

# **l'actualité chimique**

**Juin  
Juillet  
1995**

**N°4**

ISSN 0151 9093

- **L'enseignement de la chimie en Europe**
- **L'industrie chimique belge**
- **Chimie et préhistoire**
- **Chimie et gastronomie**

**DUNOD**





# S O M M A I R E

## ÉDITORIAL

- Pour une modification profonde de la présentation de la chimie dans l'enseignement supérieur, par G. Montel 3

## ENSEIGNEMENT

- L'enseignement de la chimie en Europe. Congrès Erasmus, Lyon 23-24 mars 1995, organisé par CPE Lyon avec le concours de la CCE 5
- Congrès Erasmus : La chimie en Europe : bilan et perspectives, par J. Huet 7
- Congrès Erasmus : La chimie dans l'enseignement supérieur français, par J.-J. Bonnet 8
- Congrès Erasmus : Point de vue industriel, par J. Tracez 13
- Congrès Erasmus : Point de vue étudiantin, par C. Den Auwer 14
- Les programmes européens en matière de mobilité des étudiants et des chercheurs, par C. Den Auwer 16
- Comment les étudiants s'approprient-ils le modèle quantique de la liaison chimique ?, par A. Dumon 17
- Informations et documents didactiques 27
- Documentation pédagogique n° 8 : Représentations stéréochimiques 29

## RECHERCHE

- La chimie européenne s'organise, par G. Balavoine 31
- L'importance de l'eau dans les nouveaux procédés de biocatalyse par S. Lamarre, M.D. Legoy 33
- La gastronomie moléculaire, par H. This 42
- Les hydrocarbures fluorés  $R_fR_H$  dans le domaine biomédical, par I. Rico-Lattes, B. Guidetti, V. Emmanouil, A. Lattes 47

## INDUSTRIE

- Sur l'industrie chimique en Belgique, par N. Martin 49
- En bref 52

## HISTOIRE DE LA CHIMIE

- Chimie et préhistoire : une vieille histoire nouvelle, par P. Walter 57
- Chimie et électricité au début du XIXe siècle, par M. Scheidecker-Chevallier 63
- Il y a cent ans 67

## LIVRES

- 69

## SFC INFO

- Activités
- Manifestations

I - VIII



Peintures préhistoriques de la grotte de Niaux (Ariège) datées d'environ 10500 ans avant J.C. : l'analyse chimique de prélèvements permet de retrouver les anciennes pratiques d'élaboration des peintures, le mélange de pigments avec un minéral de charge, parfois, la présence d'un liant organique (photo © LRMF, D. Vigears). (cf. l'article de Philippe Walter : Chimie et préhistoire : une vieille histoire nouvelle, p. 57).

### Index des annonceurs

Centre scientifique d'Orsay pp. 15 et 32  
 CNRS p. 12  
 Dunod II<sup>e</sup>, III<sup>e</sup>, IV<sup>e</sup> de cv  
 Société Française de Chimie pp. 4, 32 et 51  
 Université d'Été p. 26

### Rédaction

Rédacteur en chef  
 Raymond Hamelin

Rédacteur en chef adjoint  
 Thérèse Chaudron

Rédacteur  
 Miren Helou

Secrétaire de rédaction, coordination, réalisation, mise en page  
 Evelyn Girard

### Comité de rédaction

G. Balavoine (CNRS, Toulouse)  
 G. Bram (GHDSO, Orsay)  
 J. Buendia (Roussel Uclaf)  
 P. Caro (Cité des Sciences)  
 A. Chauvel (IFP)  
 D. Decroq (IFP)  
 J.-P. Foulon (Lycée Henri IV)  
 G. Gaillard (GFPG)  
 J.-P. Guetté (CNAM)  
 R. Hamelin (SFC)  
 J.-M. Lefour (Polytechnique)  
 J.-C. Mendelsohn (Elf Atochem)  
 G. Montel (INP, Toulouse)  
 R. Ouliac (Rhône-Poulenc)  
 G. Ourisson (ULP, Strasbourg)  
 A. Picot (Prévention des risques chimiques, Gif-sur-Yvette)  
 T. Ortega (clubs des jeunes)

Publication analysée ou indexée par  
*Chemical abstracts*  
 la base de données PASCAL.

### Édition

DUNOD Editeur  
 15, rue Gossin  
 F. 92543 Montrouge Cedex  
 Tél. : (33-1) 40 92 65 00  
 Fax : (33-1) 40 92 65 97

Coordination éditoriale et fabrication  
 J.-F. Timmel

Maquette  
 Andréas Streiff

Imprimerie  
 AGP - 28240 La Loupe

ISSN 0151 9093  
 Commission paritaire en cours

Publicité  
 Groupe Media Communication  
 23bis bd de la Varenne  
 94100 St Maur-des-Fossés  
 Tél. : (33-1) 41.81.01.12  
 Fax : (33-1) 41.81.01.50

Abonnements  
 Dunod-Abonnements  
 15, rue Gossin  
 F. 92543 Montrouge Cedex  
 Tél. : (33-1) 40 92 65 27  
 Fax : (33-1) 40 92 65 97

Prix de vente au numéro : 200 FF

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



### L'Actualité Chimique

Revue de la Société Française de Chimie

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

éditée par Dunod.

### Tarifs

L'Actualité Chimique  
 (7 numéros par an)  
 1995

#### Particuliers/Institutions

France	1000 FF
Export	1200 FF

#### Etudiants\*

France	400 FF
Export	600 FF

\* Sur présentation de la carte d'étudiant

#### Membres de la SFC

Tarif préférentiel

pour tous renseignements  
 contacter la SFC

#### © DUNOD, 1995

Tous droits réservés  
 Dépôt légal : Juillet 1995

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

**S**i la chimie a pu être mal considérée par l'opinion publique, et accusée de multiples méfaits par les médias, c'est parce qu'elle est méconnue et incomprise du plus grand nombre. Elle figure cependant dans les programmes des lycées et des collèges, depuis la quatrième (et même, jusqu'à une époque récente, depuis la sixième), comme les autres disciplines scientifiques. Il n'en reste quasiment rien dans l'esprit de la majorité de nos compatriotes, y compris dans celui de nombreux responsables de notre enseignement, de notre production industrielle ou agricole, des médias ou de la classe politique.

Une telle situation résulte, pour une grande part et pour de multiples raisons, d'un enseignement de la chimie mal conçu, insuffisamment soutenu par un travail au laboratoire, mal connecté à ses applications pratiques.

Ce constat est fait depuis longtemps, et de nombreuses initiatives ont été prises en vue d'y remédier. Leur succès a été jusqu'à présent plus que limité. L'enseignement supérieur, à qui incombe en particulier la formation des professeurs de l'enseignement secondaire, a sa part de responsabilité.

Il est nécessaire et urgent d'introduire dès maintenant une modification profonde de la présentation de la chimie dans les universités et dans certaines écoles d'ingénieurs. Il y a plusieurs raisons à cela.

## *Pour une modification profonde de la présentation de la chimie dans l'enseignement supérieur*

1 - Comme nous l'avons déjà souligné (L'AC, décembre 1994, p. 9), les programmes de chimie de l'enseignement secondaire ont été complètement remaniés au cours de ces trois dernières années, et cette évolution va se poursuivre, à partir de l'année prochaine, dans les classes préparatoires.

Les nouveaux programmes, très inspirés par les Olympiades nationales de la chimie, visent pour l'essentiel à former des citoyens capables de mieux suivre la rapide évolution scientifique et technologique de notre société, et de mieux percevoir comment y intervient la chimie.

2 - Les étudiants qui vont accéder, à partir de l'année prochaine, au premier cycle de l'enseignement supérieur

auront suivi, en partie, les nouveaux programmes de chimie des lycées. Le mouvement va s'amplifier au fur et à mesure qu'arriveront les actuels élèves de première, seconde...

Il ne faudrait pas qu'ils ne trouvent, à l'université, qu'une chimie livresque qui les rebute, et à laquelle ils auront été heureux d'échapper au lycée.

3 - Il revient à l'enseignement supérieur de former les professeurs qui auront à enseigner les nouveaux programmes et d'assurer, en grande partie, la formation supplémentaire indispensable aux professeurs en place. Les quelques 1 500 collègues des enseignements secondaire et supérieur qui ont contribué à l'encadrement des Olympiades constituent un important «noyau de compétences». Ils sont déjà à l'œuvre, mais leur action doit être considérablement amplifiée.

Cette évolution implique des moyens. Les pouvoirs publics commencent à y être sensibilisés, et il nous appartient de leur décrire clairement les enjeux. La Société Française de Chimie s'y emploie. Toutefois, son action sera d'autant plus efficace qu'elle sera mieux soutenue par la communauté des chimistes, qu'ils relèvent de l'enseignement, de la recherche ou de l'industrie.

L'industrie chimique elle-même s'est fortement engagée dans cette action : il est important de se rapprocher d'elle, de la solliciter si besoin et de faire comprendre son rôle essentiel au delà du seul apprentissage, tant aux autorités de notre pays qu'aux responsables de l'Union européenne.

Il dépend des chimistes que, grâce à un enseignement renouvelé, notre discipline retrouve la place qui lui revient dans la culture de nos compatriotes et dans la formation de notre élite.

Gérard Montel



# L'actualité chimique

organise une demi-journée d'étude le

**3 octobre 1995**

## LA SÉCURITÉ DANS LES LABORATOIRES : adéquation des personnels aux risques

(Salon POLLUTEC - Paris - Porte de Versailles - Hall 7, salle 736)

- 13 h 30 : Accueil des participants
- 14 h 00 : **Introduction** par le **Professeur R. Hamelin**
- 14 h 10 : **La réglementation : évolution au cours des 20 dernières années** par **J.-P. Guetté** (Professeur au CNAM et Président de la Commission de prévention des risques professionnels d'origine chimique, biologique et ambiance physique au ministère du Travail)  
*Discussion*
- 14 h 40 : **La réponse du CNAM à travers ses formations à la sécurité** par **M. Rabache** (Ingénieur)  
*Discussion*
- 15 h 10 : **Pourquoi un enseignement à distance de l'INRS à l'intention des animateurs de prévention ?**  
(à confirmer)  
*Discussion*
- 15 h 40 : **De l'analyse d'accidents à la stratégie de prévention**, par **G. Gautret de la Moricière** (Ingénieur Conseil à la CRAM Ile de France)  
*Discussion*
- 16 h 10 : *PAUSE*
- 16 h 30 : **La manipulation des produits chimiques en laboratoire : quels risques ? quelles préventions ?**  
par **J.P. Alazard**, chercheur CNRS (Prévention du risque chimique, Gif-sur-Yvette)  
*Discussion*
- 17 h 00 : **Débat** animé par **J.-P. Guetté** : La formation à la sécurité est-elle suffisamment inscrite dans les programmes d'enseignement ? Comment est-elle assurée ? Répond-elle aux besoins ? ...  
**Participation** de : **B. Vogrig** (Lycée technique d'Auxerre) ; **B. Monfort** (IUT Besançon) ; **G. Colpin** (ENCPB) ; **J. Braun** et **D. Lincot** (ENSCP) ; **Joëlle Guignard** (Université Paris VI)  
*Discussion*
- 17 h 50 : **Conclusions** par le **Professeur R. Hamelin**

### SFC - Bulletin d'inscription

"LA SÉCURITÉ DANS LES LABORATOIRES : adéquation des personnels aux risques"

Pollutec (3 octobre 1995)

Nom ..... Prénom.....

Société/organisme/institution.....

Adresse.....

Téléphone..... Télécopie.....

PARTICIPATION	<b>Non-Membre</b>	<b>840 F (TTC)</b>	
	<b>Membre SFC*</b>	<b>420 F (TTC)</b>	* N° de sociétaire obligatoire.....
	<b>Jeune sociétaire SFC*</b>	<b>180 F (TTC)</b>	

Date..... Signature..... Je souhaite recevoir une facture oui non

A retourner à : SFC, 250 rue Saint-Jacques, 75005 Paris, accompagné, soit du règlement par chèque, soit d'un bon de commande,

Tél. : (1) 43 25 20 78 - Fax : (1) 43 25 87 63

# L'enseignement de la chimie en Europe

«Congrès Erasmus» Lyon, 23-24 mars 1995,  
organisé par CPE Lyon avec le concours de la CCE

Le colloque de Lyon, couramment appelé «Congrès Erasmus», fut l'occasion d'un riche débat non seulement sur l'enseignement de la chimie (sujet affiché du colloque), mais sur bien d'autres questions intéressant les chimistes : rôle des sociétés savantes, projet de Société Chimique Européenne (ECS), publications, mobilité, etc. Après une brève présentation des points forts du colloque établie par Jean Huet, qui en fut l'organisateur, et un résumé de l'exposé général introductif de R.F. Kempa (qui curieusement ignora la France), *L'Actualité Chimique* publie de larges extraits du rapport national français établi par J.-J. Bonnet, ainsi que divers témoignages relatifs à cette manifestation complétant celui du Président Donnet (cf. Éditorial, *L'AC*, avril-mai 1995, p. 3).

## L'enseignement de la chimie en Europe, aux niveaux premier et deuxième cycles

Dans un brillant exposé d'introduction, le britannique R.F. Kempa (Keele University, Staffordshire) a présenté un tableau comparatif des programmes de formation en chimie dans les divers pays européens, ou, disons presque tous puisque si certaines différences entre l'Écosse, le Pays de Galles et l'Angle-

Tableau I - Formation antérieure requise pour admission aux enseignements universitaires de chimie.

Niveau d'exigence	Pays
Qualification en chimie établie par des examens dans le cadre du système scolaire	UK, S, NL
Démonstration de compétence par examen d'admission organisé par l'université	GR, E
Une qualification est supposée et sa nature est variable	B, DK, P, IRL
Aucune qualification n'est requise mais elle peut être souhaitée	A, D, I

terre furent signalées, la France ne fut pas même citée, ce qui laisse penser que la complexité de notre système était supposée très familière à tous les congressistes.

Sur tout les plans règne la plus grande diversité. Citons quelques exemples

### Formation pré-universitaire en chimie

Les exigences préalables à une inscription à un enseignement de chimie universitaire peuvent être le succès à un examen général portant sur des enseignements scolaires, examen dans lequel la chimie peut ne pas avoir été l'objet d'une évaluation spécifique, ou, au contraire, une sérieuse formation chimique antérieure à l'admission dans l'université. Les situations se répartissent entre ces extrêmes selon les pays. Le *tableau I* donne une idée de cette diversité, accentuée par la remarque que le contenu de la qualification chimique attendue de l'étudiant peut notablement varier entre deux pays notés dans le même groupe (ex : B et IRL).

Le *tableau II* montre les grandes différences d'horaires consacrés à l'enseignement de la chimie avant l'entrée à l'Université.

Elles résultent des traditions nationales en matière d'enseignement secon-

daire. Alors que la tradition britannique passe vers une spécialisation dès la fin de l'enseignement obligatoire, bien évidemment au détriment de la formation générale, la tradition des pays du continent européen met en priorité la formation générale au travers d'un large spectre de disciplines, formation générale dont doit témoigner le succès au baccalauréat ou à l'Abiture.

En bref, les étudiants s'inscrivant dans une université européenne ont des «profils» très variés, tout particulièrement en ce qui concerne la chimie. Cela rend quelque peu douteuses les comparaisons utilisant les critères bac + 1, bac + 2, etc.

### Enseignement de la chimie à l'université

Le *tableau III* présenté par R. F. Kempa, bien que fort, incomplet, montre

Tableau II - Durée des enseignements de chimie fondamentale pendant les deux années précédant l'admission à l'université.

Pays	Horaire total en heures	Travaux pratiques
B*, D	80 - 160 +	(?)
S	80	10 %
IRL, Écosse	240 - 270	30 %
Angleterre	350	30-40 %

\* Les cours de chimie sont présentés aux options "fortes" et "faibles".



Tableau III - Exemples d'enseignement universitaire de la chimie aux niveaux 1er et 2e cycles.

Pays	Durée	Chimie	Math. + Physique	Autres matières %	TP chimie % de la chimie	Projet de recherche
B	1er cycle : 2 ans 2e cycle : 2 ans	30-40 100	40-50	10	50	1 semestre en 4 années
P	4 ans	70	25	5	15-20	?
E	1er cycle : 2 ans 2e cycle : 2 ans	65 65	35 35	?	45 45	?
D	1re phase : 2 ans 2e phase : 2 ans + projet	70 90	30	? 10 (?)	55 50	6-12 mois
N	1re phase : 2 ans 2e phase : 2,5 ans	50 + 100	?	?	40-60 50 (?)	1 ans
GR	1re phase : 2 ans 2e phase : 2 ans	60-65 100	35		50-70 50	?
A	1re phase : 2,5 ans 2e phase : 2,5 ans	65 100	30	5 (?)	60 (?)	6-9 mois
S	Programme en 3 ans Programme en 4 ans	60 60	40 30	(?)	(?) (?)	3 mois
UK	1re année : 2 ans 2e et 3e années	65-70 100	30		40 30 +	6 mois

là aussi combien les situations sont diverses selon les pays, sans même envisager de comparer les contenus des programmes.

En parcourant ce tableau, on est frappé par les grandes différences existant avec le système français des écoles de chimie (avec classes préparatoires ou premier cycle intégré). Rappelons, sans insister, l'importance accordée en France aux bases mathématiques, à une large culture dans les multiples domaines de la physique, à l'informatique, aux langues étrangères (où sont-elles dans le *tableau III* ?), à une initiation à l'économie, au droit du travail, à la propriété industrielle, au travail en équipe, sans oublier les stages en entreprise, etc. Est-ce abusif d'afficher sur ce point une prétention à l'excellence pour le système français ?

Constaté que la proportion du temps consacré à la chimie pendant les deux dernières années est plus importante qu'au début des études, que le temps passé en travaux pratiques atteint et souvent dépasse 50 % relève de l'évidence, sinon de la nécessité. Plus intéressant est le constat d'une généralisation du projet de recherche en fin de formation. La durée de celui-ci peut varier, elle est souvent supérieure à 6 mois, avec parfois (Allemagne, Autriche) une grande flexibilité dans la fréquentation du laboratoire.

Revenons sur la formation générale : si les informations collectées par R. F. Kempa sont fiables, ne peut-on pas craindre que les chimistes européens

soient peu cultivés et mal préparés aux multiples exigences de l'entreprise moderne ? Nous admettons et espérons qu'en marge des enseignements de chimie les étudiants de tous les pays européens trouvent dans leurs établissements les moyens de se préparer à une vie sociale et professionnelle équilibrée, même si le *tableau III* fait craindre le contraire.

### Contenu des programmes

Une comparaison fine des programmes de chimie serait fastidieuse et bien peu instructive. Il est bien évident que les bases de la chimie sont les mêmes dans tous les pays. Il est aussi évident que les niveaux (en mathématiques, en physique, mais aussi en chimie) des étudiants sont très inégaux et que celui des enseignements qu'ils reçoivent est, de ce fait, plus ou moins «avancé».

Néanmoins R.F. Kempa a noté des différences remarquables en ce qui concerne deux domaines : la chimie analytique et la biochimie.

Ces deux domaines figurent dans les programmes de certains pays (ex : Autriche, Italie) et en constituent des composants obligatoires. Dans d'autres, ce sont des options de spécialisations en fin de formation (Allemagne), ou même ne semblent pas être abordés (au Royaume-Uni la biochimie relève d'une filière de formation distincte).

En fin de formation, tous les programmes tendent vers une certaine

spécialisation par le jeu du projet et d'«options» plus ou moins nombreuses, souvent orientées vers les domaines d'intérêt du corps professoral. R. F. Kempa a cru pouvoir observer que ces options avaient une forte orientation vers la chimie «pure» au Royaume-Uni, alors qu'elles avaient souvent une orientation «appliquée» et même «industrielle» dans d'autres pays.

En conclusion R. F. Kempa s'est bien gardé d'envisager une comparaison des qualifications finales des chimistes formés dans les différents pays européens. Il a terminé son exposé par le constat que les programmes lui semblaient par trop exclusivement scientifiques et que ses collègues (britanniques ?) et lui recevaient régulièrement des commentaires des employeurs de leur étudiants sur l'insuffisance de leur formation générale (communication, langues, ordinateur, management, travail en équipe, etc.).

Cela n'a certainement pas surpris les directeurs des écoles de chimie françaises venus nombreux à ce colloque

R. Hamelin

# Congrès Erasmus

## La chimie en Europe : bilan et perspectives

Jean Huet\* *coordonnateur du Congrès Erasmus, directeur des relations internationales*

**L**e congrès Erasmus organisé à Lyon par l'ESCIL - CPE Lyon les 23 et 24 mars derniers avec l'aide des

Communautés européennes, a fait le bilan des programmes Erasmus dans le domaine de la chimie en vue de la mise en œuvre du programme Socrates.

Se basant sur 16 rapports nationaux établis par les membres d'un comité scientifique comprenant un représentant par pays de l'Union européenne, les 180 participants de 19 pays ont, durant 3 sessions, fait le bilan des systèmes de formation des chimistes en Europe au niveau universitaire, étudié les besoins et proposé des mesures à mettre en œuvre.

Deux séries de trois ateliers consacrés à : la reconnaissance académique en Europe, l'enseignement de la chimie, la perception de la chimie, la chimie et l'emploi, la mobilité des enseignants et le rôle des sociétés nationales de chimie dans la promotion de l'enseignement de la chimie ont permis de rassembler une série de recommandations destinées à la Commission européenne, aux États membres et aux institutions (universités, écoles...).

La place centrale de la chimie dans l'enseignement, ses liens avec d'autres disciplines (génie chimique, biologie...) et avec l'industrie, la nécessité

d'avoir une recherche de qualité ont été abordés dès les discours d'ouverture de J.-C. Charpentier (CPE Lyon) et du professeur Dr G. Wilke (Max Planck Institute).

Un large accord s'est fait sur la nécessité de conserver la diversité des formations et des spécialisations mais que, par contre, il était indispensable d'améliorer l'information sur les possibilités offertes par les différents établissements ainsi que les emplois offerts aux jeunes diplômés, notamment pendant leur séjour à l'étranger.

L'enseignement de la chimie au niveau universitaire dépend étroitement de l'enseignement donné dans les établissements du secondaire ; les programmes communautaires devraient permettre d'avoir des programmes mieux adaptés, plus attractifs pour les étudiants et d'assurer une meilleure formation des enseignants.

La validation des études faites à l'étranger a fait l'objet d'un large consensus, le transfert de crédit (ECTS), ayant fait largement ses preuves, doit être généralisé.

Par contre, la recherche d'un double diplôme délivré par deux établissements ne paraît pas un objectif prioritaire. L'adoption par les établissements du système des semestres devrait faciliter les échanges.

En ce qui concerne le contenu, il sera demandé à la Commission européenne de financer un groupe de travail chargé d'établir ce que devrait être l'enseignement de base en chimie au niveau universitaire.

Parmi les autres propositions, retenons le développement des cours inten-

sifs, si possible durant l'année universitaire. Cette formule présente de nombreux avantages, en particulier si le séjour à l'étranger de l'enseignant comporte également un aspect de recherche. Mais, il convient de régler les problèmes pratiques et légaux pour le déplacement des enseignants de certains pays.

