Changement de fréquence, effet Doppler, par Y. Baima, A. Jorandon, S. Morlen, M. Vincent.

- La décharge du condensateur révisité, par C. de Izarra, O. Vallée.
- Utilisation d'un montage assimilable à une diode sans seuil pour étudier la disparition du courant dans une bobine, par D. Gauthier, J.-P. Defossez.
- De l'oscillateur harmonique à Van der Pol, par L. Sartre.
- Synthèse d'un ester par substitution nucléophile, par A. Le Lirzin, M. Terrien.
- Une expérience simple mettant en évidence la quantification de l'énergie lumineuse en classe de terminale scientifique, par B. Neuville.
- Convertisseur analogique-numérique en seconde IESP, par B. Guillot.
- Tridisciplinarité pour l'apprentissage des techniques d'analyses chimiques, par C. Genin *et al.*
- Glossaire des mots anglais couramment utilisés pour le réglage des appareils de mesures.
- Le stockage des produits chimiques, par A. Mathis.

Livres

SPECTROSCOPIES
D'ABSORPTION ÉLECTRONIQUE

J.-R. Lalanne, F. Carmona, L. Servant
Broché, 295 p., Masson, 1998

Après un chapitre d'introduction, l'ouvrage débute par une solide introduction physico-mathématique : théorie classique du rayonnement (chapitre II), mécanique quantique, théorie des groupes et applications (chapitre III, 78 p.). La partie de chapitre consacrée aux atomes est relativement complète puisqu'elle introduit le couplage spin-orbite et le couplage Russell-Saunders, sans cependant beaucoup insister sur la différence qui existe entre une représentation dans l'approximation monoélectronique et la description multiélectronique. On est même tenté de croire, à lire la page 71, que la description monoélectronique ignore les interactions entre électrons. Le cas des molécules est encore plus discutable. Il n'est question que d'approximation monoélectronique, même si les notations de symétrie utili-

sent des lettres majuscules contrairement à la convention (utilisée dans l'ouvrage pour les atomes) qui consiste à réserver les majuscules aux états multiélectroniques. On peut d'ailleurs regretter que les auteurs se soient limités à cette approximation car, s'étant dotés des outils mathématiques nécessaires dans l'exposé relatif à la théorie des groupes, ils auraient pu sans difficulté déterminer les états multiélectroniques d'une molécule excitée et expliquer en quelques lignes les trois bandes observées expérimentalement sur le spectre d'absorption du benzène, qui correspondent à la seule transition dans le schéma monoélectronique (qui fait par ailleurs l'objet d'un exposé détaillé dans ce chapitre). Signalons, enfin, une certaine confusion entre l'interaction de configuration et la prise en compte des interactions électrostatiques entre électrons (p. 86).

Le chapitre IV est essentiellement consacré à une excellente introduction expérimentale et la partie théorique, relative à l'absorption lumineuse par les atomes et les molécules, est également

bien conduite. Les applications aux systèmes d'intérêt chimique : atomes et molécules, fait essentiellement l'objet d'exercices et problèmes, ce qui constitue un choix tout à fait intéressant. Néanmoins, les exemples sont limités à des systèmes simples décrits dans la limite de l'approximation monoélectronique. Ce chapitre souffre, en outre, d'une fâcheuse coquille, répétée (p. 184 et 186) où le symbole du produit direct a été remplacé par celui de la somme.

Le chapitre V traite de la spectroscopie en lumière polarisée et de la théorie de l'activité optique, sous une forme très accessible.

Le chapitre VI est consacré aux spectroscopies d'absorption photoélectronique, avec une bonne introduction expérimentale mais des applications essentiellement consacrées aux molécules diatomiques, alors que des exemples détaillés dans le cas de molécules polyatomiques simples (le méthane, par exemple, ou même la molécule d'eau mieux analysée que cela n'est fait dans l'exercice VI 4.5), pouvaient assurer un

lien beaucoup plus fort des spectres de photoélectrons avec la représentation en orbitales moléculaires introduite au chapitre III.

Le dernier chapitre traite des spectroscopies d'absorption laser, d'un point de vue essentiellement physique, et convient tout à fait à un lecteur qui souhaite s'initier à ces nouvelles méthodes d'investigation.

Cet ouvrage est d'un incontestable intérêt pour ceux qui souhaitent approfondir leurs connaissances sur les fondements physiques des spectroscopies électroniques. Il est sans doute regrettable que les auteurs aient voulu introduire les théories électroniques moléculaires en se limitant à un niveau aussi élémentaire qui est manifestement insuffisant pour interpréter les données spectroscopiques. Il aurait sans doute été préférable, soit de se référer à des ouvrages existants, soit de consacrer une ou deux pages de plus pour montrer comment aller plus loin, puisque tous les outils nécessaires étaient introduits ; et éviter ainsi certaines erreurs d'interprétation auxquelles risque de conduire l'exposé.

Il convient de signaler la présence de nombreux exercices, avec une solution succincte. Compte tenu de l'origine des exercices, souvent tirés des problèmes d'agrégation, il est clair que cet ouvrage sera sûrement plus accessible à des lecteurs déjà avertis qu'à des débutants.

Jean-Louis Rivail

GUIDE DES AIDES AUX FORMATIONS DOCTORALES OU POSTDOCTORALES. CONTRATS DE FORMATION PAR ET POUR LA RECHERCHE (11^e édition)

488 p., 240 F
(220 F pour les membres de l'Andès),
plus port
Andès, 1998

L'édition 1997/1998 du Guide de l'Andès, mise à jour et augmentée par rapport aux précédentes, regroupe les quelque 6 300 aides publiques françaises accordées par trente-six organismes, les systèmes mis en place par vingt-huit organisations internationales de type CE, CERN, OTAN, UREF/AUPELF, Frontière humaine, FEBS, FEMS, ESRF, EERO, etc., et la participation de presque tous les conseils régionaux aux co-financements avec les grands organismes, celles peu connues mais non moins

importantes de nos sociétés industrielles, et enfin aborde le domaine complexe des bourses qu'accordent quatre-vingt trois institutions et fondations privées. Plus de 170 prix scientifiques sont décrits, classés par disciplines. Enfin, un chapitre de plus de 200 pages détaille tous les programmes multilatéraux du ministère des Affaires étrangères (MAE) - avec les adresses de toutes les ambassades et centres culturels -, du ministère de l'Éducation nationale, de la Recherche et de la Technologie (MENRT), du secrétariat d'État à la Coopération et à la Francophonie, du ministère de la Défense, celui de l'Agriculture et de la Pêche. Enfin, avec la participation de l'ensemble des postes diplomatiques, les accords bilatéraux entre la France et 62 pays sont détaillés.