Le rôle des sociétés nationales de chimie dans la promotion de l'enseignement de la chimie, dans l'amélioration de l'image de marque de la chimie a fait l'objet non seulement de discussion en atelier, mais également en séance plénière. L'existence d'une société unique pour l'Europe, comme c'est le cas pour la physique, permettrait d'avoir un interlocuteur unique avec la Commission européenne. Coordonner les actions des différentes sociétés et des associations des industries chimiques permettrait de faire des propositions pour l'amélioration de l'enseignement de la chimie à tous les niveaux, de promouvoir la chimie... Une «lettre» consacrée à l'enseignement de la chimie au niveau universitaire publiée dans les journaux chimiques européens pourrait être le prélude à un journal européen consacré à l'éducation dans le domaine de la chimie.

Dans son discours de conclusion, H. Curien (CPE Lyon), s'appuyant sur les exemples du Cern et programme Eureka, a recommandé aux autorités européennes de «travailler sur des opérations de type catalytique». C'est comme cela que l'on pourra construire l'Europe.

\* CPE Lyon, 43, bd du 11- Novembre 1918, BP 2077, 69616 Villeurbanne Cedex. Tél. : 72.44.84.96. Fax : 78.93.13.96.



# Congrès Erasmus

## La chimie dans l'enseignement supérieur français (extraits du rapport national préparé pour le Colloque de Lyon)

Jean-Jacques Bonnet\* *professeur*

L'enseignement supérieur en chimie en France est caractérisé par une grande diversité d'établissements relevant pour la très grande majorité du ministère de l'Éducation nationale.

Cette diversité est renforcée par le fait que la formation en chimie d'étudiants est également assurée dans des établissements soit relevant d'autres ministères (Défense nationale, Industrie) soit privés. La durée des études y est alors de 4 ans (École Polytechnique à Palaiseau, par exemple) ou de 5 ans (École des Mines d'Albi, par exemple) après le baccalauréat.

Pour les établissements relevant du ministère de l'Éducation nationale, une diversité supplémentaire est introduite par la nature du recrutement, par la durée des études, par le volume horaire dispensé annuellement, par la nature des diplômes délivrés.

Il existe certaines passerelles entre ces établissements.

Le schéma (*figure 1*) suivant donne un aperçu de cette diversité en indiquant la nature des formations proposées et les passerelles qui existent entre elles. Les IUP (instituts universitaires professionnels) ne sont pas indiqués ; il en existe en effet peu dans les domaines relevant de la chimie : deux en biologie-biochimie et deux en génie des matériaux.

### La préparation d'une thèse bac+8

Les titulaires d'un diplôme de troisième cycle (DEA) peuvent s'inscrire dans une université en vue d'effectuer des travaux de recherche pour l'obtention du grade de docteur d'université. La durée de ces travaux est généralement de trois ans.

Un docteur en chimie a donc un niveau de formation bac + 8.

Un certain nombre de bourses de recherche sont annuellement accordées par le ministère de l'Éducation nationale à chaque formation doctorale. L'attribution fait l'objet d'un processus assez complexe prenant en compte :

- la qualité du candidat en relation étroite avec son classement au DEA ;
- la qualité du sujet de recherche proposé conjointement par le candidat et un responsable scientifique ;
- la qualité du laboratoire de recherche.

L'obtention du grade de docteur correspond à la formation universitaire de niveau le plus élevé. L'insertion professionnelle s'effectue alors, soit dans l'enseignement supérieur ou le CNRS - la possession d'un doctorat est une condition sine qua non -, soit dans le secteur industriel (essentiellement alors, dans les centres de recherche des grands groupes industriels chimiques).

Signalons que la soutenance orale d'une thèse devant un jury ad hoc est conditionnée :

- par la publication préalable d'au moins deux mémoires dans des revues scientifiques ;
- par l'acceptation de soutenance délivrée par deux examinateurs extérieurs, désignés avec l'accord du responsable de la formation doctorale à laquelle la thèse est rattachée.

### Processus d'insertion professionnelle

#### *Dans l'enseignement supérieur, au CNRS, dans les IUFM*

Le recrutement dans l'enseignement supérieur et au CNRS est réservé aux titulaires d'un doctorat, quelle qu'ait été par ailleurs leur formation universitaire antérieure.

Ce recrutement s'effectue via un protocole national de recrutement dans la fonction publique. Il fait ainsi appel à une publication dans les journaux et bulletins officiels de la République française. Il s'agit d'un véritable concours pour lequel le nombre de candidats est très supérieur au nombre de postes mis au concours annuellement.

Le rôle des instituts de formations des maîtres (IUFM) est de préparer aux concours de recrutement des enseignants des écoles, collèges et lycées. Admis sur dossier, les étudiants reçoivent une formation adaptée à la nature des divers concours de recrutement dans l'enseignement et au futur métier d'enseignant.

#### *Dans l'industrie chimique*

Ce qui suit est le fruit d'analyses de divers documents [1, 2, 3] et de discussions que l'auteur a eu avec MM Parenreau de l'UIC et Tracez de la Société de Chimie Industrielle.

#### **Analyse du processus d'insertion professionnelle**

La chimie, qui représente 1,1 % des emplois, concourt à plus de 1,7 % des embauches de jeunes diplômés de l'enseignement supérieur.

La chimie industrielle (chimie de base

\* Université Paul Sabatier,  
118, route de Narbonne,  
31062 Toulouse Cedex.  
Tél. : 61.33.31.89.  
Fax : 61.55.30.03

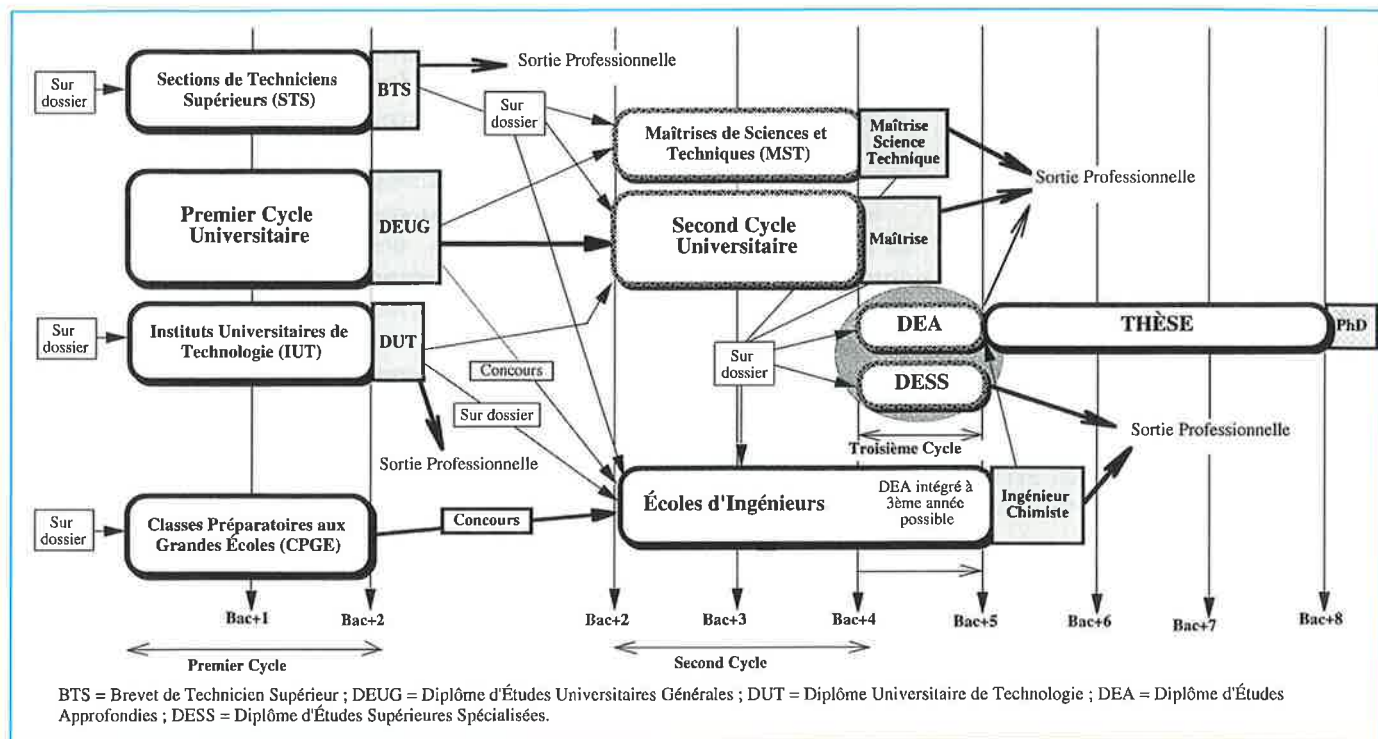


Figure 1 - Schéma des différents diplômes en chimie avec passerelles possibles.

et parachimie) recrute des techniciens (formation à bac + 2 : DUT et BTS) en proportion équivalente à celle des autres secteurs et ingénieurs (formation à bac + 5). «...Elle embauche relativement peu d'universitaires (formation à bac + 4 comme les maîtres ès sciences), préférant les diplômés des écoles d'ingénieurs...».

Pour les diplômés des IUT, l'insertion professionnelle a été, jusqu'à ces dernières années, à peu près satisfaisante et spécialement pour les jeunes filles. Cependant des signes de premières difficultés apparaissent et risquent de se confirmer dans les années à venir...

Pour les diplômés des écoles d'ingénieurs, on observait, au 1er janvier 1993 :

- une baisse du taux d'entrées dans la vie professionnelle ( 49 % en 1993 au lieu de 58 % en 1992) correspondant à une baisse de 31 % pour l'emploi dans l'industrie chimique, de 12 % dans les autres industries ;

- une augmentation de 43 % de l'emploi non industriel, en particulier l'enseignement ;

- une répartition 50/50, constante depuis quelques années, des ingénieurs diplômés des écoles de chimie dans l'industrie chimique/industrie non chimique ;

- en ce qui concerne le recrutement d'ingénieurs débutants dans l'industrie

chimique, un chiffre de non-chimistes très supérieur à celui des chimistes (72,7 % contre 27,3 %) ;

- les titulaires d'un doctorat sont embauchés comme ingénieurs d'études en chimie avec des salaires relativement élevés.

#### Analyse de l'adéquation formations supérieures/emploi

D'une manière générale, les entreprises de la chimie, surtout les grandes, connaissent bien les différentes formations supérieures pouvant correspondre à leurs emplois.

Les grandes entreprises choisissent, en général, les jeunes diplômés dans leur vivier de stagiaires et de doctorants en provenance d'écoles et de laboratoires universitaires assez variés.

Les entreprises du secteur chimie apprécient les formations courtes (BTS et DUT) et entretiennent des relations plus ou moins institutionnalisées avec certains établissements d'enseignement supérieur ; forums, juniors entreprises, cours assurés par des cadres, relations avec des laboratoires de recherche.

Les conventions collectives reconnaissent :

- les diplômés de BTS et DUT, en ce qui concerne les agents de maîtrise et de techniciens,
- le diplôme d'ingénieur,
- le diplôme de 2e cycle de l'enseigne-

ment supérieur (maîtrise),  
- le doctorat.

Les besoins spécifiques de la chimie sont satisfaits, pour l'essentiel, par le recrutement des diplômés des filières adaptées de l'enseignement supérieur.

#### Évolutions prévisibles et recommandations

L'enquête annuelle menée par l'APEC sur les recrutements de personnels d'encadrement (*Courrier cadres* du 8 avril 1994) indique que «l'industrie chimique a été fortement touchée par la crise en raison de la chute de la demande qui affecte ses industries clientes» et que «en dépit de la baisse des recrutements, les entreprises ont préservé, voire augmenté, les volumes d'embauche dans les fonctions recherche et développement et commerciale. C'est la production qui a fait les frais de ce choix».

Pour 1993, 510 jeunes diplômés de niveau cadre ont été recrutés par le secteur.

Les facteurs d'évolution vont nécessiter une plus grande polyvalence des cadres - pluridisciplinarité, comme chimie et génie chimique, par exemple.

Les qualités d'innovation pour imaginer des solutions nouvelles et une aptitude au management seront, à n'en point douter, particulièrement recherchées.

En outre, le développement de nouveaux produits, lié à des règles européennes et internationales, alourdit le coût



de production et de commercialisation de nouvelles molécules tout en favorisant celui des produits de spécialités. Pour répondre à ces nouvelles contraintes, les procédés industriels vont devoir considérablement évoluer. La profession en déduit déjà un besoin accru en cadres formés aux disciplines de la physico-chimie et du génie des procédés, y compris le «contrôle» de ces procédés.

La profession s'inquiète de la prolifération de diplômes dont le libellé n'est pas suffisant pour imaginer le contenu des formations réellement dispensées. De manière générale, la profession souhaite une meilleure lisibilité des formations universitaires.

Les industriels souhaitent qu'une réflexion soit par ailleurs conduite de manière à réguler les flux d'étudiants obtenant des formations de niveau bac + 2 et qui poursuivent en trop grand nombre un cursus universitaire avec souvent moins de chance d'insertion professionnelle qu'au niveau de formation initialement acquis.

La profession insiste également sur la nécessité de maîtriser les flux en matière de formation d'ingénieurs :

- limitation de l'augmentation annuelle d'ingénieurs formés à 2 à 3 % ;
- limitation, voire refus de nouvelles formations sans concertation préalable avec la profession ;
- promotion et encouragement des pôles ayant une image européenne/ internationale forte en chimie.

## Quelques réflexions sur l'enseignement de la chimie

### Faut-il former des généralistes ou des spécialistes ?

C'est un débat très ouvert qui prend parfois un aspect polémique sur fond de crise actuelle.

Avec le souci de clarification, il est naturel de rappeler que «... la chimie est une science expérimentale ayant un volumineux vocabulaire spécifique et un champ d'exploration si vaste qu'il a fallu le scinder en multiples domaines. Ceux-ci sont si nombreux qu'aucun chimiste ne peut raisonnablement prétendre en suivre tous les développements».

*La chimie n'est pas une spécialité. La chimie organique, la chimie physique, etc. se sont elles mêmes subdivisées en spécialités que l'Université reconnaît par des intitulés de formations doctorales » [4].*

Les universités, les écoles d'ingénieur en 4 ou 5 années d'études ne peuvent, eu égard à la multiplicité et la diversité des domaines de connaissances, que former des généralistes ayant ici ou là des connaissances plus ou moins conséquentes dans tel ou tel domaine.

La spécialisation ne peut s'acquérir que par un long travail dans un domaine particulier par la préparation d'un doctorat, par exemple.

### Suggestions

Il est important d'adapter la formation universitaire de manière à développer le potentiel de créativité qui existe en chaque individu :

- **le travail personnel de recherche bibliographique** doit être encouragé de manière à ce que les futurs cadres s'habituent le plus tôt possible à faire le point des connaissances actuelles dans un domaine particulier. Ils doivent ainsi être à même de rechercher les informations scientifiques en utilisant les différentes méthodes actuellement disponibles ;
- **une certaine autonomie dans l'acquisition de certains domaines du savoir** devrait être systématiquement introduite. Elle nécessite sans doute des moyens d'encadrement plus conséquents (nécessité du contrôle de la qualité des informations acquises de manière autonome) ;
- **le travail en équipe** associant, autour d'un certain projet, des compétences complémentaires (chimistes, biochimistes, physiciens, théoriciens...) devrait se développer. Les découvertes futures, souvent à l'interface de domaines de savoir différents, pourraient ainsi être favorisées.
- **la qualité des équipements des laboratoires de travaux pratiques** est garante de la qualité de la formation expérimentale dispensée à nos étudiants. Un gros effort a été entrepris ces cinq dernières années dans les écoles d'ingénieur pour renouveler le matériel mis à la disposition des élèves ingénieurs. Un tel effort mériterait d'être sérieusement

mis en œuvre dans nos universités scientifiques...

La chimie étant non seulement une science mais aussi une industrie et un secteur économique important en Europe avec une dimension européenne et internationale, il est souhaitable :

- **qu'une dimension au moins européenne soit donnée à nos formations.**

Cette dimension européenne de la formation mérite un large débat de manière à ce que des solutions concrètes, simples et efficaces soient mises en œuvre... Elles feront référence à :

- *la mobilité des étudiants* au sein de réseaux européens d'établissements d'enseignement supérieur, avec des outils garantissant la reconnaissance et le transfert de leurs acquis extérieurs pour l'obtention des diplômes dans leurs établissements d'origine (référence ici au système ECTS qui a fait preuve de son efficacité en chimie) ;

- *la mobilité des enseignants* qui doit être sérieusement prise en compte au niveau des établissements eux-mêmes, au niveau de chaque pays de l'Union et au niveau de la Communauté enfin. Il faut se réjouir des conclusions récentes du groupe de travail qui a publié ses conclusions [5] sur cet important aspect de la dimension européenne, jusque là mal pris en compte aussi bien dans les universités, que dans les pays, qu'au sein des programmes européens de coopérations inter-universitaires eux-mêmes.

La mobilité des chercheurs est entrée dans les mœurs et contribue à l'excellence de nombreux groupes de recherche, il est temps que celle des enseignants le soit à son tour. Elle n'est pas opposable à celle des chercheurs, elle doit pouvoir être simultanément mise en œuvre dans de nombreux cas.

- **l'apprentissage de langues étrangères** : certes la connaissance de l'anglais est indispensable pour le chimiste, mais la connaissance d'une autre langue étrangère est hautement souhaitable à maints égards !

Un effort important a été entrepris ces dernières années avec le développement de «pôles universitaires européens» et la mise en place de «maisons de l'Europe». Il s'agit de centres s'adressant à plusieurs universités d'une même localité ayant pour vocation de faciliter l'accueil des étudiants étrangers et facilitant l'apprentissage de langues étran-

gères pour ceux de nos étudiants qui souhaitent effectuer partie de leur cursus à l'étranger : ils rassemblent des moyens, souvent importants à mettre en œuvre (humains et matériels), et s'adressant à tous les étudiants issus de plusieurs universités d'une même localité.

## Les besoins pour l'enseignement de la chimie

### Au niveau des établissements universitaires

#### Actions vers les étudiants

Faciliter et encourager les échanges d'étudiants en offrant systématiquement la garantie de la reconnaissance des résultats obtenus dans l'université étrangère pour la délivrance du diplôme universitaire préparé.

L'importance de ces échanges est très variable d'un établissement universitaire à l'autre. De manière générale, le pourcentage d'étudiants formés dans une école d'ingénieurs est très nettement supérieur à celui observé dans les universités scientifiques.

Il semble important qu'un enseignant soit désigné par établissement comme responsable pédagogique (departmental coordinator). Son rôle est :

- d'informer les étudiants sur les établissements étrangers qui font partie du réseau dans lequel appartient son établissement,
- de définir avec chaque étudiant le projet pédagogique à choisir dans l'établissement étranger de manière à ce que la période académique effectuée à l'étranger conduise (en cas de succès, bien sûr) à une reconnaissance automatique à son retour et permette la délivrance du diplôme préparé dans l'établissement de départ. A cet égard, les outils développés dans le système ECTS ont fait preuve de leur efficacité : il est recommandé d'en faire usage !
- d'avoir les contacts les plus étroits possibles avec ses homologues des autres établissements étrangers,
- de mettre annuellement à jour la plaquette d'informations concernant l'organisation des enseignements, les cursus offerts, leurs volumes horaires, les modes de contrôle des connaissances,

les dates et horaires... enfin, toutes les informations indispensables pour qu'un étudiant étranger, aidé par son «departmental coordinator», effectue le choix le mieux adapté à son niveau de formation et pouvant conduire à une reconnaissance académique. A cet endroit également, les recommandations «ECTS» devraient être d'une grande utilité...

Un objectif d'environ 10 à 15 % d'étudiants effectuant partie de leur cursus à l'étranger devrait être atteint dans chaque type d'établissement (ce pourcentage est souvent très largement dépassé dans les écoles d'ingénieurs).

#### Actions vers les enseignants

Très classiquement, les enseignants chercheurs des établissements d'enseignement supérieur effectuent des stages postdoctoraux dans des laboratoires étrangers. Ceux-ci sont liés quasi exclusivement à des actions de recherche scientifique. Les moyens financiers utilisés pour permettre ces séjours sont divers : actions intégrées bilatérales entre deux pays, programmes européens de recherche, bourses Otan, postes «rouges» du CNRS...

Les actions permettant le séjour d'enseignants étrangers dans nos établissements sont très modestes ; elles se manifestent essentiellement au travers de postes de professeurs invités en nombre très limité. Quant à celles qui permettraient à des enseignants de nos établissements d'effectuer un séjour dans un établissement étranger pour des actions de formation, elles sont également très limitées.

Un groupe de travail réunissant des représentants des présidents d'universités européennes et de la «Task Force Human Resources, Education, Training and Youth» a étudié ce problème de la mobilité des enseignants au sein de la Communauté européenne et effectué un certain nombre de propositions [5] pour encourager ce type de mobilité.

Le souhait de la profession au niveau de la lisibilité des formations proposées en chimie doit être pris en compte. Un dialogue entre la profession et les établissements d'enseignement supérieur devrait être source d'enrichissement mutuel. On doit noter que, lorsqu'il est bien établi dans certains établissements, il se traduit par une meilleure connaissance réciproque se traduisant par des insertions professionnelles plus aisées.

### Au niveau national

Le souhait de la profession :

- de ne pas voir se multiplier de nouvelles formations universitaires sans concertation préalable,
  - de limiter l'augmentation annuelle de formation des cadres en chimie,
  - de limiter le nombre des jeunes diplômés des cycles courts (BTS et DUT, en particulier) poursuivant leur formation en cycle long,
- doit faire l'objet d'une réflexion à l'échelle nationale devant se traduire par une politique de formation la mieux adaptée possible aux réels besoins de la nation.

La chimie étant une science expérimentale, la qualité des formations est très étroitement liée à celle des travaux pratiques auxquels se livrent nos étudiants. Les équipements de nos laboratoires de travaux pratiques doivent être régulièrement renouvelés pour tenir compte de l'évolution de la science et des techniques. Un gros effort a été entrepris ces dernières années en direction des écoles d'ingénieurs, il mériterait d'être poursuivi dans nos universités scientifiques. Il s'agit là d'une très grande urgence eu égard à certains équipements devenus notablement insuffisants, voire obsolètes !

Une politique plus incitatrice pour la mobilité de enseignants [10] effectuant des séjours dans des laboratoires étrangers devrait être systématiquement menée de manière à développer la dimension européenne de nos formations - elle devrait se traduire de manière concomitante par un flux de même volume d'enseignants étrangers vers nos établissements. Une telle action devrait se traduire rapidement par l'émergence de centres de formations de qualité encore meilleure, comme l'échange de chercheurs se traduit par le développement de centres d'excellence en recherche.

### Au niveau de la Communauté européenne

Ce qui est attendu au niveau de la Communauté européenne ce sont des actions incitatrices facilitant les échanges d'étudiants et d'enseignants que souhaitent certains établissements d'enseignement supérieur. Dès lors qu'il n'y a pas la moindre volonté d'uniformiser l'enseignement de la chimie dans l'Union européenne (ce qui semble n'avoir pas été le cas) mais respect de l'autonomie des



établissements d'enseignement supérieur, on peut s'attendre à une forte mobilisation des universités pour promouvoir des actions entreprises à l'échelle européenne. Ces actions auront toute chance d'aboutir rapidement à des résultats concrets qu'elles auront au préalable discutées et élaborées de concert avec les différents partenaires représentant les trois niveaux - établissements d'enseignement supérieur, les États membres et la Communauté européenne.

Le programme Erasmus est à cet égard tout à fait exemplaire. Il a permis à nombre d'établissements de développer voire d'initier des échanges d'étudiants dans des conditions acceptées par tous les partenaires.

Le programme pilote ECTS a permis également de tester et d'affiner des outils

permettant la reconnaissance de cursus effectués par des étudiants pendant un laps de temps dans une université étrangère. Il a fonctionné pendant sept ans et permis l'échange de près de deux mille étudiants au sein de 31 établissements universitaires à la satisfaction unanime des étudiants, des enseignants et des établissements. Il serait dommage que cette expérience, qui a fait l'objet de nombreuses expertises et d'un audit [6], ne soit pas plus largement partagée dans l'avenir.

### Références

- [1] Résultats de l'enquête sur le recrutement d'ingénieurs et cadres dans l'industrie chimique en 1993, document réalisé par l'Union des Industries Chimiques (UIC), novembre 1994.
- [2] Statistiques sur les diplômés "Chimie"

en 1993", document réalisé par l'Union des Industries Chimique (UIC), novembre 1994.

- [3] Le recrutement des jeunes diplômés dans la chimie, document réalisé par le Centre d'Études et de Recherches sur les Qualifications (CEREQ) en 1991.
- [4] R. Hamelin, *L'Actualité Chimique*, décembre 1993.
- [5] "encouraging medium-term staff mobility". Report from Working Group III, Final Draft 17 October 1944. The Liaison Committee Conferences ; The Standing Conference of Rectors, Presidents and Vice-Chancellors of the European Universities ; The EC Task Force Human Resources, Education, Training and Youth. Joint Work Programme Inter-University Co-operation in Europe.
- [6] Evaluation of the Pilot Phase of the European Community Course Credit Transfer System. Coopers & Lybrand, Décembre 1992.



CENTRE NATIONAL  
DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

## CNRSFormation

au service de l'Entreprise

du 16 au 20 octobre 1995 à LYON (69)  
et du 13 au 16 novembre 1995

**Formation de la Personne Compétente à la radioprotection  
(option IIA sources scellées)**

du 16 au 20 octobre 1995 à LYON (69)  
et du 4 au 7 décembre 1995

**Formation de la Personne Compétente à la radioprotection  
(option IIB sources non-scellées)**

du 13 au 17 novembre 1995 à MARSEILLE(13)

**Microcalorimétrie et analyse thermique et leurs  
applications physico-chimiques**

du 13 au 17 novembre 1995 à BONDY(93)

**Spectrométrie d'absorption atomique  
Perfectionnement**

Catalogue, programmes et inscriptions :

**CNRSFormation**

1 place Aristide Briand - 92195 MEUDON Cedex - FRANCE  
Téléphone : (33.1) 45 07 56 72 - Télécopie : (33.1) 45 07 59 00

# Congrès Erasmus

## Point de vue industriel

Jean Tracez\*

### Quelques réflexions faites lors du Colloque de Lyon

• Nos collègues allemands craignent qu'une part de la recherche de leur industrie chimique ne quitte leur pays. Que faut-il en penser ?

Démographie déclinante et niveau de vie déjà très élevé ne font pas de l'Europe un marché en expansion. A l'opposé, l'Asie du Sud-Est représentera, en l'an 2000, 30 % du marché mondial de la chimie.

Les laboratoires d'essais et de recherches sur l'utilisation des produits doivent être proches des utilisateurs (moins de 2 heures d'avion).

Mais au-delà, il faut être conscient que l'industrie chimique établit en grande partie ses programmes de recherches en fonction des projets de développement de ses clients et de leurs besoins futurs. Ces recherches sont même assez souvent menées en collaboration avec les services techniques et de recherche des clients.

Les besoins de l'Asie ne sont pas nécessairement ceux de l'Europe.

Par ailleurs, la surréglementation européenne dans le domaine écologique peut conduire les entreprises à développer leurs recherches dans d'autres grands pays dont la législation est plus mûre et mieux équilibrée.

Les grandes sociétés chimiques européennes ont acquis récemment des activités industrielles importantes aux États-Unis (notamment dans la pharmacie) et, en même temps, des laboratoires de recherches souvent très performants

(Ciba, Hoechst, Celanese, Rhône-Poulenc, Elf Atochem, Roche...).

Enfin, la crise économique et la mondialisation des sociétés ont accéléré l'évolution vers une structure de «business units» qui ont une responsabilité mondiale pour une gamme de produits, y compris pour la recherche, et qui choisissent le lieu où elle sera la plus efficace.

Nos sociétés chimiques devenues complètement internationales, doivent tenir compte de tous ces facteurs.

Mais nous aurions tort de nous inquiéter de façon exagérée. Grâce à la qualité de sa recherche universitaire et de nos formations qui assurent à la fois une culture scientifique et le développement des aptitudes, l'Europe continuera à réaliser une large part des recherches de l'industrie chimique, en particulier pour :

- la recherche scientifique amont (dite «push»), qui peut créer des avancées techniques spectaculaires,
- la recherche de nouvelles molécules (pharmacie, phytosanitaire...), de nouveaux matériaux, de procédés ou d'appareillages plus performants.

Il faut que nos laboratoires universitaires soient au meilleur niveau mondial et qu'ils sachent de mieux en mieux coopérer entre eux et avec l'industrie qui, certainement, cherchera de plus en plus à s'appuyer sur eux. Disposons-nous de structures de partenariat bien adaptées aux évolutions futures ?

• L'inquiétude sur le placement des ingénieurs, et plus encore des docteurs, est justifiée.

Bien sûr, avec la fin de la crise économique, les recrutements vont reprendre peu à peu, mais la concurrence économique est très sévère et l'Europe est encore chère.

Par ailleurs, la réduction du nombre de niveaux hiérarchiques et l'arrivée dans les entreprises de nombreux techniciens supérieurs, qui remplaceront les ingénieurs dans certaines fonctions traditionnelles, vont limiter les recrutements d'ingénieurs.

Il est indispensable de coordonner dans les divers pays d'Europe, l'information sur le flux et les besoins en ingénieurs chimistes et en docteurs et d'essayer de mieux les équilibrer sur le moyen terme. Les prévisions ne sont jamais bien fiables, mais il ne faudrait pas que l'excédent prévisible de diplômés dépasse 15 à 20 %.

Les associations d'anciens élèves et les sociétés savantes peuvent aider les pouvoirs publics et les professions à travailler dans ce sens.

### Sigles utilisés

**Comett** : COMMunity action programme in Education and Training for Technology

**ECS** : European Chemical Society

**ECTS** : Système Européen d'Unités Capitalisables Transférables dans toute l'UE

**Erasmus** : European Action Schema for the Mobility of University Students

**Lingua** : programme d'aide à l'apprentissage des langues

**Naric** : National Academic Recognition Information Centres

**PCRD** : Programme Cadre de Recherche et de Développement

**PEE** : Projet Européen d'Éducation

**PIC** : Programme Interuniversitaire de Coopération

**Socrates** : Nouveau programme d'action communautaire. Trois domaines d'action : Erasmus (enseignement supérieur), Comenius (enseignement scolaire et Actions transversales (ex : Lingua)

**UE** : Union Européenne

\* Société de Chimie Industrielle,  
28, rue Saint-Dominique, 75005 Paris.  
Tél. : (1) 45.55.69.46.  
Fax : (1) 45.55.40.33.



# Congrès Erasmus

## Point de vue étudiantin

Christophe Den Auwer\* *étudiant, université Paris-Sud*

Alors que l'Europe est une notion de plus en plus présente à nos esprits, son implication et plus particulièrement le rôle qu'elle peut jouer dans le cursus étudiantin reste pour nombre d'entre nous relativement flou. Loin de tenter ici d'évoquer l'opinion générale sur les résultats du congrès, je me propose de rapporter et de discuter quelques points abordés lors de cette rencontre.

Les principaux thèmes se sont articulés autour de quatre axes majeurs :

- Les relations industrie-université.
- L'image de la chimie au sein de la société.
- La formation interdisciplinaire (y compris l'apprentissage des langues) et la mobilité.
- Le rôle des sociétés savantes.

La chimie occupe une place particulière dans le domaine des relations industrie-université. Comme l'a précisé W. Herrmann (université de Munich), cette discipline est à la fois une science et une industrie, ce qui lui confère son statut très particulier. Selon lui, il serait bon de clarifier l'impact de l'industrie sur l'éducation en Europe. Ainsi, par exemple, au Portugal, l'interaction de l'industrie avec l'organisation des travaux pratiques universitaires est très forte. Le débat sur les relations entre universitaires et industries chimiques n'est d'ailleurs pas nouveau. Notons que l'Europe est l'instigatrice du fameux programme Comett qui vise justement à accroître les transferts de savoir-faire entre universités et industries et ce à

deux niveaux : étudiants/postdoctorants et personnel/chercheurs. Enfin, d'après les recommandations de l'atelier 4 (chimie et emploi), il est impératif que la recherche industrielle continue de se faire en Europe si l'on ne veut pas voir disparaître la recherche fondamentale au profit d'autres continents.

L'image de la chimie dans le public est aussi un point très important ; elle est entre autres liée à des problèmes d'environnement. C'est ce dont a discuté l'atelier 3 (comment influencer la perception de la chimie ?). En conclusion, la Commission européenne devrait coordonner les efforts venant, d'une part des industries chimiques, mais aussi des sociétés savantes nationales. Cette idée a d'ailleurs été reprise par J.-B. Donnet de la SFC (atelier 6 : le rôle des sociétés nationales de chimie dans la promotion de l'enseignement de la chimie au niveau européen) afin que les sociétés nationales participent plus activement à l'information du public. Cette action semble encore assez peu développée. C'est là un rôle que pourraient d'ailleurs jouer assez facilement les clubs de jeunes sociétaires de la SFC, via le contact avec les lycées et collèges. Une action de ce type avait été initiée par la SCI et la SFC en collaboration avec le club de Paris. Mais peut-être faudrait-il la développer et rendre ainsi cette discipline plus accessible à un large public.

Un point particulièrement débattu a été celui de l'interdisciplinarité et de la mobilité. Selon W. Herrmann, deux faits sont essentiels. Tout d'abord, l'apprentissage de l'anglais se doit

d'être systématique. A ce titre, on constate bien souvent que nombre d'étudiants s'expatrient dans le but principal d'apprendre une autre langue. Toujours d'après W. Herrmann, pourquoi ne pas non plus envisager l'enseignement de la chimie en anglais ? Cette question de la langue a donné lieu à de multiples interventions entre partisans du maintien d'un certain multiculturalisme et partisans d'une uniformisation au profit de l'anglais. D'un point de vue strictement personnel, je me permets de souligner l'importance de l'anglais dans tout échange. Seulement, plutôt que d'envisager un enseignement en anglais, ne serait-il pas plus judicieux de consolider l'apprentissage des langues dans l'enseignement supérieur, voire en entreprise, ce dernier étant bien trop souvent considéré comme une discipline satellite. Il me semble que cet apprentissage ne doit pas passer nécessairement par la perte de l'usage de la langue nationale.

Cette question recouvre d'ailleurs le problème plus important de la perte du multiculturalisme en Europe. Comme le précise I. V. Mitchel de la Commission de Bruxelles, l'Europe s'est toujours efforcée de maintenir les spécificités de chaque pays ; ce doit d'ailleurs être le moteur de la mobilité. Il me semble que c'est un point essentiel que j'ai très fréquemment entendu être souligné et débattu.

La présence d'une certaine culture chimique au niveau local, l'attrait de la langue, l'aspect de la pluridisciplinarité sont autant de raisons données à l'étudiant pour le rendre mobile. Cette composante de l'apprentissage devrait

\* Groupe des Jeunes Européens, SFC, 250, rue St-Jacques, 75005 Paris.

être systématiquement incluse dans le programme de PhD. En plus de favoriser les liens interuniversitaires, elle permet la survie de zones de recherche ultrapointues plus facilement soutenables par de petits pays mais aussi la garantie de l'aspect pluridisciplinaire de l'enseignement. Cette mobilité doit rester à l'initiative de l'étudiant précise W. Herrmann.

Dans cette perspective, il serait peut-être souhaitable d'améliorer encore l'accès à l'information concernant les différents programmes d'échanges vers les autres établissements de l'Union européenne. Malgré la présence de bureaux «Europe» dans de nombreuses universités, beaucoup d'étudiants restent sous-informés.

Cette mobilité doit aussi être accessible au personnel chercheur via l'organisation d'écoles d'été. C'est l'observation de J. E. Backvall de l'université d'Uppsala (atelier 5 : Mobilité d'enseignants). Du fait de l'ensemble de ces remarques ne serait-il pas souhaitable (dixit W. Herrmann) d'uniformiser les échelles de temps de l'enseignement à travers l'Europe ? Ceci rejoint une constatation que nous avons faite lors des deux réunions des Jeunes Chimistes Européens (Amsterdam 92 et Lyon 94) : les différents systèmes éducatifs nationaux sont bien difficiles à intégrer. Nous rencontrons d'ailleurs les plus grandes difficultés lorsqu'il s'agit de présenter le système français, pour le moins complexe. Cela ne signifie pas qu'il faille uniformiser, et donc appauvrir, mais là encore l'échange d'information didactique semble être une très bonne solution. Le système pilote ECTS (Unités capitalisables transférables dans toute la Communauté européenne) vise justement à favoriser la transférabilité des cursus d'un système à un autre.

Enfin, le dernier thème majeur abordé est celui du rôle des sociétés nationales. Sans vouloir entrer dans les détails concernant la naissance d'une nouvelle société européenne de chimie (ECS) en mars dernier présentée par G. Bertrand, évoquons quelques points de l'atelier 6 (le rôle des sociétés nationales de chimie dans la promotion de l'enseignement de la chimie au niveau européen). Actuellement, selon J.-B. Donnet, les sociétés nationales s'effor-

cent de favoriser les échanges de personnes et d'informations sur les carrières européennes. Elles doivent cependant faire plus comme soutenir le programme Erasmus, mieux informer les jeunes (entre autre) par différents moyens comme la création d'une banque de données, l'utilisation du réseau Internet. Tout ceci rejoint nos précédentes remarques en mettant l'accent sur l'échange d'information claires et accessibles par tous.

Cette réunion a montré l'énorme diversité des actions mises en jeu au niveau européen. Même s'il apparaît qu'un gros effort de dialogue et d'appréhension de la mosaïque culturelle européenne reste à faire (afin que chacun puisse prendre la mesure des possibilités qu'offrent les directives européennes), ce type de rencontre semble un moyen privilégié de sensibilisation. Ne faudrait-il pas étendre ces discussions (et/ou en augmenter la fréquence) à un auditoire plus large, et surtout en débattre au sein de nos sociétés savantes ? Car malgré l'effort d'information, beaucoup de progrès restent à accomplir dans ce domaine aux niveaux universitaire et industriel.

Université Paris Sud XI  
Centre Scientifique d'Orsay  
Formation Permanente

## Stages 95.

- **Modélisation moléculaire**

9-13 octobre 1995

- **Analyse rétrosynthétique en chimie organique**

25-29 septembre 1995

- **Spectrométrie de masse en chimie et en biologie**

9-13 octobre 1995

- **Spectroscopie infrarouge par Transformée de Fourier**

16 - 20 octobre 1995

- **Pharmacologie et toxicologie moléculaires : concepts fondamentaux et applications**

18 - 22 septembre 1995 (module 3)

6 - 10 novembre 1995 (module 4)

- **Synthèses organiques dans des conditions non classiques**

13 - 17 novembre 1995

- **Le risque chimique en laboratoire et sa prévention**

4 - 8 décembre 1995

- **Produits chimiques et travail**

18-20 décembre 1995

Renseignements et inscriptions :

Formation permanente

Centre Scientifique d'Orsay

Les Algorithmes, Bât Euripide

91405 Orsay Cedex.

Tél. : 69.35.60.00.

Fax : 69.41.16.64.



## Les programmes européens en matière de mobilité des étudiants et des chercheurs

Depuis maintenant plus d'une décennie, l'Union Européenne (UE), propose un panel de programmes communautaires européens dans le cadre des Programmes de Recherche et de Développement (PCRD). Ces PCRD définissent les axes prioritaires de recherche et de coopération de l'UE. Pour une description détaillée des trois derniers PCRD, le lecteur pourra se reporter à l'article de C. Quivoron (*L'Actualité Chimique*, n° 3, avril-mai 1995, p. 11). Dans le cadre d'une PCRD, afin de faciliter l'échange et la mobilité des compétences, le programme «Research Training Grant» (bourses de formation à la recherche) comprend quatre types de bourses. Deux d'entre elles sont dédiées aux étudiants chercheurs : les bourses de catégorie «20» pour les thésards et celles de catégorie «30» pour les chercheurs postdoc. Il faut ajouter à cela deux autres types de bourses, la première de catégorie «40» pour les chercheurs confirmés et la deuxième, de type R (bourse de retour), pour les chercheurs qui souhaitent retourner dans leur région d'origine, dite défavorisée.

Les deux principaux programmes de l'Union Européenne Comett, et Erasmus, concernent la mobilité des étudiants. Précisons que ces deux programmes vont être modifiés : Comett sera inclus courant 95 dans le programme Leonardo et Erasmus sera intégré avec le programme Lingua dans le programme Socrates.

Le programme Comett est destiné à «promouvoir la coopération université-entreprise dans le domaine de la formation aux technologies». Il a débuté en 1986 avec une première phase opérationnelle de 1987 à 1989. Le programme se structure en trois volets interconnectés.

Le premier volet (réseau européen d'associations université-entreprise pour la formation) vise d'une part à identifier les besoins de formations technologiques mais aussi à augmenter les transferts géographiques des

compétences. Le deuxième volet porte sur les échanges transnationaux. Il s'adresse à des étudiants effectuant une période de formation (trois à douze mois) reconnue comme partie intégrante de leur cursus, mais aussi à des personnes en fin d'études avant obtention d'un premier emploi. Enfin, ces échanges sont aussi disponibles pour les personnels des universités ou des entreprises, mis à la disposition d'une université ou d'une entreprise d'un autre état membre. Le troisième volet est destiné aux projets conjoints de formation continue aux technologies et formation à distance multimédia. Il comprend des soutiens à des cours de formation de courte durée, conception, mise au point et expérimentation de projets conjoints au niveau européen. Enfin le quatrième et dernier volet regroupe des mesures complémentaires de promotion et d'accompagnement. Dans l'avenir (1995-99), une enveloppe de 620 MEcu sera prévue pour la mise en œuvre du programme Leonardo da Vinci. Il vise à doter la communauté d'une politique de formation professionnelle. Son objectif est de «promouvoir des projets susceptibles d'améliorer la qualité et l'innovation dans le domaine de la formation professionnelle en Europe».

Le programme Erasmus, adopté en 1987 se veut une aide à la mobilité des étudiants et à la coopération entre les établissements d'enseignement supérieur éligibles au sein de la communauté. Ceci dit, l'accès à **Erasmus** a été élargi aux pays de l'AELE (Association Européenne de Libre Echange) via toute une série d'accords.

Les lignes directrices des objectifs d'Erasmus sont les suivantes :

- Aides financières aux établissements d'enseignement supérieur.
- Bourses de mobilité aux étudiants.
- Bourses de visites pour le personnel de l'enseignement supérieur.
- Aides financières diverses.

Une composante importante de l'aide financière aux établissements

d'enseignement supérieur est liée aux Programmes Interuniversitaires de Coopération (PIC). Il s'agit par ce biais d'établir une forme organisée de coopération à long terme entre facultés ou départements de différents établissements d'enseignement supérieur. L'UE compte particulièrement favoriser de ce fait la mobilité des étudiants. D'une durée minimum de trois mois, le déplacement doit aussi entrer dans le cadre du cursus suivi en vue de l'obtention d'un diplôme. Le programme pilote **ECTS** (Système Européen d'Unités Capitalisables Transférables dans toute l'UE) vise justement à faciliter la poursuite d'un cursus tout en effectuant des séjours dans un autre établissement. La première phase pilote d'ECTS, de six ans, va se terminer en 1994/95. Elle concernait les domaines d'études suivants : gestion, chimie, histoire, ingénierie mécanique et médecine. Une aide financière est également prévue pour le développement de nouveaux programmes d'enseignement en commun avec les participants du PIC concerné. Enfin pour terminer, citons aussi le programme **Naric** qui promeut l'échange d'informations au sein du réseau des centres nationaux d'information sur la reconnaissance académique des états éligibles.

Les programmes Erasmus et Lingua (programme d'aide à l'apprentissage des langues) vont maintenant être regroupés sous une seule action : **Socrates**. Socrates agit à trois niveaux : éducation supérieure, écoles, et apprentissage des langues. Le premier niveau va notamment être amené à renforcer le réseau de PIC. Le deuxième niveau vise à promouvoir la coopération entre établissements d'enseignement autour du concept de **PEE** (Projet Européen d'Éducation). Enfin, le troisième niveau doit améliorer l'enseignement des langues dans l'UE.

*Christophe Den Auwer, étudiant université Paris-Sud/Lure, groupe des jeunes européens, SFC*

# Comment les étudiants s'approprient-ils le modèle quantique de la liaison chimique ?

Alain Dumon\* professeur, Henry Sauvaitre\* professeur

Si quelques enseignants se sont posés des questions sur le bien fondé de l'introduction du modèle quantique en 1er cycle universitaire [1, 4], en avançant l'argument que «les concepts du modèle quantique sont difficiles, abstraits, et comme il est impossible de les développer dans le détail, les étudiants sont conduits à les accepter sans discussion et sans véritable compréhension», il semble qu'il y ait actuellement un consensus pour que cet enseignement soit effectivement présenté. On signalera cependant la réticence de certains enseignants vis-à-vis du concept d'hybridation [3, 5], parfois pour des raisons opposées, se traduisant par l'absence de son développement dans certains ouvrages [6, 7].

Les arguments invoqués sont :

- la possibilité de rendre compte autrement de la géométrie,
- la difficulté d'explications de la méthode auxquelles ce développement conduit,
- des représentations le plus souvent erronées chez l'étudiant.

La structure du champ conceptuel du modèle quantique de la liaison chimique peut être schématisée, de façon simplifiée, par la figure 1.

Deux voies parallèles de description de la molécule y apparaissent. Une voie localisée, s'appuyant sur le concept d'hybridation, et une voie délocalisée s'appuyant sur le concept d'orbitale moléculaire (OM).

Ces deux descriptions de la molécule sont certes différentes, mutuellement exclusives, chacune permettant d'interpréter des propriétés des molécules, mais sont-elles incompatibles si elles doivent conduire à la même énergie totale et à la même densité électronique totale de la molécule ?

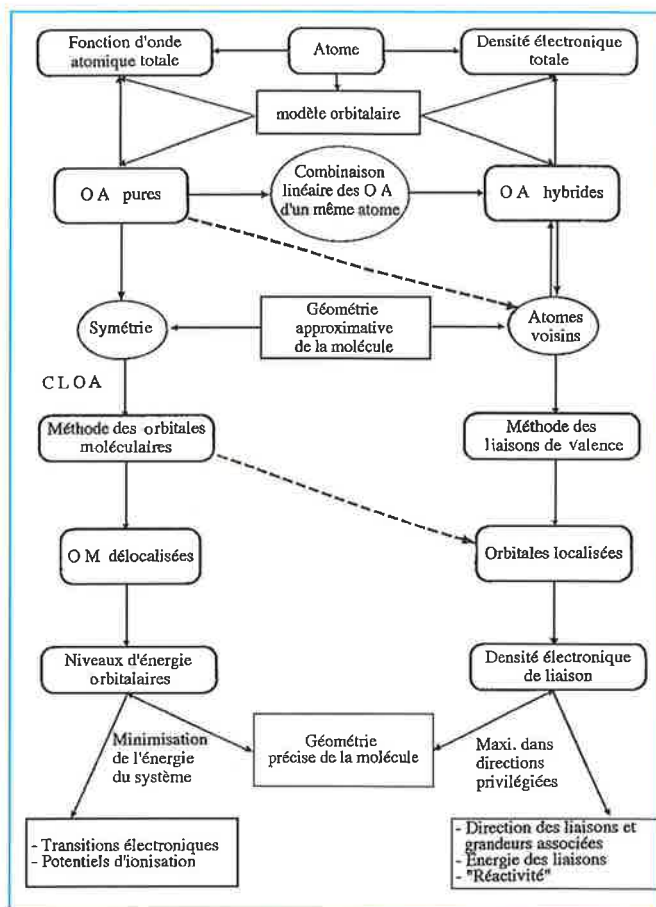


Figure 1 - Structuration du champ conceptuel du modèle quantique.