Pour chaque aide, ce guide précise de manière synthétique à qui et pourquoi elle est accordée, qui la gère, à qui et quand la demander, comment l'obtenir, quel est son montant, sa durée, le domaine concerné etc. Un classement thématique des fondations facilite la consultation de ce chapitre. Un index regroupe tous les organismes et les programmes cités.

LIVRES PARUS

- **État de la recherche toxicologique en France**
rapport de l'Académie-Cadas
100 p., 150 F
Tec et Doc-Lavoisier, 1998
- **Biological aspects of carbohydrates**
sous la direction de J. Lehmann
274 p., relié : 148 DM, broché : 85 DM
Georg Thieme Verlag, 1998
- **Principles of environmental toxicology**
I.C. Shaw, J. Chadwick
232 p., relié : 40 £, broché : 14,95 £
Taylor and Francis, 1998
- **Les composés organiques volatils (COV) dans l'environnement**
sous la direction de P. Le Cloirec
768 p., relié : 795 F
Tec et Doc-Lavoisier, 1998
- **Guidelines for safe warehousing of chemicals**
200 p., relié : 103 £
IChem-E, 1997
- **Controlling industrial emissions - practical experience**
220 p., relié : 55 £
IChemE, 1997
- **Chimie organique. Méthodes et modèles**
Pierre Vogel
1436 p., 499 F
De Boeck Université, 1998
- **Supercritical fluid chromatography with packed columns**
sous la direction de K. Anton, C. Berger
472 p., 165 \$
Marcel Dekker, Inc., 1997
- **Supercritical fluids. Extraction and pollution prevention**
sous la direction de M.A. Abraham, A.K. Sunol
308 p., relié : 75 £
American Society, 1998
- **Cours de chimie analytique. Complexes, composés peu solubles, cinétique**
M.-B. Fleury
152 p., 175 F
Polytechnica, 1997
- **Spreadsheets in science and engineering**
G. Filby
289 p., relié : 370 F
Springer, 1998
- **Application of transition metal catalysts in organic synthesis**
L. Brandsma, S.F. Vasilevsky, H.D. Verkruijsse
335 p., relié : 746 F
Springer, 1998
- **Advances in gas-phase ion chemistry (vol. 3)**
sous la direction de N.G. Adams, L.M. Babcock
376 p., 69,50 £
JAI Press Inc., 1998
- **Les piles à combustibles. État du développement et des recherches en cours à l'aube de l'an 2000**
M. Prigent
64 p., broché : 120 F
Institut Français du Pétrole, 1998
- **Le raffinage du pétrole 2. Procédés de séparation**
sous la direction de J.-P. Wauquier
704 p., relié : 780 F
- **3. Procédés de transformation**
sous la direction de P. Leprince
768 p., relié : 790 F
Institut Français du Pétrole, 1998

16, rue Claude Bernard, 75231 Paris Cedex 05.
01.43.32.51.12.
Fax: 01.43.32.18.42

Rappel des manifestations organisées par la Société Française de Chimie ou sous son parrainage

19-24 juillet 1998

XVII^e Congrès international sur les cristaux liquides

Strasbourg

Division Matériaux polymères et élastomères

(*L'Act. Chim.*, mars 1998, p. 42)

- L. Reibel. Tél. : 03.88.41.40.72.

25-29 août 1998

1st European Conference in chemical education (ECCE)

Budapest (Hongrie)

(*SFC Info*, octobre 1997, p. II)

- Terezia Mihalyi.
Tél. : +36 (1) 201 6883.

30 août-2 septembre 1998

9th Fecchem Conference on heterocycles in bio-organic chemistry

Aussois

(*SFC Info*, novembre 1997
et mai 1998, p. III)

- G. Leclerc. Tél. : 04.76.04.10.06.

6-11 septembre 1998

Euroanalysis 10

Bâle (Suisse)

(*L'Act. Chim.*, février 1998,
p. 45)

- Secrétariat du Congrès.
Tél. : +41 (61) 683 13 81.

15-17 septembre 1998

Journées de la division Chimie organique

Palaiseau

(*L'Act. Chim.*, avril 1998, p. 43)

- C. Iannarelli. Tél. : 01.47.71.90.04.

16-18 septembre 1998

Art et chimie. La couleur

Paris

(*SFC Info*, juin 1997, p. I et
novembre 1997, p. I)

- SCI. Tél. : 01.53.59.02.10.

21-25 septembre 1998

Journées d'études des polymères

Veules-les-Roses

(*L'Act. Chim.*, avril 1998, p. 43)

- Jovanka Huguet.
Tél. : 02.35.14.66.99.

23-25 septembre 1998

Spica 98 (preparative and industrial chromatography)

Strasbourg

(*SFC Info*, juillet 1997, p. II)

- F. Brionne. Tél. : 03.83.17.50.03.

27-30 septembre 1998

International Bunsen discussion Meeting

Heidelberg (Allemagne)

Division Chimie physique

(*SFC Info*, juin 1997, p. II)

- M. Grunze. Tél. : +49 6221 54 84 61.

4-7 octobre 1998

18th European Colloquium on heterocyclic chemistry

Rouen

(*L'Act. Chim.*, mai 1998, p. 50)

- Organizing Committee of the XVIIIth
EHC. Tél. : 02.35.52.29.00.

4-9 octobre 1998

Galerie 98 : de la molécule au solide

La Rochette

(*L'Act. Chim.*, mai 1998, p. 45)

- Tél. : 01.44.27.32.77.