Dans le 1er cycle de l'enseignement supérieur, il est temps d'insister sur la notion de modèle en science et donc l'introduction de ces deux descriptions doit être l'occasion de montrer leurs limites, leurs domaines d'application et leurs domaines de recouvrement, le choix de l'une ou l'autre de ces représentations reposant sur des raisons de commodité liées au problème à résoudre et non sur des critères de validité.

Il est cependant judicieux de s'interroger sur la progression à adopter pour les présenter, de façon à ne pas introduire de confusions entre les deux descriptions dans l'esprit des étudiants [8] : par exemple, commencer à travailler en modèle localisé, puis passer au modèle délocalisé et traiter les molécules diatomiques comme des cas particuliers de ce modèle.

\* Université de Pau et des Pays de l'Adour, UFR Sciences et Techniques, avenue de l'université, 64000 Pau.  
Tél. : 59.32.31.65. Fax : 59.62.76.71.

Conférence présentée au 61e Congrès de l'ACFAS, 17-21 mai 1993, université du Québec, Rimouski, Québec, Canada.



Dans cette étude nous avons cherché à identifier l'image que les étudiants se sont construite du modèle quantique, un certain temps après l'enseignement.

Nous avons limité l'étude aux concepts clés d'orbitale moléculaire et d'hybridation. On notera que ces concepts, introduits en chimie physique, sont principalement utilisés, pour leur caractère opératoire, en chimie organique et inorganique et que c'est au cours de leur manipulation dans ces différents domaines que les étudiants se les approprient.

## Méthodologie

Deux techniques complémentaires ont été utilisées :

– *L'association de mots*, qui consiste à demander aux étudiants de relier entre eux les mots ou expressions relatifs aux concepts qui leur semblent avoir un rapport direct. Cette méthode permet, après établissement d'une matrice de corrélation :

- D'une part de calculer un coefficient de lien entre expressions, compris entre 0 et 1. Coefficient dont la valeur est donnée par le rapport  $N/N_{sup}$ , avec N : nombre de liens relevés entre deux expressions  $N_{sup}$  : nombre correspondant aux deux expressions les plus reliées.

- D'autre part un diagramme de proximité à l'aide d'une méthode d'optimisation [9]. Ce diagramme est destiné à visualiser la proximité des termes relatifs aux concepts dans l'esprit des étudiants, c'est-à-dire l'organisation du champ cognitif du groupe.

– *Des questions à choix de réponses*. Les questionnaires ont été bâtis spécialement à cet effet en utilisant les termes ou expressions, parfois imprécis, utilisés couramment par les enseignants en cours et travaux dirigés. Leur but n'est pas de chercher la réponse correcte mais d'identifier les mots clés auxquels se raccrochent les étudiants pour répondre.

## Représentation du concept d'OM

### Organisation du champ cognitif

Le questionnaire pour l'association de mots est reporté dans le tableau 1.

L'étude a porté sur deux populations étudiantes.

Une de première année, deux mois après l'apprentissage des concepts (mois de mars). L'autre de deuxième année, en début d'année universitaire, soit environ neuf mois après l'apprentis-

Tableau 1 - Technique d'association de mots. Concept d'OM.

L'ensemble des concepts ou expressions ci-dessous se rapportent à l'électron engagé dans une liaison covalente (ordre de présentation des concepts quelconque).

Veuillez relier tous les concepts qui ont un rapport direct entre eux.

**Attention** : parmi ces expressions, certaines peuvent ne pas figurer dans le schéma.

- |                                     |                             |
|-------------------------------------|-----------------------------|
| 1 - fonction d'onde                 | 7 - fonction mathématique   |
| 2 - probabilité de présence         | 8 - orbitale atomique       |
| 3 - niveaux d'énergie               | 9 - surface                 |
| 4 - orbitale moléculaire ( $\phi$ ) | 10 - état de l'électron     |
| 5 - région de l'espace              | 11 - $\phi^2$               |
| 6 - combinaison linéaire            | 12 - signification physique |

sage et utilisation en chimie organique au cours des enseignements du second semestre.

Plutôt que de présenter une carte conceptuelle résultant d'une analyse a priori de chaque concept, il nous a paru préférable d'établir, comme référence, un diagramme de proximité pour l'équipe enseignante participant à leur enseignement. Cette équipe est constituée de 15 enseignants, spécialistes ou non de chimie théorique.

### Analyse des diagrammes de proximité

- Les étudiants de première année (figure 2) :

- présentent un champ assez bien organisé avec des regroupements simples CLOA, aspect probabilistique...) et une cohésion bonne,

- centrent le champ sur l'objet d'étude : l'orbitale moléculaire (concept le plus souvent relié à d'autres),

- n'établissent pas de relations directes entre les fondements théoriques et le concept d'OM. On notera à ce niveau que la notion de fonction d'onde reste contextualisée c'est-à-dire attachée au domaine dans lequel elle a pris du sens : l'atome.

- les étudiants de deuxième année (figure 3) :

- présentent un champ très désorganisé, avec une cohésion faible et, malgré tout, encore quelques regroupements,

- centrent le champ sur les composantes de l'objet d'étude : les orbitales atomiques (OA),

- n'établissent toujours pas de lien entre OM et fonction d'onde, et comme les étudiants de 1re année, ne prennent pas en compte la notion de surface alors que les OA et les OM sont souvent représentées par leurs surfaces d'isodensité de probabilité.

- On notera également que le sens physique de  $\phi^2$  semble perdu.

- Pour l'équipe enseignante, le diagramme de la figure 4 fait apparaître :

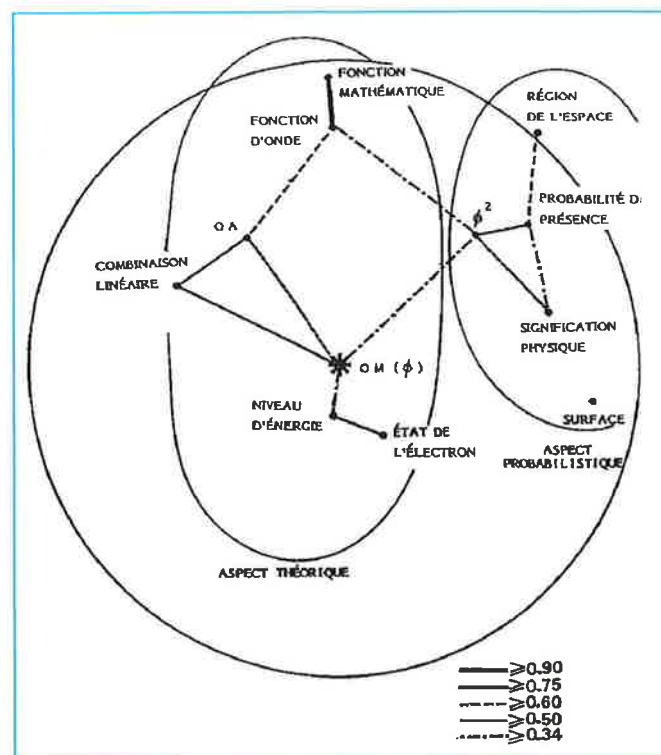


Figure 2 - Diagramme de proximité des étudiants de DEUG 1re année-OM.

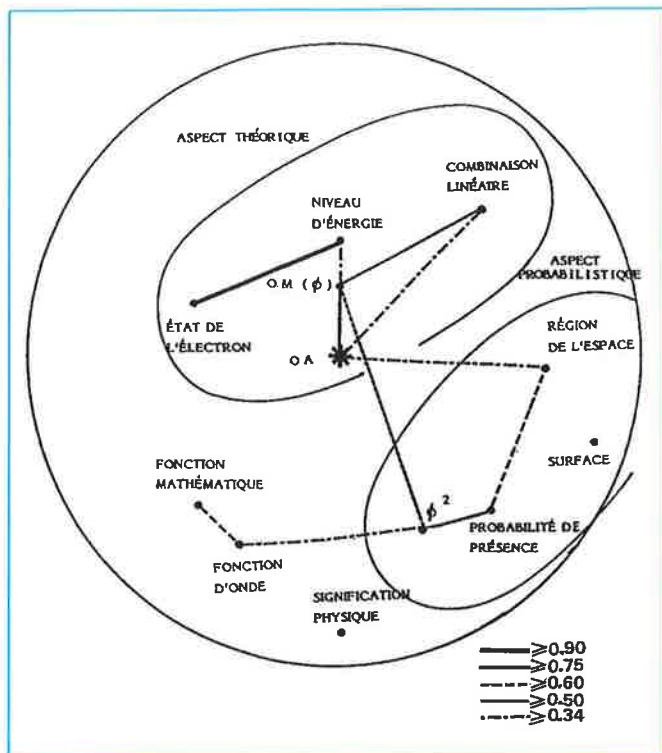


Figure 3 - Diagramme de proximité des étudiants de DEUG 2e année-OM.

- une grande structuration du champ, accompagnée d'une forte cohésion,
- un centrage sur le fondement théorique,
- comme pour les étudiants, la non-prise en compte de la notion de surface dans le réseau conceptuel. Ce comportement peut s'expliquer par le fait que l'on représente généralement les surfaces d'isodensité par des courbes ou contours.

#### Comparaison des diagrammes

- Alors que les enseignants situent les OA et les OM de la même façon par rapport à la fonction d'onde, les étudiants ont tendance à faire découler l'OM des OA.
- Pour les étudiants, la notion de niveau d'énergie est étroitement liée à celle d'état alors que, pour les enseignants, cet état est défini par la fonction d'onde. Il semble donc que, alors que les enseignants pensent de façon abstraite en terme de fonction d'état de l'électron, les étudiants interprètent concrètement en terme d'état énergétique.

Tableau II - Exemples de questions relatives au concept d'orbitale moléculaire.

Questions	% d'étudiants ayant choisi l'item
<b>Q. 1 - Quelle est la définition exacte d'une orbitale moléculaire ?</b>	
1 - Le niveau d'énergie occupé par une paire d'électrons dans la molécule.	14
2 - Une portion de l'espace autour des noyaux où la probabilité de trouver les électrons de liaison est maximale.	36
3 - Une fonction mathématique donnant la probabilité de trouver un électron sur un niveau d'énergie donnée.	40
4 - Une fonction mathématique représentant la trajectoire de l'électron dans la molécule.	21
5 - Aucune des définitions ci-dessus.	09
<b>Q. 2 - Quelle est (quelles sont) l'(es) affirmation(s) exacte(s) ?</b>	
La méthode CLOA permet :	
1 - De trouver la solution rigoureuse de l'équation de Schrödinger.	04
2 - De trouver la valeur des niveaux d'énergie possibles pour les électrons de liaison.	23
3 - De trouver une fonction mathématique traduisant l'état d'un électron dans la molécule.	81
4 - D'obtenir une équation de la trajectoire des électrons de liaison dans la molécule.	01
5 - Aucune des affirmations ci-dessus.	04

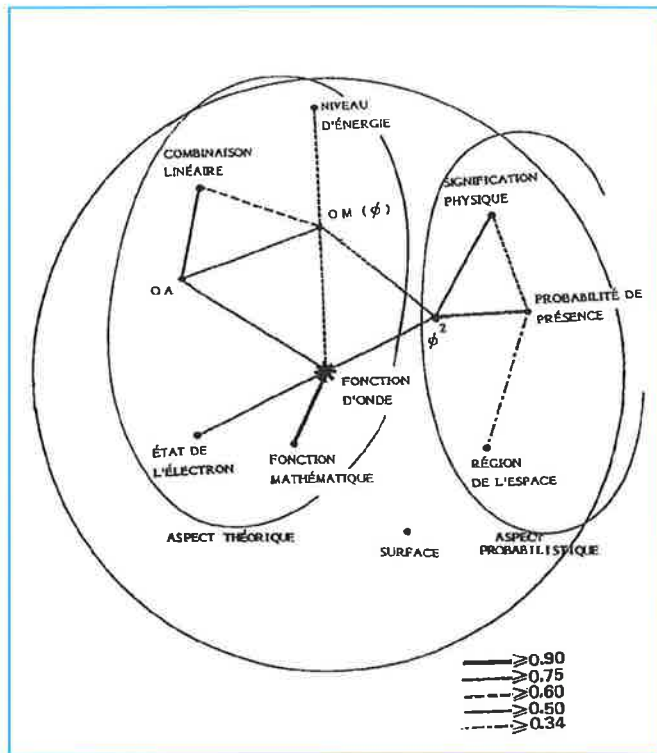


Figure 4 - Diagramme de proximité de l'équipe enseignante-OM.

- La proximité entre OM et niveau d'énergie est forte dans l'esprit des étudiants.

Ceci s'explique par le fait que le fonctionnement du concept d'OM, lors des travaux dirigés, porte principalement sur les diagrammes de corrélation énergétique en 1e année ; diagrammes repris lors des enseignements de spectroscopie en 2e année.

Cette première approche fait apparaître que les fondements théoriques du concept semblent mal assimilés et que seuls les aspects opératoires, pouvant être qualifiés de concrets, sont bien retenus. Elle demande à être précisée par l'analyse des réponses au questionnaire (tableau II).

#### Analyse des réponses au questionnaire

##### Analyse concernant les fondements théoriques du concept d'OM

- Les pourcentages de choix des items de la question 1 font

apparaître que la notion d'OM est fortement reliée aux notions de probabilité de présence puis de fonction mathématique, ce qui corrige un peu ce qui vient d'être dit.

- Le pourcentage relativement élevé de choix de l'item 2 (36 %) montre l'existence d'une confusion certaine entre l'OM et le domaine de probabilité de présence (observation confirmée au niveau de la 3e question). Cette confusion correspond d'ailleurs à un glissement de langage admis par certains organiciens.

- Si l'association fonction mathématique-trajectoire de l'électron semble effectuée par un nombre non négligeable d'étudiants, cette constatation doit être relativisée par le faible choix de l'item contenant la notion de trajectoire dans la question 2. Ce choix semble donc plutôt résulter de la présence de l'expression fonction mathématique dans l'item.

On peut donc dire que le concept d'OM est bien perçu comme une fonction mathématique, mais que cette fonction, comme cela a été signalé précédemment, est fortement reliée à la notion de combinaison linéaire des orbitales atomiques et non à la notion de fonction d'onde (cf. réponses à la question 2).

- Ces combinaisons linéaires, conduisant à la formation des OM, liantes ou antiliantes, ou  $\pi$ , sont souvent représentées par les schémas de recouvrement des OA en représentations polaires. L'analyse des réponses à la question 4 (tableau III) fait apparaître que le lien entre le signe des fonctions d'onde intervenant dans la combinaison linéaire, qui figure dans les lobes, et le caractère liant ou antiliant de l'OM est mal perçu (40 % de réponses correctes). Le nombre important d'inversions systématiques liant-antiliant (33 %) semble résulter d'une confusion associant les signes, non à ceux de fonctions d'onde, mais à des charges : les charges de mêmes signes se repoussent, celles de signes différents s'attirent.

- Par contre, les conditions de formation des OM  $\sigma$  par «recouvrement» axial et  $\pi$  par recouvrement latéral sont bien assimilées par les étudiants.

#### Analyse concernant l'aspect opératoire du concept d'OM

La question 3 (tableau III) était relative à la signification du carré de la fonction d'onde ( $\phi^2$ ).

Tableau III - Autres questions.

Q.3 - Quelle est (quelles sont) l'(es) affirmation(s) exacte(s) relative(s) au carré de la fonction d'onde ?	% de choix
1 - $\phi^2$ représente la probabilité de trouver l'électron dans une région déterminée.	64
2 - le calcul de $\phi^2$ permet d'obtenir la représentation spatiale de l'orbitale moléculaire.	23
3 - $\phi^2$ représente la densité de probabilité de présence d'un électron dans un volume dV à une certaine distance des noyaux.	63
4 - Pour que la condition d'une liaison soit réalisée, il suffit que $\phi^2$ prenne une valeur non nulle entre les noyaux.	25
5 - Pour une OM antiliante, $\phi^2$ prend une valeur nulle entre les noyaux.	56
6 - $\phi^2$ permet le tracé des courbes d'isodensité de probabilité.	64
Q. 6 - Parmi les affirmations suivantes relatives au diagramme de corrélation énergétique lié aux OM, laquelle (ou lesquelles) sont exactes ?	
1 - La probabilité de trouver deux électrons dans une même région de l'espace est indépendante des niveaux d'énergie occupés par ces électrons.	16
2 - Le calcul du niveau d'énergie découle de la connaissance de $\phi$ .	33
3 - Un électron dont l'état est décrit par une OM donnée possède une énergie donnée qui dépend de la localisation de cet électron entre les noyaux.	36
4 - Les niveaux d'énergie des OM liantes et antiliantes figurant sur le diagramme sont généralement déterminés pour une distance entre les noyaux correspondant à l'état stable de la molécule.	49
5 - Des paires d'électrons situées sur des niveaux d'énergie (atomiques) voisins peuvent interrégir.	56
6 - L'inversion des niveaux d'énergie des OM $\sigma$ et $\pi$ est due à l'existence d'électrons «sur» des OA de niveaux d'énergie voisins.	41

- Tous les items (corrects ou non) contenant le terme probabilité ont été retenus par une forte proportion d'étudiants (64 %).

Mais il existe une confusion certaine dans leur esprit résultant de la non différenciation entre les notions de probabilité de présence et de densité de probabilité de présence, comme le montrent les pourcentages de choix des items 1 et 3.

- La relation entre  $\phi^2$  et le tracé des courbes d'isodensité ainsi que la relation entre la valeur de  $\phi^2$  entre les noyaux et le caractère liant ou antiliant de l'OM sont par contre assez bien retenues.

- En ce qui concerne la relation entre la densité de probabilité de présence (représentée par le modèle du nuage électronique) et le caractère de l'OM  $\sigma$  ou  $\pi$ , liant ou antiliant, les réponses à la question 5 (tableau IV) montrent que les étudiants :

- reconnaissent bien le caractère liant ou antiliant des OM ( $\sigma_{2s}$  : 73 % ;  $\pi^*_{x,y}$  : 76 % ;  $\sigma^*_{2s}$  : 60 %),
- différencient mal les OM  $\sigma$  et  $\pi$  : pour les OM  $\pi_{x,y}$  (48 %  $\sigma$ ; 48 %  $\pi$ ) et  $\sigma_z$  (46 %  $\sigma$ ; 36 %  $\pi$ ).

On signalera que ces représentations n'avaient jamais été vues auparavant par les étudiants et on constatera qu'elles favorisent cependant grandement l'identification du caractère liant ou antiliant des OM.

Les réponses à la dernière question (tableau III) concernant l'aspect énergétique du concept d'OM montrent :

- que peu d'étudiants établissent une relation entre la connaissance de la fonction d'onde et le calcul de l'énergie électronique correspondante. Le sens de l'équation  $H\phi = E\phi$  semble mal perçu par une grande majorité d'entre eux,
- que les conditions de calcul des niveaux d'énergie (noyaux à la distance d'équilibre) et que la participation d'OA de niveaux d'énergie voisins, d'un même atome, à la construction des OM sont bien assimilées,
- qu'une confusion existe dans leur esprit par établissement d'une corrélation entre, d'une part, OM et niveau d'énergie associée et, d'autre part, la localisation des électrons affectés à la liaison entre les noyaux dans la molécule. Le principe d'indiscernabilité semble être oublié



Tableau IV - Deux exemples de questions relatives à la notion d'orbitales moléculaires.

Q.4 - Associer à chacun des schémas ci-dessous la nature de l'OM formée (liante, non-liante, antiliante).

(a) O.M.  $\sigma$   
 (b) O.M.  $\pi$   
 (c) O.M. liante  
 (d) O.M. antiliante  
 (e) O.M. non-liante  
 (chaque case peut contenir soit 2 lettres soit 1 seule lettre suivant le cas)

Q. 5 - La structure de la molécule d'oxygène est :  $(\sigma_{1s})^2 (\sigma_{1s}^*)^2 (\sigma_{2s})^2 (\sigma_{2s}^*)^2 (\sigma_{2p_z})^2 (\pi_{x,y})^4 (\pi_{x,y}^*)^2$ . Pouvez-vous indiquer à quelle représentation des orbitales moléculaires de l'oxygène ( $\sigma_{2s}$ ;  $\sigma_{2s}^*$ ;  $\sigma_{2p_z}$ ;  $\pi_{x,y}$ ;  $\pi_{x,y}^*$ ) correspondant chacune des figures des nuages électroniques suivantes.

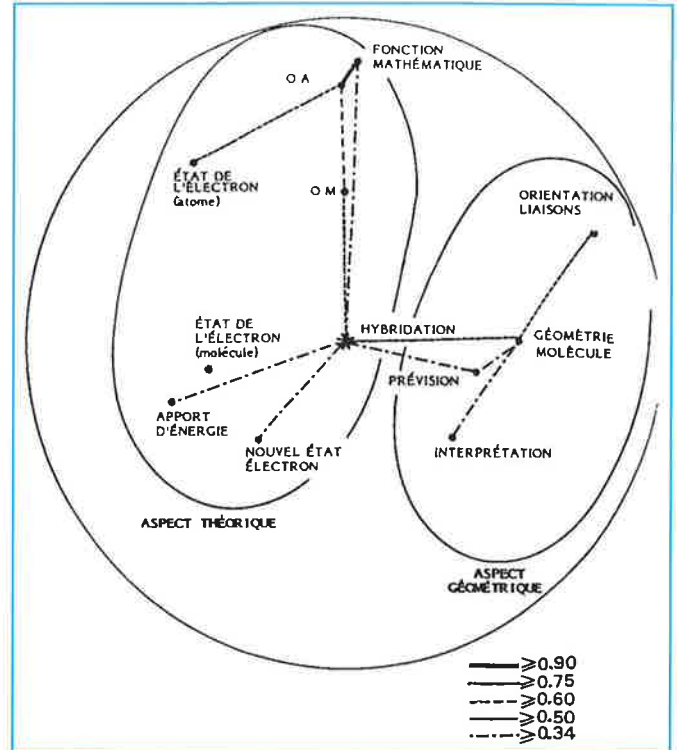


Figure 5 - Diagramme de proximité des étudiants de Deug 1re année - Hybridation.

## Représentations du concept d'hybridation

La méthodologie employée est identique à celle utilisée pour le concept d'OM.

### Organisation du champ cognitif

Le questionnaire pour l'association de mots est reporté dans le tableau V.

#### Analyse des diagrammes

- Les étudiants de 1ère année (figure 5) :
  - présentent un champ assez bien structuré autour de deux regroupements simples (aspect théorique et aspect géométrique) mais où la cohésion est faible,
  - centrent le champ sur l'objet d'étude,
  - relient directement la notion d'hybridation à la notion d'OM et non à celle d'OA,
  - établissent une relation entre hybridation-apport d'énergie-nouvel état de l'électron.