17-19 novembre 1998

28^e Colloque national du GFP

Villeneuve d'Ascq

Division Matériaux polymères et élastomères

(*L'Act. Chim.*, mars 1998, p. 42)

- L. Reibel. Tél. : 03.88.41.40.72.

10-11 décembre 1998

Journées de la division Chimie de coordination

Rennes

(*L'Act. Chim.*, avril 1998, p. 43)

- Véronique Guerchais.
Tél. : 02.99.28.67.29.

5-9 juillet 1999

IV^e Conférence Paul Sabatier pour la catalyse

Strasbourg

Division Catalyse

(*L'Act. Chim.*, mai 1998, p. 49)

- G. Maire. Tél. : 03.88.41.60.43.

30 août-3 septembre 1999

5th International Symposium on heterogeneous catalysis and fine chemicals

Lyon

(*L'Act. Chim.*, mars 1998, p. 43)

- Pierre Gallezot. Tél. : 04.72.44.53.86.

Calendrier des manifestations à venir

18-21 août 1998

29^e Colloque canadien sur les polymères

Lac Beauport (Québec, Canada)

- Renseignements : Hayder Zahalka,
29th Canadian High Polymer Forum,
Research and Development,
Bayer Inc., Sarnia, Ontario,
N7T 7M2, Canada.
Tél. : +1 (519) 337-8251 (poste 5404).
E-mail : hayder.zahalka.b@bayer.com

4-7 septembre 1998

Supramolecular science : where we are and where we are going

Lerici, La Spezia (Italie)

- Renseignements : R. Ungaro,
Università di Parma,
Dip. Chimica Organica e Industriale,
Viale delle Scienze,
43100 Parma, Italie
Fax : +39 (521) 905 472.
Serveur :
<http://www.unipr.it/~natoarw>

6-11 septembre 1998

Molec XII : European Conference on dynamics of molecular collisions

Bristol (Royaume-Uni)

- Renseignements : G.G. Balint-Kurti,
Molec Conference,
School of Chemistry,
University of Bristol, Bristol BS8 ITS,
Royaume-Uni.
Tél. : +44 (117) 9288313 ou 9287662.
Fax : +44 (117) 9250612.
E-mail : MOLEC-98@Bristol.ac.uk
Serveur :
<http://www.tlchm.bris.ac.uk/molec/molec.htm>

15-17 septembre 1998

Semaine de l'électronique et de la physique 98

Paris

- Renseignements : Martine Renault,
Exposium, 1, rue du parc,
92593 Levallois Cedex.
Tél. : 01.49.68.51.89.
Fax : 01.49.68.54.66.

15-17 septembre 1998

Vendre le service documentation en interne

Paris

- Renseignements :
Fabienne Huart-Jéronimo,
Rencontres d'affaires,
18, bd de Reuilly, 75012 Paris.
Tél. : 01.53.17.18.45.
Fax : 01.40.01.02.62.

17-18 septembre 1998

Les 3^e Entretiens de la physique

Paris

- Ces entretiens développeront
quatre thèmes :
– Petawatt et femtoseconde :
les impulsions laser ultra courtes,
– Photonique moléculaire :
de la molécule au composant,
– Modélisation mathématique et
simulation numérique,
– Physique, imagerie et détection.
- Renseignements :
Secrétariat de la SFP,

33, rue Croulebarbe, 75013 Paris.
Fax : 01.44.08.67.19.
E-mail : sfp@ihp.jussieu.fr

21-22 septembre 1998

15^e Journées de chimie organique du Campus Jussieu/Laboratoires Merck-Schuchardt

Paris

Organisées en association avec les Laboratoires Merck-Schuchardt, ces journées sont ouvertes librement à l'ensemble de la communauté scientifique et comportent une série de communications faites par des étudiants en fin de thèse (régulièrement inscrits à l'université P. et M. Curie). Chacune de ces journées sera marquée par la présence d'un conférencier étranger. Cette année, ce sont les professeurs Carmen Najera (université d'Alicante, Espagne) et Pierre

Vogel (université de Lausanne, Suisse).

- **Renseignements :** Corinne Aubert, Université Pierre et Marie Curie, 4, place Jussieu, tour 44-54, 2^e étage, case 229, 75252 Paris Cedex 05. Tél. : 01.44.27.70.68. Fax : 01.44.27.73.60. E-mail : aubert@ccr.jussieu.fr

23-25 septembre 1998

13^e Journées information eaux

Poitiers

Le programme scientifique comprend, outre l'exposition, une conférence de recherche sur le thème de l'utilisation de l'ozone et des procédés avancés d'oxydation en traitement des eaux (conférence O₃ et AOPs).

- **Renseignements :** APTEN-ESIP, 40, av. du Recteur Pineau, 86022 Poitiers Cedex. Tél. : 05.49.45.37.40. Fax : 05.49.45.37.42. E-mail : apten@esip.univ-poitiers.fr

23-26 septembre 1998

GEI-98 Meeting electrochemistry : Luigi Galvani bicentenary

Bologne (Italie)

Une session sera consacrée aux sociétés électrochimiques et à leurs activités (États-Unis, Allemagne, France, Italie).

- **Renseignements :** B. Scrosati, Università Degli Studi di Roma La Sapienza, Dipartimento di Chimica, Piazzale Aldo Moro, 5, 00185 Roma, Italie. Tél. : +39 (6) 4462866. Fax : +39 (6) 491769.

27-30 septembre 1998

Polycondensation '98

Annapolis (MD, États-Unis)

Ce symposium international est patronné par la division Chimie des polymères de l'ACS, par l'IUPAC et l'European Polymer Federation.

- **Renseignements :** Neta L. Byerly, Division of Polymer Chemistry, Virginia Tech, 201 Hancock Hall M.C. 0257, Blackburg, VA 24061. Tél. : +1 540.231.3029. Fax : +1 540.231.9452. E-mail : nbyerly@vt.edu

15 octobre 1998

Applications des microondes dans les procédés industriels

Grenoble

Thèmes retenus : Les techniques microondes utilisées aussi bien pour le chauffage des matériaux solides que pour l'ionisation d'une phase gazeuse et l'excitation des plasmas froids : dispositifs microondes au service des applications industrielles traditionnelles (chauffage de fluides corrosifs, séchage...), récentes (sécheur sous vide pour les industries agro-alimentaires et pharmaceutiques) et innovantes (préparation par microondes des catalyseurs d'isomérisation, élaboration et traitement des matériaux organiques et inorganiques, traitements et revêtements de surface par plasmas froids, traitement des textiles par plasma...).

- **Renseignements :** Yves Pauleau, ENSEEG, BP 75, 38402 Saint Martin d'Hères Cedex. Tél. : 04.76.82.65.25. Fax : 04.76.82.66.30.

15-16 octobre 1998

L'organisation du laboratoire pour l'assurance qualité : de la conception à l'informatisation (ASFILAB)

Paris

- **Renseignements :** C. Chambelland, Asfilab, 191, av. Aristide Briand, 94237 Cachan Cedex. Tél. : 01.41.24.88.09. Fax : 01.41.24.87.99.

20-23 octobre 1998

Salon international de la technologie de l'environnement et de la sécurité au travail

Gand (Belgique)

- **Renseignements :** IFEST, p/a Flanders Expo s.a., Maaltekoeter 1, B-9051 Gent, Belgique. Tél. : +32 (9) 241.92.11. Fax : +32 (9) 241.94.95. E-mail : com.expo@pophost.eunet.be Serveur : http://www.flexpo.be

21-23 octobre 1998

Convention européenne de la qualité

Paris

Cet événement est organisé conjointement par la Fondation

Européenne pour le Management par la Qualité (EFQM), l'Organisation Européenne pour la Qualité (EOQ) et le Mouvement Français pour la Qualité (MFQ).

- **Renseignements :** Étienne Dessus de Cerou, Mouvement Français pour la Qualité - MFQ, 41, rue des Trois Fontanot, 92024 Nanterre Cedex. Tél. : 01.55.17.47.70. Fax : 01.55.17.47.71.

3-5 novembre 1998

Kemia 98 et Congrès chimique finlandais

Helsinki (Finlande)

Date limite d'envoi des résumés de communications soumis pour le congrès chimique finlandais : 11 septembre 1998. Principaux thèmes retenus : industrie chimique, analyse, enseignement, chimie clinique, alimentation...

- **Renseignements :** Ms Helena Visti, Association of Finnish Chemical Societies, Hietaniemenkatu 2, Fin-00100 Helsinki, Finlande. Tél. : +358 (9) 4542 0442. Fax : +358 (9) 408 780. E-mail : skks@kemia.pp.fi

18-25 novembre 1998

14^e Festival international du film scientifique

Palaiseau

- **Renseignements :** Festival international du film scientifique, Mairie de Palaiseau, BP 6, 91125 Palaiseau Cedex. Tél. : 01.60.14.22.22. Fax : 01.60.14.19.46.

25-26 novembre 1998

Biotransformations dans l'industrie : innovation technologique et impact économique

Paris

Ce colloque est organisé par le Comité Biotech France et Organibio sur :
 – la chimie pharmaceutique,
 – la chimie fine et agro-industrie,
 – les perspectives technologiques.

- **Renseignements :** J. Buendia, SCI, 28, rue Saint-Dominique, 75007 Paris.

Tél. : 01.53.50.02.15.

Fax : 01.45.55.40.33.

E-mail : SCI.fr@Wanadoo.fr

Serveur : http://www.scifrance.org

1-4 décembre 1998

3^e Congrès international de la Société Chimique Cubaine Salon de la chimie 3^e Congrès international de chromatographie Atelier international sur les problèmes à grande échelle

La Havane (Cuba)

Principales sessions du congrès : enseignement, chimie dans l'industrie, l'agriculture, la médecine, la biologie, l'environnement, la chimie comme science fondamentale, l'histoire de la chimie à Cuba. Date limite de soumission des résumés de communication : 15 septembre 1998.

- **Renseignements :** Dr Rolando Pellon Comdom, III Congreso SCQ, Centro de Quimica Farmaceutica, ave 21 y 200, Rpto. Atabey, Apdo. 16042, Ciudad Habana, CP 11600, Cuba. Tél. : +53 (7) 218178. Fax : +53 (7) 336471. E-mail : cqf@infomed.sld.cu

21-24 février 1999

22nd Annual Meeting of the Adhesion Society

Panama City Beach (Fl, États-Unis)

- **Renseignements :** David R. Speth, Dow Chemical Company, 1712 Building, Midland, MI 48674, États-Unis. Tél. : +1 (517) 636 9238. Fax : +1 (517) 636 6558. E-mail : drspeth@dow.com

22-26 mars 1999

17^e Salon international des traitements de surface et de la finition industrielle : SITS 99

Paris-Nord Villepinte

- **Renseignements :** SITS 99, Expositum, 1, rue du Parc, 92593 Levallois-Perret Cedex. Tél. : 01.49.68.54.81. Fax : 01.49.68.54.84. E-mail : sits99@expositum.fr

16-18 septembre 1998

Art et chimie la couleur

Paris

Ce congrès international SFC/SCI sur l'apport de la chimie aux œuvres d'art se déroulera dans l'amphithéâtre Rohan de l'École du Louvre, au Palais du Louvre.

Il a pour but de mettre en lumière les relations étroites, mais le plus souvent cachées, de la chimie avec la création artistique et l'obtention d'effets colorés. On tentera de montrer l'apport essentiel de la chimie analytique et de la physico-chimie moléculaire dans les différentes phases de la vie des œuvres : conditions d'élaboration de la matière, utilisation de celle-ci par l'artiste, procédés mis en œuvre pour leur restauration.

Tous les aspects de l'emploi artistique des couleurs seront abordés quel que soit le support : bois, papier, parchemin, textile, cuir, pierre, verre, etc. On traitera tout particulièrement de l'apport des techniques de pointe (chimie, physique, analyse d'images) à la connaissance des œuvres colorées.