Tableau V - Technique d'association de mots. Concept d'hybridation.

Veillez relier entre eux les concepts (ou expressions) ci-dessous relatifs à l'hybridation.

**Attention** : certaine(s) de ces expressions peuvent ne pas convenir pour la description du concept d'hybridation

- |                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| 1 - hybridation                     | 7- prévision                            |
| 2 - nécessité d'un apport d'énergie | 8- interprétation                       |
| 3 - orbitale moléculaire            | 9- géométrie de la molécule             |
| 4 - orientation des liaisons        | 10- état de l'électron dans l'atome     |
| 5 - fonction mathématique           | 11- état de l'électron dans la molécule |
| 6 - orbitale atomique               | 12- nouvel état de l'électron           |

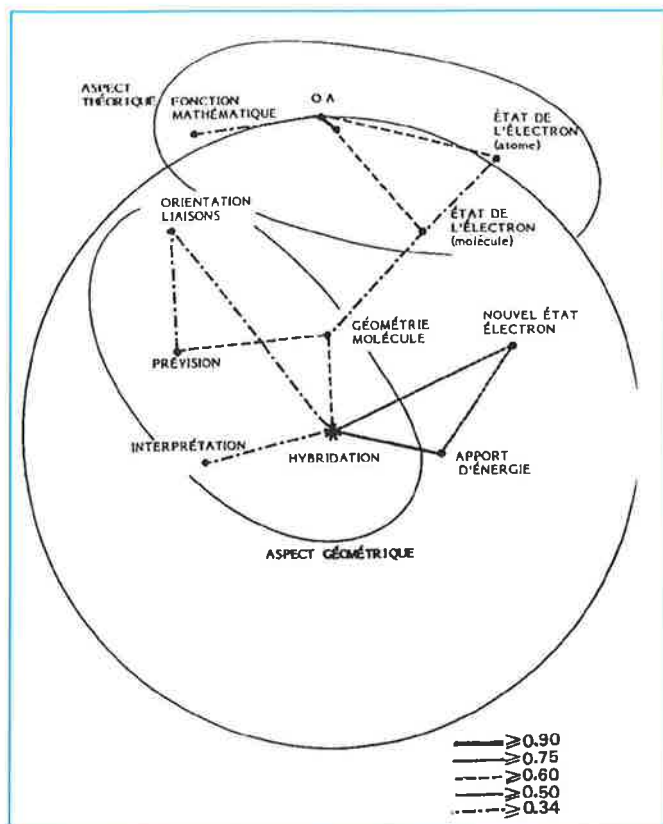


Figure 6 - Diagramme de proximité des étudiants de Deug 2e année - Hybridation.

- Les étudiants de 2e année (figure 6) :
  - présentent une nouvelle fois un champ assez désorganisé avec encore, malgré tout, quelques regroupements,
  - centrent également le champ sur l'objet d'étude,
  - ne relient en aucune façon la notion d'hybridation à ses fondements théoriques : ils rejettent l'aspect mathématique, abstrait, du concept à la périphérie du champ. Par contre ils établissent un lien entre l'hybridation et la géométrie de la molécule, ce qui s'explique par le fait qu'ils n'ont fait fonctionner le concept qu'à ce niveau.
  - On note encore la relation, plus forte qu'en 1re année, entre hybridation-apport d'énergie-nouvel état de l'électron.
- Le diagramme de référence (figure 7) fait apparaître :
  - une grande structuration et une bonne cohésion du champ,
  - une superposition au centre du champ des concepts d'OA et d'hybridation (coef. de lien = 1)
  - la non-prise en compte des notions d'apport d'énergie et de nouvel état de l'électron.

Tableau VI - Questions relatives au concept d'hybridation..

Questions	% d'étudiants ayant choisi l'item
Quelle est (quelles sont) l'(es) affirmation(s) exacte(s) ?	
1 - L'hybridation est un concept mathématique qui permet de prévoir la géométrie de la molécule.	57
2 - L'hybridation est un concept mathématique qui permet de construire un ensemble d'orbitales orientées suivant les directions de liaison.	49
3 - L'hybridation conduit à une fonction d'onde décrivant l'état de l'électron dans la molécule.	16
4 - L'hybridation conduit à définir un nouvel état pour l'électron dans l'atome	39
5 - Les descriptions d'un atome avec ou sans hybridation sont équivalentes.	19
6 - L'hybridation n'est possible que par suite de l'apport d'énergie due à l'interaction des atomes qui vont se lier avec l'atome central.	49

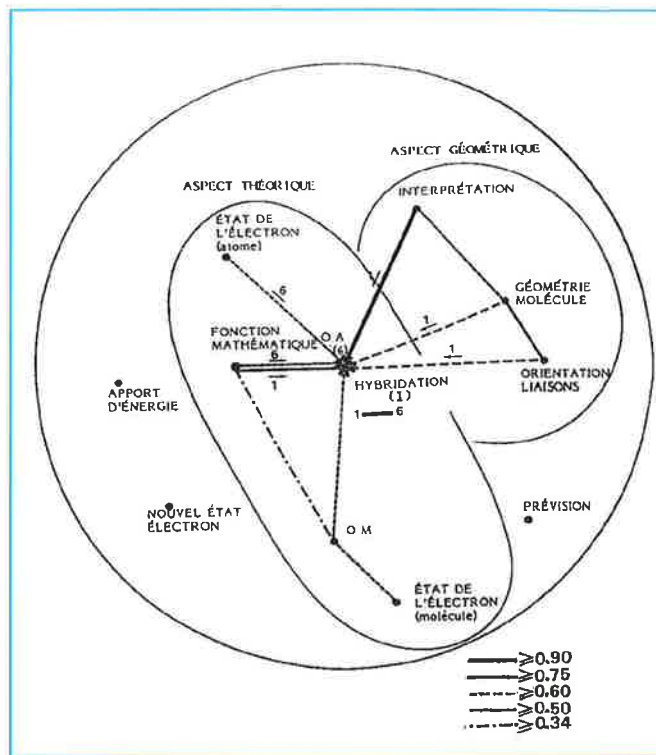


Figure 7 - Diagramme de proximité de l'équipe enseignante - Hybridation.

### Comparaison des diagrammes

De la comparaison des diagrammes, il ressort qu'un décalage important existe entre ce que dit l'équipe enseignante et ce que retiennent les étudiants :

- pour les enseignants, l'hybridation permet d'interpréter la géométrie de la molécule à partir de l'orientation des liaisons alors que, pour les étudiants, elle permet de prévoir la géométrie d'une molécule et donc l'orientation des liaisons,
- pour les étudiants, l'hybridation nécessite un apport d'énergie et conduit à un nouvel état de l'électron, alors que les enseignants n'ont jamais introduit un tel point de vue, tout au moins lors des apprentissages.

Il semble donc que le concept d'hybridation soit mal appréhendé sur le plan théorique et que seule son utilité «pratique» soit bien perçue.

### Analyse des conceptions

Dans le but de confirmer (ou non) les observations précédentes, une question à choix de réponse a été proposée aux étudiants. L'analyse des réponses est toujours réalisée à

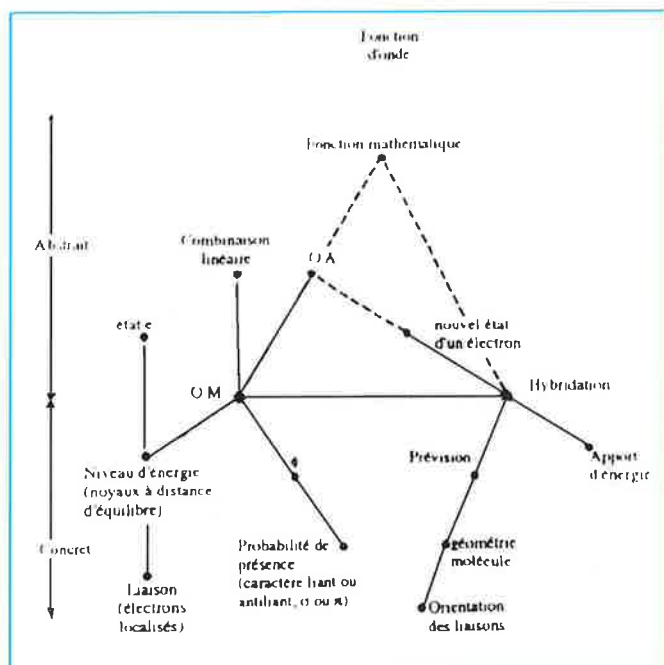


Figure 8 - Structuration du champ cognitif des étudiants.

partir du choix des items effectué par les étudiants en relation avec les mots clés qu'ils contiennent.

On remarque que :

- Les items 1 et 2 contenant l'expression concept mathématique sont les plus choisis, mais le faible choix de l'item 5 montre que son origine est mal connue.
- La prévision de la géométrie moléculaire à partir de l'hybridation est confirmée.
- Le faible pourcentage de choix de l'item 3 semble montrer que l'hybridation est associée à l'atome et non à la molécule, ce qui n'apparaissait pas comme une évidence sur le diagramme de proximité (figure 5).
- La nécessité d'un apport d'énergie et la définition d'un nouvel état de l'électron se confirment également.

Il est intéressant de noter que des conceptions non introduites dans l'enseignement apparaissent dans l'esprit des étudiants. Ces conceptions sont à rapprocher des notions d'énergie de promotion et d'état excité introduites dans quelques ouvrages. Leur apparition peut s'expliquer en considérant que le symbolisme utilisé dans la théorie de la liaison de valence, par exemple à l'aide des cases quantiques, est identique à celui utilisé pour la description des états excités.

## Organisation du champ cognitif

Sur la figure 8 est résumé ce qui nous semble être l'organisation du champ cognitif des étudiants concernant le modèle quantique, tel qu'il ressort de l'étude.

- Une OM est une fonction mathématique obtenue par combinaison linéaire d'orbitales atomiques, en respectant certaines conditions de symétrie.
- A une OM est associé un niveau d'énergie (on ne sait pas comment) traduisant l'état (énergétique) de l'électron dans la molécule.
- Le carré de l'OM conduit au calcul de la probabilité de présence de l'électron ou de la densité de probabilité (la diffé-

rence n'est pas établie). Rappelons ici que la perception du caractère liant ou antiliant,  $\sigma$  ou  $\pi$  d'une OM est grandement favorisée par le modèle du nuage électronique.

- Enfin le principe d'indiscernabilité des électrons n'est pas pris en compte : des électrons particuliers, situés sur des niveaux d'énergie particuliers, sont localisés entre les noyaux. Le rapport entre le concept d'OM et la description de la molécule en modèle délocalisé est loin d'être perçu.

- L'hybridation est certainement une opération mathématique (dont le principe est mal perçu), vraisemblablement liée à l'atome, mais conduisant surtout à la formation d'une OM : ce qui confirme le mélange entre modèles délocalisé et localisé.

- Pour qu'il y ait hybridation, les électrons doivent passer dans un nouvel état, suite à un apport d'énergie.

- Enfin, l'hybridation permet de prévoir la géométrie d'une molécule et donc l'orientation des liaisons.

On peut donc en conclure qu'un grand nombre de confusions existe dans l'esprit des étudiants. Ce qui semble bien maîtrisé correspond aux notions qu'ils ont manipulées lors des exercices dirigés, par contre ils retiennent mal les définitions formelles et les conditions d'élaboration des modèles lorsque ces conditions leur ont seulement été exposées en cours.

On retiendra, en référence à notre introduction, que la distinction entre les deux voies de description de la molécule est loin d'être réalisée.

## Comment améliorer l'apprentissage du modèle ?

Quelques propositions en guise de conclusion.

L'apprentissage du modèle quantique est une opération difficile, sinon douloureuse pour les étudiants. Il nécessite en effet la remise en cause d'un modèle qui a parfaitement fonctionné pendant les trois années de l'enseignement secondaire, à savoir : la molécule est représentée par un assemblage d'atomes ; chaque atome est lié à son voisin le plus proche par une liaison ; la liaison (simple, double ou triple) est formée par la mise en commun d'électrons de valence des atomes participant à la liaison, sous forme de paires. Ces paires sont localisées entre les atomes concernés.

Ce modèle, qui apparaît satisfaisant à ce niveau, compte tenu des explications qu'il permet et des applications qui en découlent, doit être remplacé par un modèle abstrait, modifiant en profondeur l'image commune de la molécule puisque : la molécule est constituée par un agrégat de noyaux et d'électrons ; les électrons sont délocalisés sur l'ensemble de la molécule ; seuls les états accessibles par les électrons peuvent être définis par des fonctions d'ondes, les OM. Aussi n'est-il pas étrange qu'il soit mal assimilé !

Comme il est impossible, compte tenu du temps dont on dispose et des difficultés mathématiques inhérentes au modèle, de faire appréhender par les étudiants les fondements de tous les éléments composant le modèle, il convient de s'attacher à donner un «sens» à ces éléments. Seule une diversification des situations pédagogiques au cours desquelles la connaissance est manipulée par les étudiants peut conduire à la faire passer sous leur responsabilité : ils doivent l'admettre, la comprendre, l'utiliser.



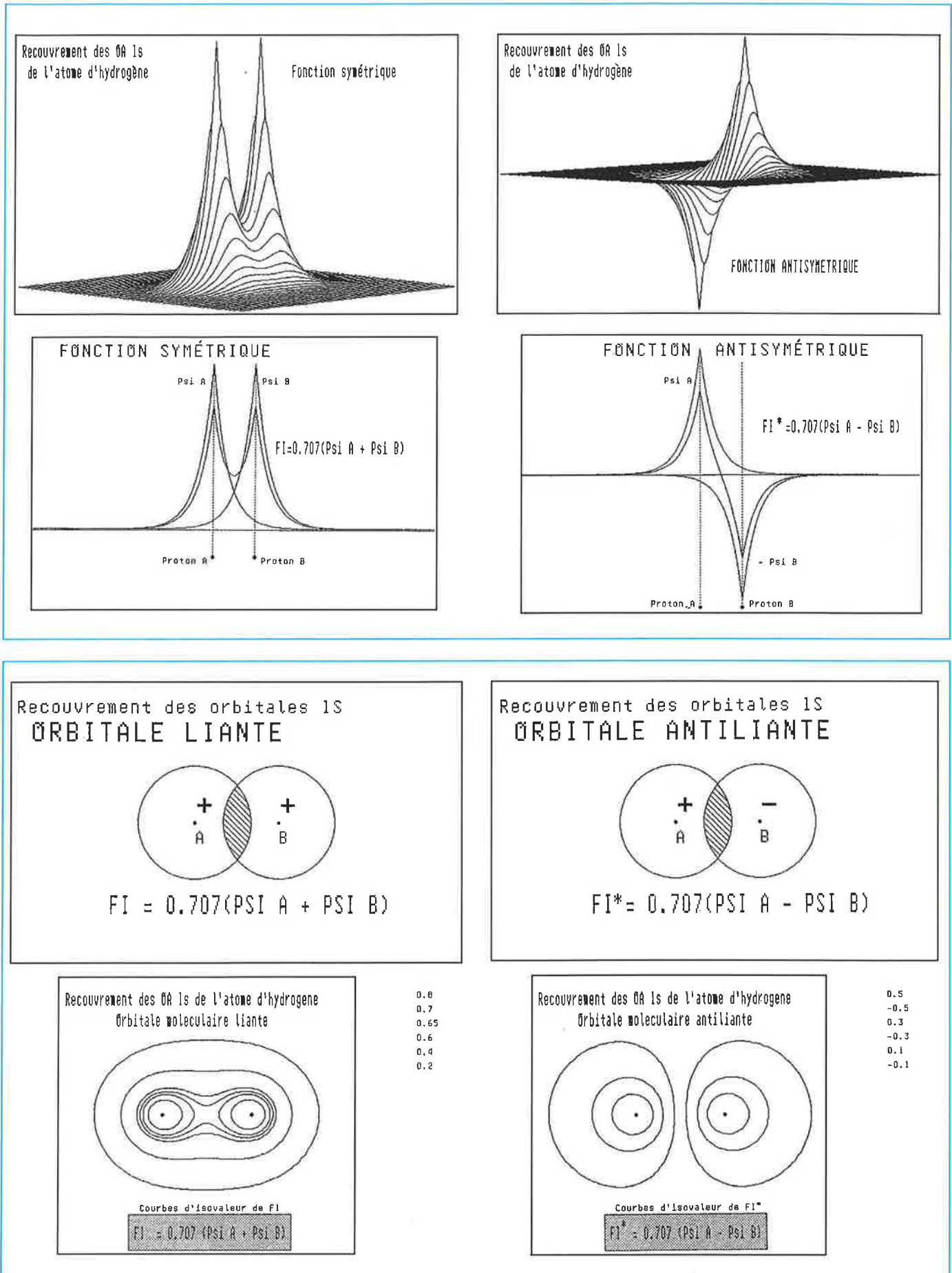


Figure 9 - Représentations des orbitales moléculaires.

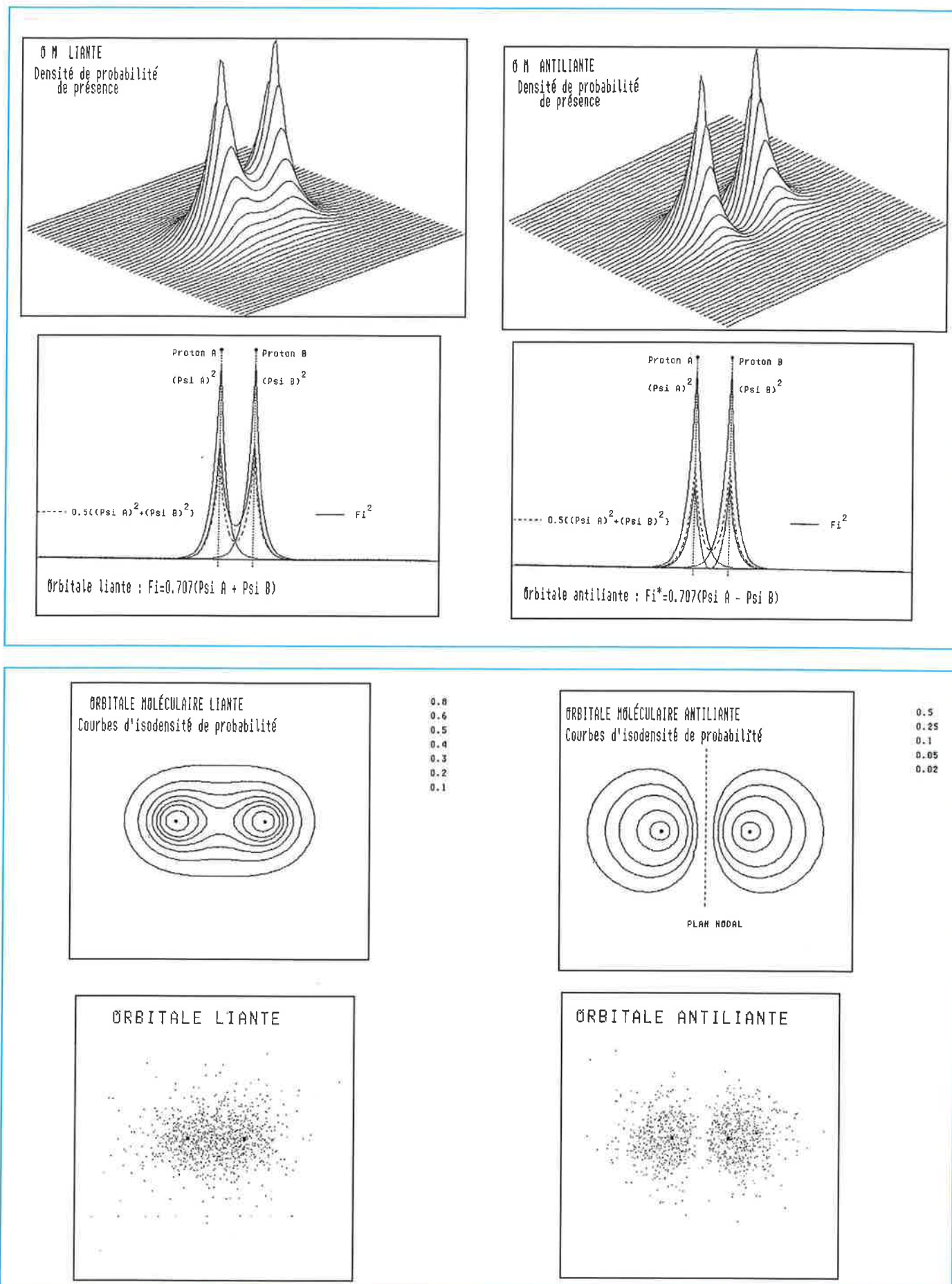


Figure 10 - Représentation de la densité de probabilité de présence.

### Introduction du modèle

Les concepts du modèle quantique sont abstraits et ne peuvent en aucun cas être construits par les étudiants. Il est donc obligatoire de les présenter en cours. La visualisation de ces concepts abstraits par des schématisations pouvant être qualifiées, abusivement certes, de concrètes devrait grandement favoriser leur appropriation. Par exemples, pour le concept d'OM :

- la compréhension de la formation des OM à partir des OA, pourra être facilitée par une représentation en parallèle des OM (dépendance radiale) en 3 et 2 dimensions et du recouvrement des OA, représentée en coordonnées polaires : la symétrie, l'antisymétrie, les valeurs positives et négatives de la fonction d'onde seront ainsi mieux perçus (*figure 9*).

- pour renforcer l'adhésion au caractère liant, ou antiliant,  $\sigma$  ou  $\pi$  d'une OM, la visualisation des combinaisons des carrés des fonctions d'onde par les représentations en 3 et 2 dimensions, par les contours d'isodensité et le modèle du nuage électronique est d'une grande utilité (*figure 10*). Ces représentations gagneraient à être accompagnées des courbes d'isodensité différentielle.

- la représentation, pour une molécule polyélectronique, des contours d'isodensité et/ou du modèle du nuage électronique, non seulement pour chacune des OM mais aussi pour la molécule, est un moyen d'insister sur l'indiscernabilité des électrons, l'obtention de la fonction d'onde et de la densité électronique totale à partir des OM.

### Manipulation du modèle

- L'appropriation du modèle par les étudiants nécessite qu'ils le fassent fonctionner dans diverses situations, à savoir :

- non seulement des exercices dirigés, classiques, d'application,
- mais également des lectures critiques de texte, qui nécessitent, une mobilisation du modèle pour expliquer, interpréter, justifier.

- Enfin un renforcement dans l'appropriation du modèle nous semble devoir passer aussi bien par un auto-apprentissage à l'aide de didacticiels d'EAO et/ou de montage(s) audiovisuel(s) que par la réalisation d'exercices d'auto-évaluation.

La mise à disposition des étudiants de tels outils, et donc leur réalisation, nous semble correspondre à une nécessité (les enseignants intéressés peuvent prendre contact avec les auteurs qui ont commencé à travailler dans ce sens).