Le 16 septembre au matin seront présentées :

- des allocutions de bienvenue par J. Goupy (Société Française de Chimie), J.-P. Mohen (Laboratoire de recherche des Musées de France) et P. Tripard (Société de Chimie Industrielle) ;
- une allocution de Catherine Trautmann (ministre de la Culture et de la Communication) ;
- l'introduction au congrès par D. Ponnau (directeur de l'École du Louvre) ;
- des conférences inaugurales :

– *Les maîtres de la couleur : un siècle d'histoire du Conservatoire National des Arts et Métiers*, par Gérard Emptoz (Faculté des Sciences et Techniques, université de Nantes),

– *Chimie, couleurs et civilisations*, par Maurice Chastrette (université Claude Bernard, Lyon I)

– *Le témoignage du peintre*, par Olivier Debré (Paris).

Quatre sessions sont prévues :

• Session A : Histoire des matières colorantes, avec la conférence plénière de A. Oddy (The British Museum, Londres) sur *Ores, corrosion products and pigments*.

• Session B : Élaboration de la couche picturale, avec la conférence plénière de J. Gage (University of Cambridge, Royaume-Uni) sur *Dead colour : some problems in the interpretation of layers*.

• Session C : Conservation, avec la conférence plénière de N. Tennent (The Netherlands Institute for Cultural Heritage, Amsterdam) sur *The conservation scientist's role in studying colour changes in works of art and conservation materials*.

• Session D : Caractérisation des œuvres picturales, avec la conférence plénière de M. Schreiner (Academy of fine arts, Institute of Chemistry, Vienne) sur *Non destructive material analysis of printed artefacts : present state, trends and perspectives*.

- Renseignements : Société de Chimie Industrielle, 28, rue Saint-Dominique, 75007 Paris. Tél. : 01.53.59.02.10. Fax : 01.45.55.40.33.

DIVISIONS

Matériaux polymères et élastomères

17-19 novembre 1998

28^e Colloque national du GFP

Lille

Ce colloque national est organisé par la section Nord du GFP (Groupe Français d'Études et d'Applications des Polymères) en collaboration avec l'université des sciences et technologies de Lille et le Groupement des Industries de la Plasturgie Nord/Pas de Calais. Thème retenu : Polymères et futur.

Parmi les conférenciers invités : Xavier Coqueret (ENSC Lille), Ghislaine Coulon (UST Lille), Bertrand Escaig (UST Lille), Bertrand Fillon (American National Can. Neenah, Wis), Bernard François (CNRS, Pau), Michel Glotin (Cerdato-Elf Atochem), Yves Gnanou (CNRS, Bordeaux), Françoise Lafuma (CNRS/ESPCI, Paris), Michel Morcellet (UST Lille), Jean-Pierre Pascault (INSA, Lyon), Clément Sanchez (CNRS/Paris VII), Gerhardt Wegner (Max Planck Institut für Polymer Forschung, Mayence), Robert Zwanenburg (Crayvalley, Verneuil en Halatte), Joseph Zyss (CNET/DT, Bagneux).

- Renseignements : Michelle Delporte, Claude Loucheux, Laboratoire de chimie macromoléculaire, Université des Sciences et Technologies de Lille, bât. C6, 59655 Villeneuve d'Ascq Cedex. Tél. : 03.20.43.47.51 ou 03.20.43.49.64. Fax : 03.20.43.43.45. E-mail : gfp-secnord@univ-lille1.fr

COMMISSION INTERDIVISIONS ENSEIGNEMENT

Prix annuel d'enseignement de la chimie

Comme chaque année, la commission interdivisions Enseignement se propose d'attribuer le prix d'enseignement de la chimie 1998 à la personne qui aura le mieux contribué à une amélioration de l'enseignement de la chimie, faisant preuve dans ce domaine d'une activité reconnue et appréciée par la communauté des chimistes. Les candidatures devront être parrainées par un membre de la Société Française de Chimie et adressées sans indication de nom au président de la commission, à l'adresse suivante :

Société Française de Chimie, M. le Président de la commission interdivisions Enseignement, Prix 1998, 250, rue Saint-Jacques, 75005 Paris. Les dossiers devront parvenir au siège de la Société au plus tard le *mardi 20 octobre 1998*.

Remarque : Cette année, le domaine de travail des candidats n'est pas limité *a priori* à un aspect déterminé de l'enseignement de la chimie.

Mai 1999

XVI^e JIREC, Les Journées d'innovation et de recherche sur l'éducation en chimie

Région nantaise

Thème de ces futures journées : « Les matériaux ».

Le programme est en cours d'élaboration et les dates et lieu exacts ne sont pas encore définitivement arrêtés.

- Renseignements : Pascal Gressier, Institut des Matériaux UMR 110, Université de Nantes, 2, rue de la Houssinière, BP 32229, 44322 Nantes Cedex 3. Tél. : 02.40.37.64.12. Fax : 02.40.37.64.18. E-mail : gressier@cnsr-imm.fr

12-14 mai 1999

9^e Réunion MIEC

Bruxelles (Belgique)

La commission soutiendra la 9^e réunion MIEC (Multimedia et informatique pour l'enseignement de la chimie) qui se tiendra à l'université libre de Bruxelles.

- Renseignements : Jean-Pierre Rabine, Centre Documentaire Informatique Enseignement Chimie, 06108 Nice Cedex 2. Fax : 04.92.07.61.25. E-mail : rabine@unice.fr. Serveur : <http://www.unice.fr/cdiac>

Annuaire des membres de la SFC

Une programmation défectueuse de notre système informatique, imputable à notre prestataire de services, a entraîné certaines erreurs dans le nouvel annuaire 1997/1998.

Nous prions les membres concernés de bien vouloir accepter toutes nos excuses.

La SFC

SECTIONS

21-22 janvier 1999

**Journées scientifiques
SFC-Grand Est**

Strasbourg

Organisées par la section Alsace-Strasbourg, ces journées se tiendront à l'Institut de Chimie.

- Renseignements : Maurice Goeldner, Laboratoire de chimie bioorganique, Faculté de pharmacie ULP-CNRS 7514, BP 24, 67401 Illkirch Cedex. Tél. : 03.88.67.69.91. Fax : 03.88.67.88.91. E-mail : goeldner@bioorga.u-strasbg.fr

Centre

Nouveau bureau de la section

Le 30 mars 1998, lors de l'assemblée annuelle de la SFC centre, il a été procédé à l'élection du nouveau bureau de la section.

Celui-ci se compose de :

- Président : François Béguin (CNRS/CRMD, Orléans)
- Vice-président : Jean-François Tranchant (Christian Dior, Saint-Jean-de-Braye)
- Trésorier : Jacques Choynet (université d'Orléans)
- Secrétaire : Jean-Yves Mérour (université d'Orléans).
- François Béguin, CNRS/CRMD, 16, rue de la Ferrollerie, 45071 Orléans Cedex 2. Tél. : 02.38.25.53.75. Fax : 02.38.63.37.56. E-mail : beguin@cnrs-orleans.fr

**Provence-Alpes-
Côte d'Azur**

Nouveau bureau de la section

Le bureau de la région PACA a été modifié et élargi à l'université d'Avignon. Il a également été renforcé par un responsable jeunes. Le bureau est désormais constitué comme suit :

- Président : J. Barbe (Marseille-Pharmacie)
- Secrétaire : R. Guglielmetti (Marseille-Luminy)
- Trésorier : J. Kister (Marseille-St Jérôme)
- Vice-président industrie : W. Jequier (Marseille-Atochem)
- Vice-Président Nice : J.-F. Gal
- Vice-président Toulon : J. Musso
- Vice-président Avignon : B. Pucci
- Responsable « Jeunes » : D. Cabrol-Bass.

**Nouveaux avantages
réservés aux membres de la SFC**

Les membres de la Société Française de Chimie bénéficient de réductions importantes sur les abonnements aux revues *Synthesis* et *Synlett*, éditées par Thieme Verlag (Allemagne).

Pour tous renseignements, contacter le service abonnements de Thieme Verlag : Fax : +49 07 11 89 31 298.

- Jacques Barbe, Faculté de pharmacie, Gerctop-UPRES A CNRS 6009, 25, bd Jean-Jaurès, 13385 Marseille Cedex 5. Tél. : 04.91.79.38.32. Fax : 04.91.83.56.30. E-mail : gerctop@pharmacie.univ-mrs.fr

Paris

21-22 septembre 1998

**15^e Journées de chimie organique
du Campus Jussieu**

Paris

Journées en association avec les laboratoires Merck-Schuchardt et le Club des jeunes sociétaires.

- Renseignements : Corinne Aubert, Tour 44-54, 2^e étage, case 229, 4, place Jussieu, 75005 Paris. Tél. : 01.44.27.70.68. Fax : 01.44.27.73.60. E-mail : aubert@ccr.jussieu.fr

Rhône-Alpes

24 septembre 1998

Journée de la section

Lyon

Cette journée, qui se tiendra Campus de la Doua, comprendra une conférence plénière, suivie de 4 conférences de divisions : Chimie organique, Catalyse-Chimie de coordination, Chimie analytique-Chimie-physique, Chimie du solide-Matériaux polymères et élastomères, puis de séances de communications et d'une séance de posters.

- Renseignements : D. Sinou, Laboratoire de synthèse asymétrique, bât. 308, CPE Lyon, Université Claude Bernard Lyon 1, 43, bd du 11 Novembre 1918, 69622 Villeurbanne Cedex. Tél. : 04.72.44.62.63. E-mail : sinou@univ-lyon1.fr

PARRAINAGES

6 octobre 1998

Actualités de chimie analytique

Châtenay-Malabry

Cette manifestation est organisée sous le patronage de la division Chimie analytique de la Société Française de Chimie, du Syndicat National de l'Industrie Pharmaceutique et de la Société des Sciences et Techniques Pharmaceutiques.

Thèmes des actualités : formulation pharmaceutique et conditionnement, avancées analytiques et données réglementaires.

Inscriptions avant le 28 septembre 1998.

- Renseignements : D. Ferrier, Laboratoire de Chimie analytique, Faculté de Pharmacie, 1, rue J.B. Clément, 92296 Châtenay-Malabry Cedex. Tél. : 01.46.83.54.59.

CLUBS DES JEUNES

Caen

Le club de Caen a organisé, le 20 mai dernier, une conférence sur la gastronomie moléculaire, donnée par Hervé This. Ce dernier a su captiver l'attention des 150 auditeurs par ses expériences gastronomiques. Lors de cette conférence, la présidente du club, Cécile Duclairoir, a confirmé la participation de Caen aux prochains « Défis expérimentaux » qui auront lieu en octobre et dont Hervé This est le parrain. Des informations seront données ultérieurement.

- Cécile Duclairoir. Tél. : 02.31.45.28.61. Fax : 02.31.45.28.77. E-mail : Cecile.Duclairoir@ismra.fr

PLIS CACHETÉS

La SFC a reçu le pli cacheté suivant (*droits de garde 80 F par pli cacheté déposé*) :

- Le 14 mai 1998, de Rhodia Chimie (S/SF/98043), sous le n° 328 ; de Rhodia Chimie (S/SF/98044), sous le n° 329 ; et de Rhodia Chimie (S/SF/98045), sous le n° 330.

OFFRES

97229 - UN CHERCHEUR EN CHIMIE THÉRAPEUTIQUE

Un grand groupe pharmaceutique recherche un chercheur en chimie thérapeutique (docteur SC + postdoctorat ou équivalent) pour animer une des équipes chargées de la conception et de la mise au point de molécules nouvelles destinées à des applications thérapeutiques.

Ce poste conviendrait à un jeune docteur possédant des connaissances très étendues à la fois conceptuelles et expérimentales, en chimie organique et/ou thérapeutique. Une expérience postdoctorale significative et réussie dans une grande université étrangère et/ou plusieurs années de pratique de la chimie thérapeutique dans l'industrie pharmaceutique sont indispensables. L'environnement international du poste exige la pratique très courante de l'anglais.

Les lettres de candidatures (CV, photographie, résumé des travaux scientifiques, liste des publications) sont à faire parvenir à la SFC qui transmettra.