### Références

- [1] Bent H.A., *J. Chem. Educ.*, **1984**, 61, p. 421.
- [2] Pauling L., *The Science Teacher*, septembre **1983**, p. 25.
- [3] Gillepsie R.J., *Chem. Can.*, **1976**, 23, p. 23.
- [4] Morwick J.-J., *J. Chem. Educ.*, **1975**, 52, p. 146.
- [5] Ducasse A, Lalanne J.-P., Lalanne P., Rayez J.-C., *Bulletin de l'Union des Physiciens*, **1986**, 678, p. 129.
- [6] Lazlo P., *La liaison chimique*, Herman, Paris, **1974**.
- [7] Duboc-Chabanon C., Lemaire J., Le Roux Y., Talbot J., *Chimie*, tome 1, Armand Collin ; Paris, **1987**.
- [8] Lissilour R., Opposition et complémentarité des notions d'orbitales moléculaires localisées et délocalisées. Quelques aspects pédagogiques, *L'Actualité Chimique*, octobre **1977**, p. 28.
- [9] Moynihan T.F., Word association techniques for the study of cognitive structure of chemical concepts in Scottish secondary school, M. Sc. Thesis, **1981**, University of Glasgow.

## Université d'été de chimie 1995

### ÉLECTROCHIMIE ET ÉNERGIE DES CONCEPTS AU VÉHICULE ÉLECTRIQUE

Grenoble, 29 août-1er septembre 1995

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

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

Nombre de participants limité à 300.

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

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



# Informations et documents didactiques

## Enseignements supérieurs de chimie en langue française

### AUXILIAIRES DIDACTIQUES

Très généralement, il s'agit d'instruments au service de l'enseignant et de l'étudiant. Ces instruments peuvent être des documents écrits, audio-visuels. Éventuellement, des maquettes et même des jeux.

Le Cudnme\* a jusqu'ici privilégié le développement de trois types d'auxiliaires didactiques :

### Les multimédias écrits et visuels du Cudnme

La plupart des multimédias du Cudnme comportent généralement trois classes de documents :

- les informations indispensables ;
- des exercices "actifs", choisis en vue de l'acquisition par l'étudiant de "savoir-faire", limités mais bien définis (objectifs pédagogiques) ;
- des exercices tests, dont les corrigés sont systématiquement donnés pour permettre l'auto-contrôle.

Cependant, certains ensembles (ex. orbitales atomiques) sont exclusivement destinés à l'illustration visuelle.

Un ensemble multimédia est constitué, en fonction de la nature des contenus et des objectifs, de documents écrits (fiches papier), visuels (diapositives, films S8, transparents) et parfois sonores (cassettes magnétiques). Ces documents peuvent être utilisés au choix, en auto-enseignement, en ensei-

gnement dirigé actif, ou en enseignement traditionnel.

Pour plus de détails sur le multimédia "écrit et visuel" : voir, *L'Actualité Chimique*, février 1980, p. 44-47, l'article de Maurice Gomel : Enseignement universitaire, un nouvel instrument au service des chimistes : le multimédia.

### Série : Initiation aux concepts chimiques fondamentaux

Cette série traite et illustre les concepts de base qui figurent dans les programmes de tous les enseignements supérieurs de chimie :

- **Isoméries** (47 fiches, 72 diapositives) : 400 F.
- **Analyse conformationnelle** (48 fiches, 48 diapositives, 22 transparents, 1 cassette) : 350 F.
- **Orbitales atomiques** (11 fiches, 33 diapositives) : 250 F.
- **Énergie des orbitales moléculaires** (ce module est inclus dans "spectroscopie photoélectronique" - voir ci-dessous série Initiation élémentaire...).
- **Structures électroniques des molécules organiques** (34 fiches, 44 diapositives, 22 transparents, 1 cassette) : 400 F.
- **Les structures cristallines** (61 fiches, 72 diapositives) : 400 F.

### Série : Initiation élémentaire aux méthodes et techniques chimiques

Cette série présente et illustre les méthodes et techniques utilisées par les chimistes (en recherche, en laboratoire d'analyse). Seul le principe simplifié est envisagé, suivi d'applications simples et concrètes.

- **Sécurité dans les laboratoires** (66 fiches, 80 diapositives, 1 cassette) : 400 F.

- **Mesure de la constante diélectrique et des moments dipolaires ; quelques applications** (11 fiches, 38 diapositives) : 200 F.

- **Spectroscopie photoélectronique** (fascicule 41 pages, 10 schémas pour transparents) : 80 F.

- **Radiocristallographie** (16 fiches, 24 diapositives) : 250 F.

- **La spectroscopie de masse** (80 fiches, 23 diapositives, 2 transparents) : 250 F.

- **Mesure des indices de réfraction et masses volumiques des liquides** (ce module est inclus dans "Mesure de la constante diélectrique et des moments dipolaires" - voir ci-dessus) ;

- **Polarimétrie** (ce module est inclus dans "Isoméries" : voir ci-dessus série "Initiation aux concepts...").

### Série : Monographies chimiques

Cette série comporte une information illustrée sur de grands composés chimiques fondamentaux (organiques ou inorganiques) intéressant généralement l'industrie, la biologie, la vie quotidienne, l'environnement, etc.

- **Le soufre** (25 fiches, 78 diapositives, 1 cassette) : 400 F.

### Série : Biochimie

Les 3 multimédias suivants appartiennent à l'ensemble "Démystification", dont le but est de démontrer visuellement que ces molécules, parfois complexes, se déduisent d'une combinaison de motifs structuraux simples, déjà connus des étudiants.

\* Cudnme, Services interuniversitaires CH 13, Faculté des sciences, 40, av. du Recteur Pineau, 86022 Poitiers Cedex.  
Tél. : 49.45.36.13. Fax : 49.45.36.00.

## Le Cudnme

Le Centre Universitaire de Diffusion de Nouveaux Médias d'Enseignement\* (Cudnme) est un centre créé en 1976 par le ministère français des Universités (bureau des Techniques nouvelles d'enseignement) en vue de :

- la conception (coopérative, sur une base interuniversitaire) ;
- la diffusion (nationale et internationale, sans but lucratif) des nouveaux auxiliaires pédagogiques pour les enseignements supérieurs (en langue française), tels que multimédias, documents de base, etc.

Les spécialités scientifiques concernées sont : principalement la chimie et, progressivement, la biochimie..., biologie..., au niveau postsecondaire et, principalement, les premières années (1er cycle) d'enseignement en universités, instituts de technologie, etc. Ces auxiliaires pédagogiques sont aussi utiles en formation des maîtres (IUFM).

La conception coopérative des productions du Cudnme est assurée bénévolement, avec l'aide de nombreux enseignants-chercheurs de diverses universités, sur les thèmes de leur choix et de leur compétence. Ces co-auteurs sont les seuls signataires des documents ainsi créés, puis diffusés.

La diffusion actuelle des productions du Cudnme touche actuellement plus de 50 centres universitaires, 15 grandes entreprises (RP, etc.) ; ces productions ont été demandées dans 20 pays.

Ces productions du Cudnme sont des copies d'originaux réalisés sans but lucratif. Les prix annoncés correspondent au remboursement des frais moyens de duplication des originaux.

Le budget de fonctionnement du Cudnme est issu principalement de son auto-financement et, occasionnellement, de subventions de ministères français.

### Pour participer aux réalisations du Cudnme

Le Cudnme poursuit la coréalisation de documents pour l'enseignement universitaire de la chimie (notamment multimédias) diffusés ensuite très largement dans plusieurs centres universitaires, entreprises industrielles, et de nombreux pays.

L'un de vos documents d'enseignements - multimédia ou non - déjà ébauché, ou en projet, peut éventuellement bénéficier d'une telle diffusion.

Si vous êtes intéressé(e), veuillez contacter le prof. Maurice Gomel, responsable du Cudnme.

- **Les grosses molécules biologiques** (9 fiches, 36 diapositives) : 200 F.

- **Les stéroïdes** (21 fiches, 82 diapositives) : 400 F.

- **Les hétérocycles d'intérêt biologique** : 1 - Généralités, cycles de base (16 fiches, 50 diapositives) : 300 F.

- 2 - Applications : biochimie, pharmacologie (28 fiches, 100 diapositives) : 500 F.

Les deux multimédias suivants appartiennent à l'ensemble "Lipoprotéines" destiné plus particulièrement aux étudiants de médecine, de pharmacie, aux biochimistes.

- **Les lipoprotéines du plasma humain** (nomenclature, composition, structure, 1 livret, 22 diapositives) : 250 F.

- **Les lipoprotéines du plasma humain (pathologie)**, 1 livret, 22 diapositives) : 250 F.

## La documentation de base pour l'étudiant (chimistes et non-chimistes)

Cette documentation de base - un auxiliaire pédagogique au service de méthodes actives d'enseignement de la chimie - peut être distribuée par l'enseignant aux étudiants. L'objectif principal est de faciliter l'usage des méthodes actives d'enseignement.

- **Règles élémentaires de nomenclature en chimie organique** (21 pages) : 25 F.

- **Règles élémentaires de nomenclature en chimie inorganique** (68 pages, dont 30 de dictionnaire) : 50 F.

Ces 2 fascicules, conçus pour être manipulés facilement par l'étudiant, initient progressivement aux exercices nom → formule et formule → nom.

Le 2e fascicule (inorganique) peut aussi être utilisé comme un simple dictionnaire nom ↔ formule.

- **Sélection de données physico-chimiques, pour l'étudiant de 1er cycle** (108 pages) : 50 F.

Ce document peut être considéré comme un "Handbook of chemistry" en réduction, ramené au niveau des seuls besoins de l'enseignement de 1er cycle, dont disposerait en permanence chaque étudiant.

## La documentation pour des spectacles de chimie

Quelques fichiers et deux vidéofilms pour un spectacle de chimie «**Magie ? Chimie !**»

Une production du Cudnme réalisée avec le soutien du département Culture scientifique et technique, DISTB, ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche.

Utilisations pédagogiques possibles de ces spectacles de chimie : enseignements de formation des maîtres (IUFM notamment) ; enseignements de chimie de 1er cycle, spectacles pour grand public (Science en fête, Théâtre de la Science, etc.).

*Sommaire* (4 fichiers de 62 pages ; 2 vidéofilms de 3 et 45 min rassemblés sur une vidéocassette) :

- Proposer une image esthétique de la réaction chimique.

- Réaliser les 17 démonstrations.

- Garantir la sécurité et préserver l'environnement.

- Proposer une interprétation simplifiée des phénomènes observés.

- Matériels et produits nécessaires à la réalisation des 17 démonstrations.

- Vue d'ensemble sur la faisabilité des 17 démonstrations.

Prix : 180 F en chèque ou bon de commande.

# Représentations stéréochimiques

Les diagrammes structuraux qui représentent de la stéréochimie doivent être préparés avec un soin particulier pour s'assurer qu'il n'y a aucune ambiguïté.

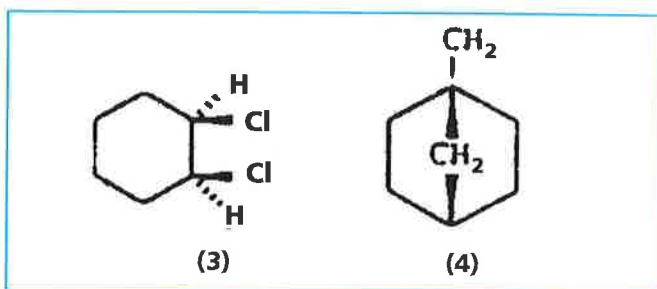
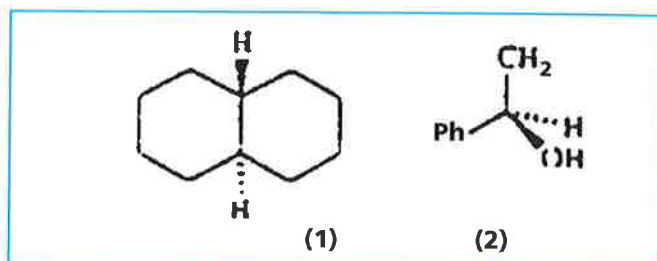
En général, les traits simples représentent des liaisons qui sont approximativement dans le plan du dessin ; les liaisons qui vont vers des atomes se trouvant au-dessus du plan sont représentées par des triangles en trait plein (qui partent d'un atome dans le plan du dessin situé au sommet du triangle) alors que celles qui s'en vont vers un atome situé au-dessous du plan sont représentées par des lignes de traits parallèles rapprochés. On peut aussi utiliser un trait plein à la place du triangle en trait plein et une ligne pointillée

à la place des lignes parallèles ; toutefois, il vaut mieux réserver les lignes pointillées pour les liaisons partielles, les délocalisations ou les liaisons hydrogène. L'utilisation de lignes parallèles en coin n'est pas recommandée, parce qu'elle est ambiguë. Elles sont couramment utilisées de deux façons totalement opposées. Divers auteurs les utilisent pour indiquer que le sommet du triangle est soit dans le plan du dessin, soit éloigné de l'observateur. Si la stéréochimie n'est pas connue, on peut l'indiquer explicitement à l'aide d'un trait sinueux. L'utilisation de points ou de cercles ouverts pour indiquer la stéréochimie d'un centre est fortement déconseillée.

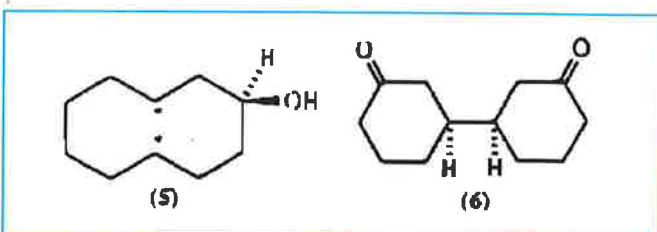
D'autres conventions, non présentées ici, comprennent la projection de Fischer, la projection de Newman, la perspective cavalière et la projection en triangles.

Il n'est pas possible de définir des règles strictes pour représenter une stéréochimie. En général, la représentation est la plus claire lorsque tous les noyaux d'un système cyclique ortho-condensé (ou ses dérivés saturés) sont maintenus dans le plan du dessin et que les substituants en tête de pont sont représentés au-dessus ou au-dessous du plan (1). Avec une structure acyclique (2) ou avec d'autres substituants sur un cycle (3) y compris les ponts (4), on représente les liaisons au-dessus ou au-dessous du plan. On ne doit pas omettre les atomes d'hydrogène attachés à des positions de stéréochimie désignée (3).

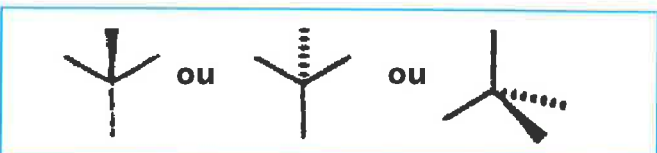
Ce texte est extrait du chapitre «Glossaire de la stéréochimie» des *Techniques de l'Ingénieur* (Traité K) devant être publié à la fin de 1995. Ce chapitre est une adaptation française, préparée par R. Panico, J.-C. Richer et J. Rigaudy, de la Recommandation 1994 de l'UICPA «Basic terminology of stereochemistry» (réf. [1]). *L'Actualité Chimique* remercie *Les Techniques de l'Ingénieur* pour leur aimable autorisation.



La stéréochimie due aux substituants attachés à un noyau ne doit pas être représentée au niveau d'un angle rentrant (marqués par un astérisque dans (5) ; bien que cela soit approprié pour un carbonyle ou un N-méthyle). Toute liaison entre deux positions de stéréochimies désignées doit rester en trait normal (6).

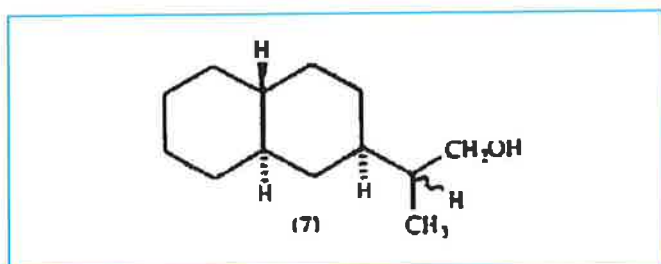


Avec une stéréochimie tétraédrique, les représentations suivantes sont recommandées :

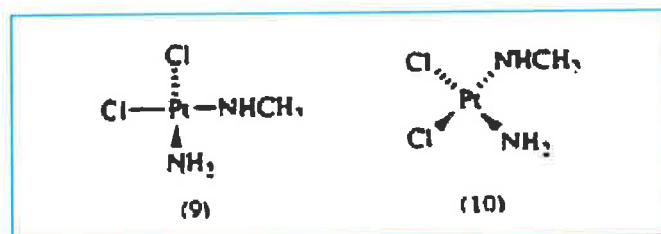
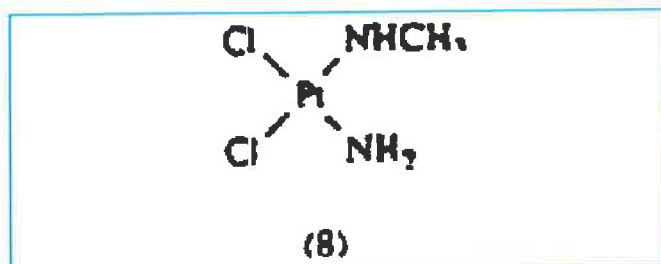




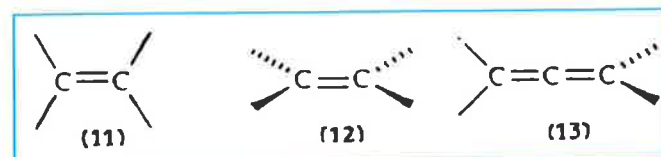
On peut utiliser un trait sinueux pour indiquer soit que la stéréochimie n'est pas connue (7) mais qu'une seule forme est présente soit, si on l'explique dans le texte, que les deux isomères sont présents et qu'ils seront définis en temps opportun. Si on ne veut pas représenter de stéréochimie, il vaut mieux n'utiliser que des traits normaux pour toutes les liaisons.



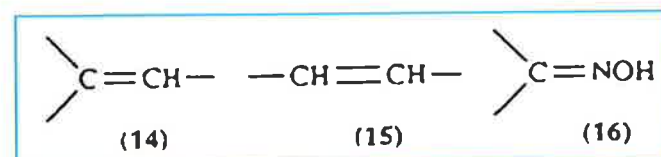
La molécule plan carré (8) peut aussi être représentée sous les formes (9) ou (10).



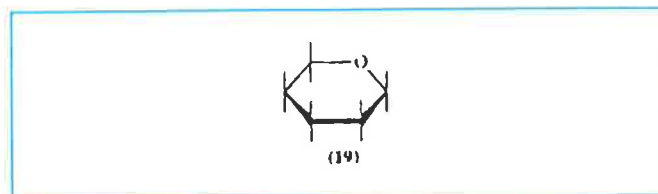
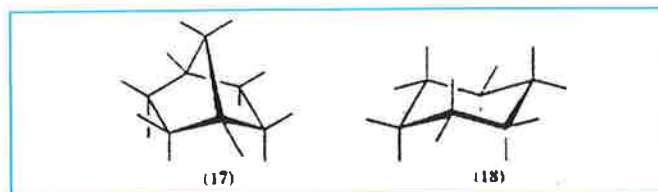
Dans la mesure du possible, si on veut impliquer une stéréochimie, on doit représenter les doubles liaisons avec des angles qui sont aussi près que possible de la réalité (11), (12), (13), c'est-à-dire 120°.



Pour représenter l'absence d'information stéréochimique, on doit utiliser une représentation linéaire (14), (15) et (16).



Dans une représentation en perspective, il est préférable d'indiquer la partie du cycle qui est considérée comme située en avant à l'aide de traits gras ou en triangles (17), (18) et (19) et de «briser» les liaisons qui sont en arrière quand elles coupent une liaison qui passe en avant (17) et (18). Dans ce type de représentation stéréochimique, les liaisons vers les substituants doivent être maintenues normales.



#### Pour en savoir plus

- [1] IUPAC, Commission on Nomenclature of Organic Chemistry, Section E : Stereochemistry (Recommendations 1974), *Pure Appl. Chem.*, **1976**, 45, p. 11-30. Voir aussi réf. [2] et [3].
- [2] IUPAC, Commission on Nomenclature of Organic Chemistry, *Nomenclature of Organic Chemistry, Sections A, B, C, D, E, F and H*, Pergamon Press, **1979**, p. 473-490 ; voir aussi IUPAC, Commission on the Nomenclature of Organic Chemistry, *A Guide to IUPAC Nomenclature of Organic Chemistry*, Blackwell Scientific Publications, **1993**, p. 149-154 ; *Nomenclature UICPA des composés organique*, Masson, **1994**, p. 160-166.
- [3] International Union of Biochemistry and Molecular Biology, *Biochemical Nomenclature and Related Documents*, 2nd edition, Portland Press, **1992**, p. 1-18.

# La chimie européenne s'organise

Gilbert Balavoine\* *professeur, directeur de recherche*

L'Europe scientifique continue de s'organiser par disciplines, par thèmes et par programmes, et dans le concert d'initiatives auquel nous assistons actuellement, la communauté de chimistes doit être attentive à ce que l'œuvre de notre discipline ait la place qu'elle mérite.

C'est dans cette perspective qu'un programme Cost pour la chimie a été lancé en 1990. Après cinq années de fonctionnement, cette procédure de coopération scientifique mobilise actuellement plus de 300 groupes de recherche en Europe autour d'une centaine de projets. Le cadre géographique de Cost ne se limite pas à l'Union européenne, il s'étend aujourd'hui sur 23 pays avec la participation de l'Europe centrale et orientale. Le succès du programme Cost est clairement le témoignage de la volonté exprimée par la communauté des chimistes européens, de coopérer et de s'organiser. La mise en place à peu près à la même époque du Cerc-3 (Chairmen of European Research Councils Chemistry Committees) répondait aussi à la nécessité d'une structuration et d'une concertation entre les responsables des départements de chimie des organismes de recherche des pays de l'Union européenne. Le fait que le Cerc-3 intervienne sur les pays de l'Union européenne et Cost sur une Europe plus large n'a pas

empêché les initiatives communes parmi lesquelles on peut mentionner l'organisation des «Young Chemist Workshops». Ce sont des réunions scientifiques destinées aux jeunes chercheurs européens qui sont financées par le Cerc-3 et portent sur les thématiques des actions de coopération Cost. Chaque année deux ou trois réunions de ce type se tiennent en Europe. C'est l'occasion pour les jeunes scientifiques de se rencontrer et de confronter leurs travaux et il ne fait pas de doute que cela doit favoriser la consolidation de la structuration de la chimie européenne et, le cas échéant, l'émergence d'initiatives originales.

La formation instrumentale de la chimie européenne comprend aussi les industriels avec le Cefic (Conseil Européen de l'Industrie Chimique), et les sociétés chimiques regroupées autour de l'ECCC (European Communities Chemistry Council) et de l'EFCE (European Federation of Chemical Engineering).

Des initiatives communes impliquant les différentes composantes et structures institutionnelles de la chimie européenne ont commencé à apparaître, notamment pour la préparation du programme-cadre. L'idée d'une alliance plus formelle permettant à la chimie européenne de parler d'une seule voix, a été proposée en juin 1993 à l'occasion de la préparation d'un document intitulé «Community support for R & TD in Chemical Science and Technology». Cette alliance, qui s'est donnée pour nom «AllChemE» (Alliance for Chemical Sciences and Technology in Europe), a été consacrée lors d'une réunion qui s'est tenue à Paris le 21 mars 1995 au siège du CNRS. AllChemE n'est pas une nouvelle organisation comme

cela a été parfois présenté, mais plutôt une plateforme permettant d'élaborer des messages et des recommandations émanant d'une concertation entre les différents instruments de la chimie européenne. Il a été par ailleurs admis que AllChemE reste ouverte aux autres organisations qui partagent le même objectif.

L'objectif d'AllChemE est de promouvoir la science et la technologie chimique dans les futurs programmes de l'Union Européenne. Tous les chimistes savent quelle est l'importance de la contribution de la recherche fondamentale à l'essor et à la compétitivité de l'industrie chimique européenne et à la qualité de vie des citoyens européens. Une absence de soutien à cette science de base qui contribue non seulement au progrès des connaissances en général, mais aussi à l'innovation industrielle serait très préjudiciable et aurait certainement des conséquences économiques négatives. Cette conviction partagée par la communauté des chimistes doit également être partagée par l'opinion publique et se traduire dans les choix budgétaires des programmes de recherches européennes.

Parmi les actions immédiates que l'alliance AllChemE souhaite entreprendre, il y a la mise en chantier de la rédaction d'un rapport de prospective sur la chimie européenne. Ce rapport comprendra deux parties. Une partie sera consacrée à la recherche fondamentale, et l'organisation de sa rédaction est confiée au comité technique Cost. L'autre partie concerne les aspects technologiques et industriels, et sa rédaction est confiée au Cefic et à l'EFCE. La participation des meilleures compétences scientifiques à la rédaction d'un tel document permettra, espérons, de disposer d'un outil efficace pour faire progresser notre discipline.

\* CNRS/UPR 8241, Laboratoire de chimie de coordination, 205, route de Narbonne, 31077 Toulouse Cedex. Tél. : 61.33.31.69. Fax : 61.33.31.31.

**SFC****JCO 95****Division de Chimie Organique****JOURNEES de CHIMIE ORGANIQUE****Ecole Polytechnique - Palaiseau, France****12 au 15 Septembre 1995**

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

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

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

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

Université Paris-Sud XI

Centre scientifique d'Orsay

**Pharmacologie et toxicologie moléculaires**  
**Concepts fondamentaux et applications****Module 3 : De la métabolisation aux relations structure-activité**

5 jours, du 18 au 22 septembre 1995 et du 3 au 7 juin 1996

Lieu : Les Algorithmes, Saint-Aubin (plateau de Saclay).

Programme:

- Approche global de la métabolisation des médicaments.
- Transport des médicaments dans l'organisme.
- Réactions de fonctionnalisation.
- Réactions de transfert.
- Facteurs influençant la métabolisation
- Techniques d'étude de métabolisme.
- Relations structure-activité.

Intervenants : J.-C. de Ceaurriz, M. Delaforge, B. Diecs, A.C. Macherey, A. Picot, J.-M. Scherrmman, J.-P. Tillemert, R. Verbeek.

Responsables scientifiques : A. Picot, J.-M. Louis.

**Module 4 : Toxicologie moléculaire (6-10 novembre 1995).**

Renseignements : L. Baud, bât. Euripides, Les Algorithmes, D 128, 91190 Saint-Aubin. Tél. : (1) 69.35.60.01. Fax : (1) 69.51.16.64.



# L'importance de l'eau dans les nouveaux procédés de biocatalyse

Sylvain Lamare\* maître de conférences, Marie Dominique Legoy\* professeur

L'eau est le solvant par excellence des réactions biochimiques du monde vivant. Ainsi, depuis les débuts de l'étude des biocatalyseurs jusqu'à aujourd'hui encore, elle est le plus commun des solvants, que ces réactions se déroulent *in vivo* dans la cellule, ou *in vitro* dans les tubes à essais de l'enzymologiste.

Ce domaine de recherches en biochimie s'est vu aujourd'hui attribuer le qualificatif d'enzymologie classique en opposition à un nouveau volet de recherches étudiant la mise en œuvre d'enzymes en milieux dits non conventionnels c'est-à-dire soit dans des milieux au sein desquels la disponibilité en eau est restreinte, soit dans des milieux composés de solvants organiques anhydres.

## L'enzymologie en milieux non conventionnels

### *L'enzymologie non conventionnelle présente de nombreux intérêts pour la compréhension du rôle de l'eau lors de la catalyse enzymatique*

Pour l'enzymologiste classique, la concentration en eau est invariablement de l'ordre de 55,55 M alors que les concentrations en substrats et produits sont le plus souvent de l'ordre de la  $\mu\text{M}$  ou de la mM. L'utilisation de milieux à fortes concentrations en substrats ou la présence de solvants organiques modifient alors de manière importante ces données et font passer l'eau à un stade de composé minoritaire. Nombreux travaux ont ainsi pu mettre en évidence, lors de la dernière décennie, l'effet des modifications physico-chimiques de l'environnement de l'enzyme par l'utilisation de milieux organiques, et conséquemment l'importance de l'eau sur la catalyse enzymatique (Zaks et Klivanov 1984, Deetz et Rozzel 1988, Affleck et coll. 1992).

L'utilisation de solvants organiques ouvre certes de nouvelles voies pour la biocatalyse mais ne doit cependant pas

apparaître comme une panacée en ce qui concerne la transformation de substrats apolaires, même si ses avantages apparaissent aujourd'hui nombreux (Zaks et Klivanov, 1985, Khmel-nitsky et coll. 1988) tels que :

- l'augmentation de la solubilité de composés apolaires en milieux non aqueux,
- la possibilité d'obtenir de nouvelles réactions par modifications des contraintes thermodynamiques,
- l'augmentation de la thermostabilité d'un catalyseur en absence d'eau,
- la relative aisance de récupération des produits par simple évaporation du solvant,
- la ségrégation du catalyseur dans une phase distincte permettant une récupération facilitée et sa réutilisation,
- la minimisation du risque de contamination microbienne au sein des réacteurs.

L'utilisation de solvants organiques présente aussi de sérieux inconvénients. De par leur toxicité potentielle, vis-à-vis de l'utilisateur d'un produit ainsi obtenu d'une part, vis-à-vis de l'enzyme d'autre part (Halling, 1989).

L'enzymologie non conventionnelle ne se limite cependant pas à l'utilisation de solvants organiques dans des systèmes monophasiques. Au cours de la dernière décennie, on a pu assister à l'apparition et au développement de nouvelles technologies dans le domaine de la catalyse enzymatique avec l'utilisation de systèmes multiphasiques, de micro-émulsions ou des systèmes micellaires (Luisi P. et coll., 1988 ; Martinek et coll., 1987). D'autres systèmes comme l'utilisation de fluides supercritiques et la catalyse en phase gazeuse sont ensuite venus enrichir les procédés de catalyse non conventionnelle.

Toutes ces études présentent cependant un point commun à savoir : tenter d'expliquer le rôle de ce composé chimique si simple et si complexe à la fois, l'eau.

## Structure et propriétés de l'eau

### *L'eau liquide constitue une phase très organisée*

L'eau est à de nombreux titres une extraordinaire petite molécule du monde vivant. Si on la compare, par exemple, à d'autres composés de masse molaire voisine (*tableau I*), ses propriétés semblent anormales.

\* Laboratoire de génie protéique et cellulaire, Université de La Rochelle, avenue Marillac, 17042 La Rochelle Cedex 1. Tél. : 46.45.82.23. Fax : 46.45.82.65.

Tableau I - Comparaison de différentes propriétés de l'eau avec des composés de masse molaire voisine. (d'après Mathews C. et van Hold K., 1990).

Composé	Masse molaire (g/mol)	Point de fusion (°C)	Point d'ébullition (°C)	Chaleur de vaporisation (kJ/mol)
CH <sub>4</sub>	16,04	-182	-162	8,16
NH <sub>3</sub>	17,03	-78	-33	23,26
H <sub>2</sub> O	18,02	0	+100	40,71
H <sub>2</sub> S	34,08	-86	-61	18,66

La molécule d'eau est, parmi les 4 molécules listées, la seule à être sous forme liquide dans la gamme de température du monde vivant (0 à +100 °C). Elle présente ainsi des points de fusion et d'ébullition anormalement hauts. Enfin, sa chaleur de vaporisation est très élevée. Toutes ces données rendent compte de la très grande organisation de l'eau et plus particulièrement de sa capacité à former 4 liaisons H avec d'autres molécules d'eau suivant un tétraèdre parfait comme le montre la *figure 1*.

En fait, sous sa forme liquide, l'eau n'a pas une structure aussi bien définie. Les liaisons H ne cessent de se modifier et la structure du milieu est en perpétuelle évolution sous forme d'amas de molécules interagissant entre elles, au milieu d'autres molécules dont les interactions sont plus faibles. C'est ce qu'on appelle les «clusters», dont la durée de vie dans l'eau liquide est de l'ordre de la picoseconde.

Ainsi, de par son moment dipolaire et les interactions que nous venons de décrire, l'eau possède-t-elle une constante diélectrique importante (78,5) et une tension de surface très élevée (72 dynes/cm) qui en font un solvant polaire exceptionnel.

### Deux types d'interactions expliquent les phénomènes de solvation par l'eau : les liaisons H et les interactions dipôle-dipôle

Il existe 2 grandes classes de molécules, appelées hydrophiles ou hydrophobes selon leur capacité de solvation et de dissolution dans l'eau.

Les molécules hydrophiles, pouvant se dissoudre dans l'eau sont séparées en deux grands types : les molécules non chargées et les molécules chargées.

Les molécules non chargées hydrophiles sont caractérisées par la présence dans leur structure des groupements libres

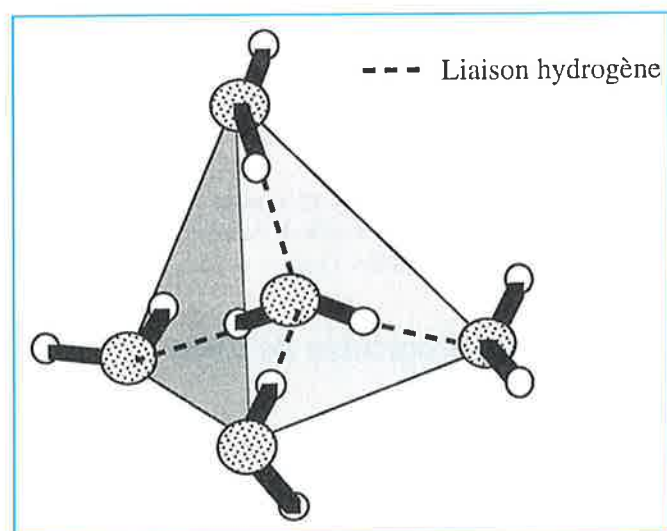


Figure 1 - Organisation spatiale des molécules d'eau et liaisons hydrogène (cas de la glace).

capables de former des liaisons H avec les molécules d'eau c'est-à-dire les hydroxyles, les fonctions amines, esters, cétones et sulfhydriles notamment. Sinon, c'est l'échange des liaisons H intramoléculaires (cas des nombreuses macromolécules) avec les molécules d'eau de l'environnement qui intervient alors.

En ce qui concerne les molécules chargées, la capacité à former des liaisons H avec l'eau n'intervient pas dans le phénomène de solvation. La présence d'interactions dipôle-dipôle constitue l'explication du phénomène d'hydratation. L'eau intervient aussi dans la définition des forces de très faible énergie, les forces de van der Waals dont l'importance est capitale pour l'organisation tridimensionnelle des macromolécules (Waks, 1986). Le jeu des interactions pouvant exister entre une macromolécule (protéine) et l'eau est donc tout aussi complexe que varié.

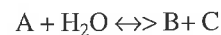
### La notion de pH n'existe que grâce à l'eau

Une des propriétés de l'eau, tout aussi importante, est sa capacité à s'ioniser et à transférer un proton, c'est-à-dire permettre une très grande mobilité des protons en solution. Un proton n'existe jamais isolé en solution aqueuse. Il est toujours associé à de petits clusters d'eau sous la forme d'entités telles que H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>, H<sub>5</sub>O<sub>2</sub><sup>+</sup> ou H<sub>7</sub>O<sub>3</sub><sup>+</sup>. Le temps de demi-vie de ces espèces chimiques est de l'ordre de 10<sup>-15</sup> s, ce qui explique la très grande mobilité des protons dans les solutions aqueuses. C'est donc parce que l'eau est capable de s'ioniser, qu'elle a une influence directe sur l'état d'ionisation des protéines. Toute protéine comporte des groupes ionisables importants pour sa structure (états de surface, charge globale, ponts salins...) et pour la catalyse (groupements carboxyliques et amines des sites de fixation ou des sites catalytiques par exemple).

Le rôle de l'eau vis-à-vis de l'hydratation des macromolécules telles que les enzymes apparaît donc très complexe de par la subtilité des interactions mises en jeu.

### L'eau en tant que réactif

Toutes les réactions catalysées par des hydrolases font intervenir l'eau en tant que réactif. Si, par exemple, on considère la réaction d'hydrolyse :



Une solution aqueuse ayant une concentration en eau de 55,55 M soit une activité de l'eau quasi égale à 1, l'équilibre est déplacé de gauche à droite et la réaction a lieu dans le sens de production de B et C. La constante d'équilibre  $K_{eq}$  est alors équivalente à  $[B].[C]/[A]$  (Halling, 1984).

Si maintenant, on écrit cette même réaction mais pour un milieu où l'eau n'est plus en excès, l'équilibre est alors modifié de façon importante. On a alors :



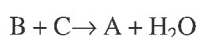
On doit alors calculer la constante d'équilibre, en tenant compte de l'activité de chacun des composants du système :

$$K_{eq} = [B] \cdot [C] / [A] \cdot [H_2O]$$

ou plus précisément :

$$K_{eq} = a_B \cdot a_C / a_A \cdot a_w$$

On se rend alors compte qu'il est possible d'inverser la réaction d'hydrolyse en jouant simplement sur l'activité de l'eau et qu'on peut tout à fait observer dans certaines conditions la réaction suivante :



L'activité de l'eau a donc une importance capitale dans la catalyse en milieux faiblement hydratés puisque, d'un point de vue réactionnel, elle intervient alors au même niveau que les autres composants de la réaction considérée dans le calcul de la constante d'équilibre.

## Les protéines en milieux peu hydratés

La question que pose l'utilisation d'enzymes en milieux peu hydratés est fort simple, à savoir : quelle est la quantité d'eau minimale requise pour qu'une protéine soit dans une conformation stable et pleinement catalytique ?

### L'hydratation d'une protéine se fait par étapes successives

Les travaux effectués dans les années 70-80 sur l'hydratation des protéines ont apporté un certain nombre de réponses aux processus mis en jeu. Un des principaux résultats de Yang et Rupley (1979) a été de montrer que l'hydratation du lysozyme était un processus séquentiel et que la distribution des molécules d'eau sur le lysozyme était gouvernée par des règles bien précises.

Par une méthode microcalorimétrique, la variation de la capacité calorifique spécifique ( $C_p$ ) d'une poudre de lysozyme à différents niveaux d'hydratation a été étudiée. Leurs résultats présentés sur la figure 2 ont permis de déterminer 4 régions concernant la variation de  $C_p$  en fonction du niveau d'hydratation.

En distinguant du  $C_p$  global les  $C_p$  du lysozyme et de l'eau, les auteurs sont arrivés à l'analyse suivante de leur résultats :

- dans la région IV, le  $C_p$  de l'eau est très proche de celui de la glace, ce qui implique une forte organisation. Ils observent aussi l'existence de nombreux transferts de protons entre cette eau et les différents groupes ionisables de la protéine.

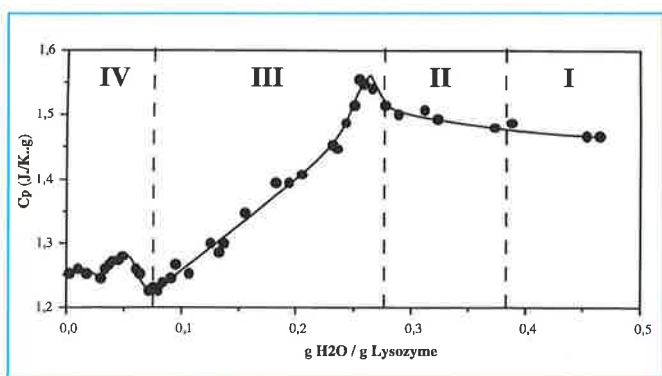


Figure 2 - Variation de la chaleur spécifique du lysozyme en fonction de son état d'hydratation (d'après Yang P.-H. et Rupley A., 1979).

- la région III correspond à la fixation de molécules d'eau sur les amines et les groupements carboxyliques majoritairement. La brusque variation de  $C_p$  aux alentours de 0,25g H<sub>2</sub>O/g protéine correspond au recouvrement complet des sites impliqués dans la formation de liaison H et à l'apparition concomitante de molécules d'eau beaucoup moins structurées.

- La phase II correspond à un état intermédiaire où des molécules d'eau continuent de recouvrir la protéine sans pour autant adopter une structure très précise.

- Enfin, la région I correspond à un état où la protéine est en solution aqueuse.

### Des modifications structurales sont observées en fonction de l'état d'hydratation d'une protéine

Qu'il s'agisse des travaux de Poole et Finney (1983) sur le lysozyme, ou des travaux de Hartsough et Merz (1992, 1993) sur un polypeptide d'une soixantaine d'acides aminés, il semble comme le concluent Ryu et Dordick (1992) et Hartsough et Merz (1992, 1993), que les réarrangements structuraux d'une protéine placée dans un milieu faiblement hydraté soient relativement discrets et ne se limitent qu'à une modification de l'orientation des chaînes latérales de certains acides aminés de surface. Mais l'influence sur l'activité catalytique est importante : un degré d'hydratation faible semble entraîner une rigidification de la structure protéique en ralentissant considérablement les mouvements intramoléculaires et donc en perturbant le processus catalytique.

### La disponibilité en eau influence de façon très importante la catalyse enzymatique

La disponibilité de l'eau dans le milieu influence la catalyse enzymatique selon deux modes d'action. Soit l'eau ne participe pas à la réaction, et il est possible d'observer directement son effet sur le catalyseur, soit elle est un des réactifs. Dans ce cas, les observations expérimentales rendent compte de l'addition de deux phénomènes : l'influence de l'eau sur l'enzyme et la modification des paramètres thermodynamiques du système réactionnel.

L'eau est nécessaire pour l'apparition d'une activité catalytique. Deetz et Rozzell (1988) soulignent que toute activité catalytique est inconcevable en absence totale d'eau dans un système biochimique.

Le développement des techniques cristallographiques sur les protéines a permis de mettre en évidence l'existence d'un «minimum vital» d'eau : les molécules d'eau associées à différents domaines de la matrice macromoléculaire ou l'eau séquestrée.

Sreenivasan et Axelsen (1992) soulignent les caractères structurels et fonctionnels de ces quelques molécules d'eau indispensables qu'ils retrouvent toujours positionnées aux mêmes endroits dans la matrice protéique (16 sites communs ont pu être déterminés) pour une classe d'enzymes homologues : les protéases à sérine. Ces molécules se positionnent :

- soit au niveau des sites actifs, participant aux interactions enzyme-substrat,
- soit à la jonction de différents domaines, participant ainsi au repliement et à la mobilité de la structure protéique.



Ainsi, l'eau, même très structurée joue-t-elle le rôle d'agent plastifiant pour une protéine, c'est-à-dire permet une souplesse de structure entraînant l'obtention de conformations spatiales différentes, plus ou moins actives (Finney et Poole, 1984). Il est cependant établi clairement qu'une très faible teneur en eau est compatible avec une activité catalytique importante. Les milieux organiques apolaires sont des milieux au sein desquels la fraction aqueuse représente un pourcentage en masse très faible (de l'ordre du pour cent). Ils constituent, de fait, des systèmes de choix pour l'étude de l'effet de l'eau sur la catalyse.

D'un point de vue cinétique, les effets de l'eau sur l'activité catalytique ne se traduisent pas par des effets similaires quelle que soit l'enzyme. Zaks et Klibanov (1985) mettent en évidence pour trois lipases catalysant une réaction de transestérification entre l'heptanol et la tributyrine trois comportements cinétiques différents en fonction du degré d'hydratation. Ainsi obtiennent-ils les courbes suivantes de l'effet de l'eau sur l'activité des lipases de pancréas de porc, de *Candida cylindracea* et de *Mucor sp.* pourtant toutes testées dans les mêmes conditions (figure 3).

La quantité d'eau minimale requise pour qu'un biocatalyseur soit pleinement actif semble donc difficile à prévoir. Il est, cependant, maintenant une certitude, à savoir : une monocouche d'eau recouvrant l'enzyme n'est pas nécessaire pour l'activité enzymatique. La chymotrypsine, placée dans de l'octane est active alors que seulement 50 molécules d'eau sont associées. C'est -à-dire environ 10 % du nombre de molécules d'eau nécessaires à la formation d'une monocouche d'hydratation complète (Klibanov, 1989).

A la base de la spécificité enzymatique, on retrouve la capacité des enzymes à reconnaître, puis à fixer leur substrat. Au cours de la reconnaissance et de l'étape de fixation, la molécule de substrat va devoir déplacer les molécules d'eau initialement présentes au niveau du site actif et plus particulièrement celles situées au sein des cavités hydrophobes. C'est la balance des différentes interactions entre l'eau, les acides aminés du site actif et le substrat qui vont alors permettre un positionnement correct du substrat et la définition de la spécificité. La modification de l'état d'hydratation du site actif, doit alors avoir une influence sur le processus de reconnaissance et de fixation et donc sur la spécificité voire la sélectivité. Ainsi, une modification de spécificité ou de sélectivité peut elle être due à l'absence de déplacement des molécules d'eau par le substrat au niveau des sites apolaires de fixation.

### **L'eau est responsable des phénomènes de thermodénaturation**

La dénaturation thermique des protéines est le résultat de nombreuses combinaisons parmi lesquelles on peut citer :

- l'agrégation entre macromolécules par augmentation des interactions hydrophobes (Gaertner et Puigserver, 1990) et la création de nouvelles liaisons intermoléculaires (Liu, 1990),
- la modification de l'organisation des structures tertiaires voire secondaires (dépliement et repliement incorrect),
- la rupture des ponts disulfures,
- l'hydrolyse des liaisons peptidiques, particulièrement au

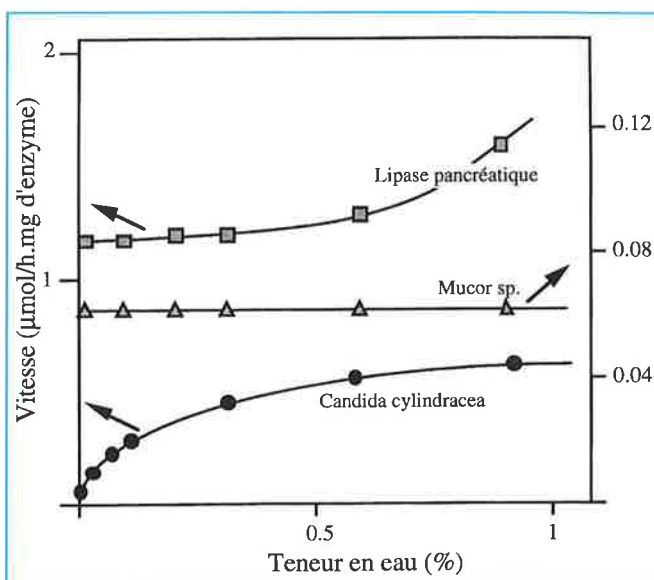


Figure 3 - Variation de la vitesse de transestérification entre l'heptanol et la tributyrine en fonction de la teneur en eau du milieu pour les lipases de pancréas de porc, de *C. cylindracea* et de *Mucor sp.* (d'après Zaks et Klibanov, 1985).

voisinage de l'acide aspartique (Ahern et Klibanov, 1986 ; Gupta, 1991),

- les réactions de Maillard,
- les réactions de déamidation (Volkin et coll., 1990),
- la dissociation des groupements prosthétiques...