97230 - UN CHIMISTE (SYNTHÈSE ORGANIQUE)

Un grand groupe pharmaceutique recherche un chimiste en synthèse organique (maître ès sciences + DEA ou équivalent) pour réaliser des travaux de synthèse au sein d'une équipe chargée de la conception puis de la mise au point de molécules nouvelles destinées à des applications thérapeutiques.

Le poste conviendrait à un jeune maître ès sciences, ayant consolidé ses connaissances théoriques par un DEA associé un travail de synthèse organique (ou encore possédant une petite expérience de la recherche industrielle en chimie organique fine). Pour réussir dans ce poste, il est nécessaire de posséder une très forte motivation pour le travail expérimental en laboratoire ; de solides connaissances de bases en anglais (écrit et parlé) sont exigées.

Les lettres de candidatures (CV, photographie, résumé des travaux scientifiques, liste des publications) sont à faire parvenir à la SFC qui transmettra.

97231 - CHIMISTE ORGANICIEN

La firme suédoise Astra (Loughborough, Angleterre) recherche des chimistes organiciens spécialisés en synthèse, ayant un niveau DEA

ou équivalent (les jeunes diplômés sont les bienvenus).

• **Contact : Dr Lilian Alcaraz, Medicine Chemistry Department, Astra Charnwood, Bakewell Road, Loughborough LE11 5RH Leics, Royaume-Uni.**
Tél. : +44 1509 644880. Fax : +44 1509 645571.
E-mail : Lilian.Alcaraz@astra.com

97232 - BOURSE DE THÈSE DE DOCTEUR-INGÉNIEUR

Bourse BDI cofinancée CNRS/Région

Le sujet se situe à l'interface chimie-biologie et l'outil principal utilisé sera la RMN : Étude par RMN du métabolisme de *Fibrobacter succinogenes*. Application au prétraitement de déchets fortement lignifiés.

• **Contact : Anne-Marie Delort, Université Blaise Pascal, UMR 6504 SEESIB, 63177 Aubière Cedex.**
Tél. : 04.73.40.77.14. Fax : 04.73.40.77.17.
E-mail : amdelort@chimtp.univ-bpclermont.fr

97235 - ASSISTANT TECHNIQUE (ADDITIFS PÉTROLIERS)

Poste basé dans la région de Rouen - Le Havre

Le candidat assurera le support technique associé à la commercialisation d'une gamme d'additifs aux fuels et gasoils auprès d'une clientèle constituée de raffineries pétrolières situées en France.

Profil recherché :

- BTS ou DUT Chimie ou bac +3/+4
- Connaissance de la technologie du raffinage de produits pétroliers

- Excellentes aptitudes relationnelles. Une première expérience professionnelle du contact client est appréciée.

- Dynamisme, sens de l'initiative, autonomie.
- Maîtrise de l'outil informatique. Une expérience au développement et à l'utilisation de programmes de simulation serait appréciée.

- Anglais courant indispensable.
- Nombreux déplacements sur des sites de production en France.

• **Prendre contact avec M. Lemoine.**
Tél. : 03.44.85.40.07.

97236 - ASSISTANT COMMERCIAL

Rattaché au directeur général, le candidat assurera la responsabilité du développement de notre ligne de produits (minéraux à usage indus-

triel), et sera chargé des analyses de marché (informations terrain, études externes) et du suivi des clients. Il coordonnera les activités qui concourent à la réalisation des objectifs de l'entreprise, et secondera le DG pour suivre la production, les stocks, l'administration des ventes. De nombreux déplacements seront à prévoir : province dans un premier temps, pays de l'UE dans un second.

La parfaite maîtrise de l'anglais est exigée (3e/voire 4e langue appréciée).

Ce poste, basé dans les Yvelines, s'adresse à un jeune diplômé (bac +2 min.) ou à une personne expérimentée dans une fonction vente et/ou similaire, dans les secteurs d'activité suivants : tuiles et briques, céramique, engrais.

97234 - STAGE POST-DOCTORAL

Le Laboratoire de chimie et biochimie pharmacologiques et toxicologiques, équipe du Pr J.C. Depezay, recherche un docteur en chimie, spécialisé en synthèse organique, avec de bonnes compétences en chimie fine.

Ce contrat d'un an prendra effet au 1er octobre 1998.

CV et deux lettres de recommandations sont à adresser à :

Dr I. McCort, Université R. Descartes, Laboratoire de chimie et biochimie pharmacologiques et toxicologiques, 45, rue des Saints-Pères, 75270 Paris Cedex 06.

• **E-mail : mccort@citi2.fr**

97233 - DUES Opex (3^e Cycle)

L'Université de Bretagne Occidentale (Brest) propose un diplôme universitaire d'études spécialisées - optimisation des protocoles expérimentaux (chimiométrie, qualité).

Recrutement : bac + 4

Objectif : Optimisation de tout protocole en utilisant les outils de la chimiométrie (plans d'expériences) pour atteindre l'assurance qualité.

Les dossiers sont à retirer auprès de M. Le Saint, département de Chimie, DUES Opex, UFR Sciences et Techniques-UBO, 6, av. Le Gorgeu, BP 809, 29285 Brest Cedex. Tél. : 02.98.01.62.22 (ou 61.27).

• **E-mail : Jacques.Lesaint@univ-brest.fr**
Serveur : <http://www.univ-brest.fr/Enseignement/LesFormations/Sciences/opex>

Contact : Bourse de l'emploi, Évelyne Girard ou Roselyne Messal, SFC, 250, rue Saint-Jacques, 75005 Paris.
Tél. : 01.40.46.71.63/64 Confidentialité assurée.

La **Société Française de Chimie** constitue un centre privilégié de rencontres entre les différentes composantes de la communauté des chimistes, grâce à ses publications et à ses structures d'animation scientifique : divisions spécialisées, sections régionales, clubs de jeunes sociétaires, groupes thématiques. Elle regroupe des chimistes venant de tous les secteurs de cette discipline : enseignement, recherche, industrie.

Son action s'exerce en particulier par :

- L'organisation de colloques, journées d'étude, symposiums et congrès scientifiques.
- Un bulletin mensuel de liaison entre les membres : *L'Actualité Chimique*, qui rassemble des articles scientifiques, des informations sur le monde de la chimie et des nouvelles sur les activités de la SFC.
- Des collaborations permanentes avec des sociétés sœurs, nationales ou internationales, dont les objectifs sont analogues aux siens. Ceci permet aux membres de la SFC de bénéficier d'avantages équivalents à ceux accordés aux adhérents des sociétés européennes.

Activités scientifiques

La Société Française de chimie est organisée :

• **En Divisions à vocation scientifique :** Catalyse, Chimie analytique, Chimie de coordination, Chimie organique, Chimie physique, Chimie du solide, Matériaux polymères et élastomères.

Par ailleurs, l'ensemble des divisions de la société a constitué une commission interdivisions Enseignement, qui permet de mettre en commun des initiatives et de proposer des actions dans ce domaine.

• **En Sections régionales et Clubs de jeunes sociétaires**

Les sections représentent l'Association au niveau régional. Les clubs de jeunes sociétaires, rattachés aux sections régionales, regroupent des étudiants de l'enseignement supérieur (écoles de chimie, facultés des sciences, instituts de chimie), des jeunes chercheurs et des jeunes professionnels.

• **En Groupes thématiques**

Ceux-ci organisent des réunions dans des domaines plus spécialisés et souvent interdisciplinaires qui intéressent plusieurs divisions.

Communication Internet

La SFC s'est dotée d'un serveur Internet à la disposition de l'ensemble de la communauté des chimistes.

Ce serveur comporte actuellement les rubriques suivantes : Informations sur les activités de la SFC, Informations sur les manifestations scientifiques, Bourse de l'emploi.

D'autres rubriques sont en cours de réalisation, par exemple : une synthèse par domaines d'intérêt des actions de formation continue dispensées dans le secteur de la chimie.

L'adresse de ce serveur est : <http://www.sfc.fr>

Bourse de l'emploi

La SFC a créé une bourse de l'emploi ouverte à tous ses adhérents. Un formulaire détaillé est disponible au siège et dans les sections régionales. Ce formulaire, une fois rempli par le demandeur d'emploi, est diffusé sur Internet. De plus, des entretiens personnalisés sont effectués, sur demande, par notre délégué à l'emploi pour la région parisienne. Un même service est disponible en province.

Publications

• La SFC a pris une participation dans :

- *Chemistry, a European Journal*

• La SFC s'est associée, au niveau européen, avec les sociétés sœurs allemande, belges, hollandaise et italienne pour éditer :

- *European Journal of Inorganic Chemistry (EurJIC)*

- *European Journal of Organic Chemistry (EurJOC)*

qui se substituent à partir du 1er janvier 1998 au Bulletin de la Société Chimique de France.

- *Journal of Chemical Research*

(coédité depuis 20 ans avec les sociétés allemande et britannique).

• La SFC édite également les revues suivantes, en cours d'europanisation :

- *Analysis* en association avec la Société de Chimie Industrielle (SCI) et la Gesellschaft Deutscher

Chemiker (GDCh)

- *Le Journal de Chimie Physique*

Ces revues sont largement ouvertes sur la communauté internationale.

Les membres de la SFC bénéficient de réductions considérables (de plusieurs fois supérieures à la cotation) sur les tarifs d'abonnement à ces revues, ainsi que de tarifs préférentiels sur les revues *Pour la science* et *Angewandte Chemie*.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE CHIMIE, 250, RUE SAINT-JACQUES

75005 PARIS

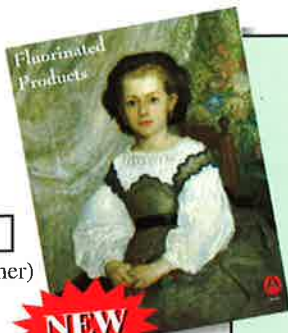
Tél. : 01.40.46.71.60. Fax : 01.40.46.71.61. E-mail : sfc@sfc.fr

Site Internet : <http://www.sfc.fr>



SIGMA-ALDRICH

Demandez vos **NOUVEAUX** catalogues spécialisés 1998 - 1999



Catalogue 1998 Aldrich Produits Fluorés

- Plus de **1700 produits** Aldrich et Fluka incluant :
 - Synthons organiques
 - Produits inorganiques de très haute pureté
 - Réactifs fluorés
 - Polymères
- Plus de **200 nouveaux produits**
- Littérature, Livres

(cocher)

NEW



Catalogue 1998 Sigma-Aldrich Produits Chiraux

Aldrich, Fluka, Sigma et Supleco vous apportent ensemble une solution appropriée

- Plus de 2300 produits sélectionnés
- Plus de 400 nouveaux produits avec « %ee » garanti
- Auxiliaires, synthons, catalyseurs et autres réactifs

(cocher)

NEW



Catalogue Aldrich 1998-99 Produits Inorganiques et Organométalliques

Nos atouts :

- Boranes et réactifs métalliques
- Composés sensibles à l'air
- Produits en solution (aqueuse et non aqueuse)
- Catalyseurs métalliques et organométalliques
- Réactifs de haute pureté
- Réactifs de synthèse : halogénures de métaux anhydres

(cocher)

NEW



Catalogue 1998 Aldrich Spectroscopie

- Infrarouge
- RMN
- UV-Vis
- Littérature scientifique
- Accessoires

(cocher)

NEW

Nom : Prénom :

Société :

Service :

Adresse :

Code postal : Ville :

Téléphone : Fax : E-mail :

Photocopiez et faxez nous cette page
au **0800 03 10 52** pour recevoir vos catalogues



Les sociétés
du groupe
SIGMA-ALDRICH

SIGMA
Réactifs
biologiques
et biochimiques
pour la recherche

Fluka
Spécialités
chimiques
et analytiques
pour la recherche

ALDRICH
Réactifs organiques
et inorganiques
pour la chimie
de synthèse

Redel-deHaen
Réactifs
chimiques
et
analytiques

SUPELCO
Produits
de chromatographie
pour l'analyse
et la purification