Au cours de tous ces phénomènes, l'eau a un rôle actif. Ainsi, la réduction de la disponibilité en eau modifie-t-elle considérablement ces processus et entraîne une thermostabilité accrue.

## **L'activité thermodynamique de l'eau comme paramètre d'étude des enzymes en milieux peu hydratés**

Le problème concernant les études des milieux à disponibilité en eau réduite tient principalement à la définition d'un paramètre quantifiant de façon non équivoque la disponibilité de l'eau ainsi que sa répartition entre les différentes composantes d'un système.

L'activité de l'eau  $a_w$  est le paramètre thermodynamique d'équilibre permettant de définir l'état de l'eau dans des systèmes semblables. Halling (1994) illustre l'équilibre pouvant exister entre les différents états de l'eau et les différentes phases d'un milieu complexe par le schéma de la figure 4. Il est ainsi possible, par l'utilisation d'un seul paramètre de définir précisément l'état d'hydratation de toutes les composantes d'un système.

Une façon simple de définir l'activité de l'eau consiste à utiliser la pression de vapeur d'eau de la phase gazeuse en équilibre avec le système considéré. On peut alors écrire :

$$a_w = P/P_0$$

où  $P$  est la pression partielle de l'eau au-dessus du système et  $P_0$  la pression partielle, dite de référence, mesurée à la même température au-dessus d'eau pure. L' $a_w$  d'un système est donc tributaire de grandeurs physiques caractérisant un système telles que la pression absolue et la température.

Pour caractériser l'état d'hydratation des phases solides, une façon traditionnelle consiste à déterminer l'isotherme de sorption.

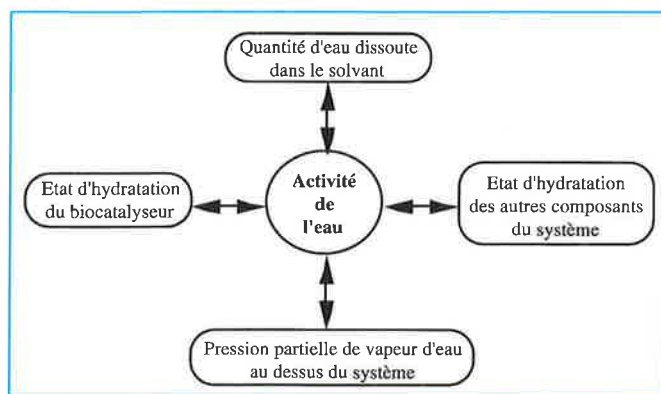


Figure 4 - L'activité de l'eau définit l'équilibre entre les différentes phases et les différents états d'un système (d'après Halling, p. 1994).

Une certaine masse d'échantillon est placée à  $a_w$  contrôlée et une fois l'équilibre atteint entre la phase gazeuse et la phase solide, la teneur en eau est déterminée. Différentes méthodes de dosages sont possibles parmi lesquelles peuvent être citées la méthode gravimétrique ou les méthodes iodométriques et coulométriques de Karl Fischer (Macleod, 1991 ; Bernetti et coll., 1984). Ces isothermes de sorption (figure 5) permettent de distinguer les différents états de l'eau d'une préparation (Drapron, 1985 ; Hahn-Hagerdäl, 1986). La courbe présente deux points caractéristiques (A et B) correspondant à deux états de l'eau.

Les molécules d'eau fixées sur l'échantillon correspondant à la partie située avant le point A sur la courbe sont les molécules très fortement liées. Elles sont positionnées majoritairement sur les sites polaires et les résidus ionisés. Ces molécules constituent la première «couche» d'hydratation. Par extrapolation, le point O correspond à la quantité d'eau très fortement liée à l'échantillon.

Entre les points A et B, la teneur en eau varie de façon linéaire avec l' $a_w$ . C'est la formation d'une nouvelle couche d'hydratation, où la protéine va «dissoudre» des molécules d'eau pour former une solution solide. Ces molécules d'eau sont alors liées à la protéine par des liaisons de plus faible énergie.

Le point B correspond alors à l'apparition d'eau solvante et, une fois dépassée la valeur d' $a_w$  lui correspondant, une phase aqueuse, distincte, prend naissance. Par extrapolation de la

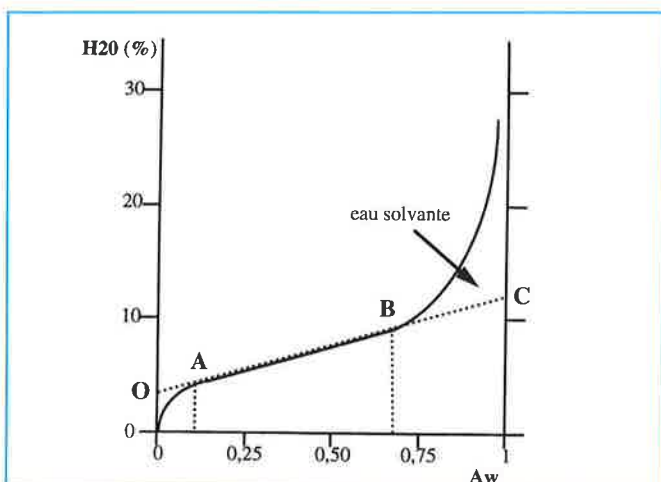


Figure 5 - Représentation schématique d'un isotherme de sorption (d'après Drapron R., 1985).

partie AB linéaire, on peut déterminer le point C correspondant à la quantité totale d'eau non solvante, structurée par l'échantillon.

L'utilisation de l' $a_w$  pour la caractérisation de l'état d'hydratation d'une enzyme semble donc tout à fait appropriée, et Valivety et coll. (1992a, 1992b) en font la démonstration. Ils étudient dans différents milieux l'effet de l'eau sur la réaction d'estérification entre l'acide décanoïque et le dodécane par le Lipozyme (lipase de *R. miehei* immobilisée sur une résine échangeuse d'anions). Les résultats, exprimés en fonction de la teneur en eau des différents solvants (hexane, trichloroéthylène, éther isopropylique, pentan-3-one et les substrats purs) mettent en évidence des optimums différents pour chaque condition testée (de 0,05 M à 0,5 M d'eau). Ces mêmes résultats, exprimés en fonction de l' $a_w$  du système présentent alors tous le même optimum à savoir  $a_w = 0,5$ .

Le paramètre  $a_w$  et la réalisation des isothermes de sorption des différentes composantes du système, et particulièrement du biocatalyseur, permettent donc de prédire de façon globale le comportement d'une enzyme en milieu non conventionnel. Mais son utilisation nécessite de toujours se placer dans des conditions où les différentes phases du système sont en équilibre.

## Un modèle d'étude original : la biocatalyse solide/gaz

La nature offre très peu d'exemples de transformations enzymatiques mettant en jeu des substrats gazeux. L'exemple unique est l'hydrogénase, dont le substrat naturel est l'hydrogène gazeux. Cette enzyme qui réalise la conversion du p-H<sub>2</sub> en o-H<sub>2</sub> fut étudiée par Yagi T. et coll. en 1969.

Une quinzaine d'années plus tard, les premiers résultats traitant de biocatalyse par une enzyme (alcool déshydrogénase) composant la phase solide sur des substrats (butanol et acétaldéhyde) et des produits (butanal et éthanol) sous forme gazeuse apparurent (Pulvin et coll., 1986). Ils furent ensuite suivis d'autres travaux dans les toutes dernières années (Pulvin et coll., 1988 ; Barzana et coll., 1989 ; Parvaresh et coll., 1992 ; Robert et coll., 1992 ; Lamare et coll., 1993, 1995) portant sur l'utilisation d'alcool oxydase et d'enzymes lipolytiques. Parallèlement, certains systèmes mettant en œuvre des cellules entières ont été étudiées depuis les années 80.

L'originalité de ces travaux est double. Tout d'abord, ils démontrent que la catalyse en phase solide/gaz est possible en utilisant des biocatalyseurs (alcool oxydases, lipases, estérases) dont les substrats naturels ne sont pas gazeux. Enfin, l'utilisation de cette technique permet de s'affranchir de l'utilisation de solvants et de travailler avec uniquement les substrats et les produits de réaction dans l'environnement de l'enzyme. Enfin, comme dans le cas des études réalisées sur des systèmes liquides, l'influence de l'eau a été décrite comme un des paramètres essentiels et les résultats semblent aujourd'hui concordants.

La catalyse solide/gaz présente des avantages certains par rapport aux systèmes conventionnels du type solide/liquide. Ce type de catalyse devient donc intéressant pour plusieurs raisons :

– La phase solide étant composée par le biocatalyseur, les étapes de fixation ou d'immobilisation ne s'avèrent pas nécessaires au premier abord. La récupération du catalyseur est aussi relativement aisée qu'il s'agisse de réaction menée en «cuvée» ou en réacteur continu.

– Comparativement à un système solide/liquide, les transferts de masse sont très importants en raison de la diffusivité très importante et de la très faible viscosité des phases gazeuses.

– La phase gazeuse étant composée des substrats et produits purs et d'un gaz vecteur, l'utilisation de tout autre composé devient alors caduque (ex: solvant pour pallier d'éventuels problèmes de solubilité). Les traitements en aval du milieu réactionnel sont donc simplifiés lors de la récupération du produit et la quantité de sous-produits minimisée. De plus, l'utilisation des substrats purs évite tout risque de toxicité ou de contamination des produits par une tierce molécule.

– Enfin, l'utilisation de la catalyse solide/gaz est souvent synonyme de température plus importante d'où il résulte une diminution des risques de contamination microbienne des réacteurs.

Ce type de catalyse peut répondre à certaines demandes industrielles importantes telles que la production de molécules aromatiques (esters, aldéhydes à chaîne carbonée de longueur modérée...) dont une des caractéristiques importantes est leur volatilité, ou la dépollution d'effluents gazeux (développement de biofiltres). Deux grandes classes de catalyseurs sont utilisables : les cellules entières, et les enzymes isolées.

### Les systèmes solide/gaz à cellules microbiennes

L'utilisation de micro-organismes entiers, comme «sac à enzymes» est guidée par deux impératifs majeurs :

- permettre plusieurs étapes pour une biotransformation par le même matériel biologique,
- utiliser la cellule pour permettre la régénération *in situ* des cofacteurs (toujours très onéreux) pouvant être impliqués lors de la catalyse.

La faisabilité technique de ces systèmes est aujourd'hui démontrée pour la production d'époxydes (de Bont et coll., 1983 ; Hou, 1984) ou pour la production d'aldéhydes (Duff et Murray, 1990). Mais, la mise en œuvre des cellules entières concerne majoritairement aujourd'hui le traitement d'effluents gazeux pollués. Le regain d'intérêt est particulièrement récent puisqu'il vient en réponse aux problèmes posés par la modification des règlements concernant les rejets industriels dans l'atmosphère. Outre les composés classiques tels que  $H_2S$ ,  $SO_2$  et autres  $NO_x$ , la chasse aux composés organiques volatils ou COV est maintenant ouverte. Il ne fait aucun doute que cette technique risque de trouver un écho très favorable dans un proche avenir au niveau des recherches, les industriels devant se conformer aux nouvelles réglementations avant fin 1998 (Ceccaldi, 1993). Le développement de la bio-épuration apparaît donc comme une nouvelle perspective de par ses caractères économiques et sa facilité de mise en œuvre. Le champ des molécules à éliminer est maintenant élargi aux aldéhydes, alcools, cétones, acides carboxyliques, crésols, phénols, soufrés, amines cycliques, alcanes ou esters. Nombre de systèmes peuvent être envisagés.

Cependant, comme le fait remarquer G. Martin (1993), la bio-épuration a ses propres contraintes puisque l'ensemble du procédé

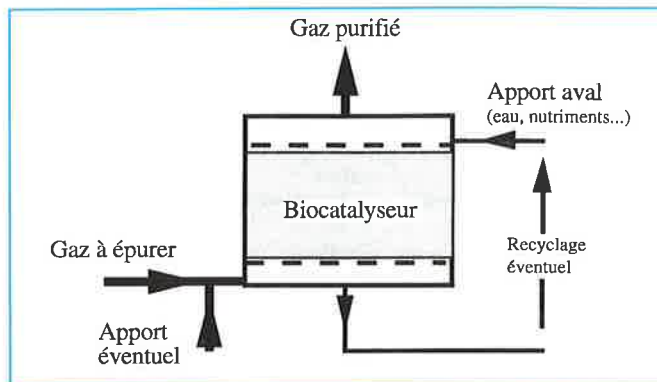


Figure 6 - Descriptif d'un bio-filtre.

doit tenir compte du réacteur, de son amont mais aussi de son aval qui peut devenir source de pollution (ex : augmentation des sulfates avec la croissance bactérienne dans un bio-filtre).

Actuellement, on peut citer en exemple la dégradation du trichloroéthylène par des cellules de *Methylocystis sp.* (Uchiyama et coll., 1992), la dégradation du pentane et de l'isobutane par des bactéries méthanotrophes (Davidson et Thompson, 1993) ou l'élimination des phénols par un bio-filtre utilisant *Pseudomonas putida* (Zilli et coll., 1992)(figure 6).

L'étude de la catalyse solide/gaz trouve donc ici tout son intérêt et son développement sur des systèmes utilisant des enzymes isolées doit aussi pouvoir venir en complément des systèmes utilisant des cellules entières. Cependant, l'hydratation du catalyseur est le paramètre limitant du système, puisque l'utilisation de cellules entières comme catalyseur implique souvent l'utilisation d'un niveau d'hydratation très élevée. Et comme nous l'avons vu, trop d'eau est souvent synonyme d'apparition d'une phase aqueuse liquide distincte, limitant ainsi de fait les transferts de matière de la phase gazeuse au biocatalyseur par la définition d'une nouvelle interface.

### Les systèmes solide/gaz à enzymes isolées

Les systèmes à enzymes isolées représentent ainsi une simplification importante par rapport aux systèmes cellulaires. Tout leur potentiel n'a cependant pas encore été exploité. La littérature disponible reste relativement restreinte sur le sujet. Seules deux catégories d'enzymes ont été étudiées dans ces systèmes :

- les alcools oxydases et alcools déshydrogénases,
- les enzymes lipolytiques (lipases et cutinase).

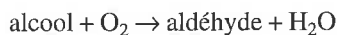
Les travaux pionniers ont été effectués sur des alcools déshydrogénases (Pulvin et coll., 1986, 1988 ; Parvaresh et coll., 1990). La faisabilité portant sur l'utilisation continue du biocatalyseur et la régénération *in situ* du cofacteur a été démontrée par l'utilisation d'un alcool co-substrat. Les travaux postérieurs de Barzana et coll., 1987, 1989) sur l'oxydation d'alcools par l'alcool oxydase de *Pichia pastoris* en «batches» apportent quelques améliorations quant à l'augmentation de la stabilité en fonctionnement de cette classe d'enzyme.

Leurs expériences montrent que l'état d'hydratation de la préparation enzymatique a un effet antagoniste sur l'activité catalytique et la stabilité (Barzana et coll., 1987, 1989b). Un facteur 2 000 peut être gagné sur l'activité catalytique entre une



enzyme préalablement hydratée à  $a_w = 0,1$  et une préparation hydratée à  $a_w = 0,95$ . Pour ces mêmes conditions d'hydratation, le temps de demi-vie chute alors d'un facteur 100 à  $50^\circ\text{C}$ .

La stabilité du catalyseur peut être améliorée considérablement en considérant le schéma réactionnel de l'alcool oxydase :



L'addition de catalase ou de peroxydase à la préparation enzymatique permet d'accroître la stabilité en diminuant le risque d'oxydation (notamment des résidus cystéine) par des espèces chimiques telles  $\text{H}_2\text{O}_2$  ou  $\text{O}_2$ .

De façon plus fondamentale, ces travaux permettent de mettre en évidence deux faits précis :

- Les problèmes d'hydratation du biocatalyseur dans ces systèmes sont similaires aux problèmes rencontrés dans des systèmes liquides non conventionnels. L'augmentation du niveau d'hydratation de la protéine fait diminuer l'énergie apparente d'activation de la réaction (favorise la bonne formation du complexe enzyme/substrat en améliorant la flexibilité de l'enzyme).

- L'interaction entre le substrat et l'enzyme se ferait effectivement avec les molécules sous forme gazeuse. Des tests réalisés avec la même enzyme supportée sur des supports ayant des capacités d'adsorption différentes pour l'éthanol présentent des comportements cinétiques identiques. De fait, l'intérêt de la catalyse solide/gaz concernant la diminution importante des transferts de masse est alors défini.

### Un exemple concret, l'utilisation d'enzymes lipolytiques

L'attrait de ces enzymes réside dans la possibilité de catalyser différentes réactions en fonction de la disponibilité en eau du système. L'hydrolyse ou la réaction de synthèse peuvent être obtenues par une simple modification des paramètres thermodynamiques du système. Ainsi une baisse d' $a_w$  permet-elle d'observer les différentes réactions dans l'ordre suivant :

Hydrolyse > alcoololyse > interestérisation > estérification.

Ce panel de réactions disponibles suivant les conditions d'hydratation ouvre donc un champ d'application important quant à la production de molécules tels les arômes ou les fragrances notamment. La méthodologie d'utilisation dans un tel système est de surcroît relativement aisée. Un réac-

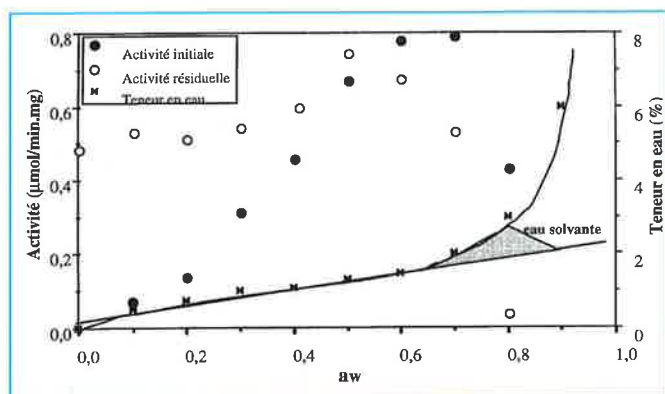


Figure 7 - Effet de l' $a_w$  sur l'activité et la stabilité de la lipase de *Candida cylindracea* adsorbée sur Chromosorb P testée en réaction de transestérification entre le propionate de méthyle et le n-propanol en réacteur continu (1 mg d'enzyme,  $a_{\text{ester}} = a_{\text{alcool}} = 0,2$ ,  $T = 70^\circ\text{C}$ ).

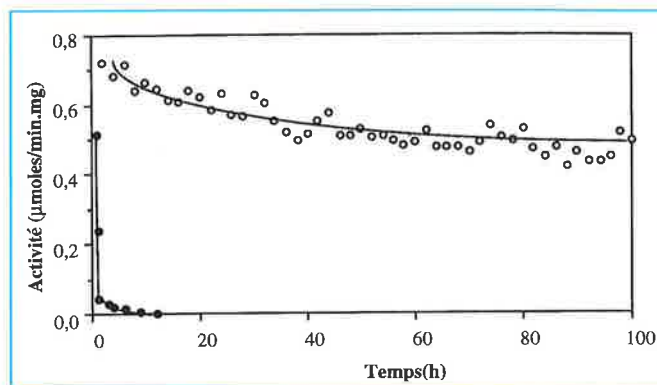


Figure 8 - Effet de l' $a_w$  sur la stabilité de la lipase de *Candida cylindracea* adsorbée sur Chromosorb P testée en réaction de transestérification dans un réacteur continu (1 mg d'enzyme,  $a_{\text{ester}} = a_{\text{alcool}} = 0,2$ ,  $T = 70^\circ\text{C}$ ,  $\bullet a_w = 0,8$ ,  $\circ a_w = 0,7$ ).

teur continu solide/gaz nécessite deux parties distinctes dans sa conception. La première est destinée à réaliser un mélange gazeux de composition définie, permettant de fixer de façon précise les activités thermodynamiques pour chaque constituant au sein du réacteur. Enfin, la deuxième partie représente le réacteur proprement dit. Un simple lit fixe percolé en continu peut être suffisant pour bon nombre d'applications.

Les figures 7 et 8, relatives à l'utilisation d'une lipase fongique non thermostable (*Candida rugosa*) catalysant en continu une réaction de transestérification (alcoololyse), mettent clairement en évidence l'importance de l'eau et sur la catalyse, et sur la stabilité en fonctionnement.

Sur la figure 7, on voit clairement, en relation avec l'isotherme de sorption que l'optimum d'activité catalytique est obtenu pour une hydratation maximale du catalyseur, situé juste avant l'apparition d'une phase aqueuse distincte représentée par une brusque augmentation de la teneur en eau du catalyseur pour un niveau d'hydratation supérieur. Une fois cet optimum d'hydratation dépassé, la vitesse catalytique chute alors brutalement. Cette perte d'activité est irrémédiable et est le fruit de la thermodénaturation du catalyseur par l'action combinée de l'eau et de la température, comme le montre la courbe d'activité résiduelle, mesurée à l'optimum d'hydratation après 24 h d'utilisation continue aux différentes conditions d'hydratation initiales.

Il apparaît aussi sur la figure 7 alors qu'un faible niveau d'hydratation n'a qu'un effet sur la vitesse catalytique et qu'après 24 h de fonctionnement, en remplaçant le catalyseur, il est possible de recouvrer environ 60 à 70 % de l'activité maximale observable. Cette valeur correspond d'ailleurs à la perte d'activité observée à une hydratation optimale (figure 8). La figure 8 souligne aussi clairement l'importante dénaturation thermique observable lorsque le niveau d'hydratation est trop important puisque le temps de demi-vie à une  $a_w$  de 0,8 est de l'ordre de 15 à 30 min, alors que l'enzyme correctement hydratée conserve plus de 60 % de son activité initiale après 100 h de fonctionnement.

Ainsi, l'attrait de la catalyse solide/gaz apparaît concernant la possibilité d'une hydratation précise en continu d'un biocatalyseur et l'acquisition d'un caractère thermostable pour une enzyme sensible à la température dans un système liquide où l'eau est disponible.

L'effet de l'eau ne se limite cependant pas aux seules modifications de stabilité et d'activité catalytique en terme de vitesse de réaction. La *figure 9* donne un exemple d'un comportement cinétique particulier avec des effets de seuils pour une réaction d'hydrolyse catalysée par une cutinase (estérase) en catalyse solide gaz. Ces résultats mettent en exergue l'importance de l'eau quant à la capacité d'une enzyme à reconnaître, fixer son substrat et catalyser la réaction. Ce comportement cinétique particulier peut d'ailleurs s'expliquer par une modification de la polarité du site actif en fonction des conditions d'hydratation/solvation. En termes simples, lorsque le site catalytique est correctement hydraté (cas des niveaux d'hydratation les plus importants), le comportement cinétique est proche de celui d'une enzyme testée en solution aqueuse. Lorsque le niveau d'hydratation baisse, il existe alors une compétition entre le substrat et l'eau pour la solvation du site actif, entraînant une modification des forces de faible énergie nécessaires au positionnement correct du substrat dans le site actif. La catalyse ne devient alors possible qu'en «forçant» le substrat dans le site actif, c'est-à-dire en augmentant l'activité thermodynamique du substrat. L'explication de ce phénomène n'a pu être réalisée qu'en étudiant, dans les mêmes conditions d'hydratation le comportement cinétique de la même enzyme pour une réaction de transestérification ne faisant pas intervenir l'eau dans le schéma réactionnel.

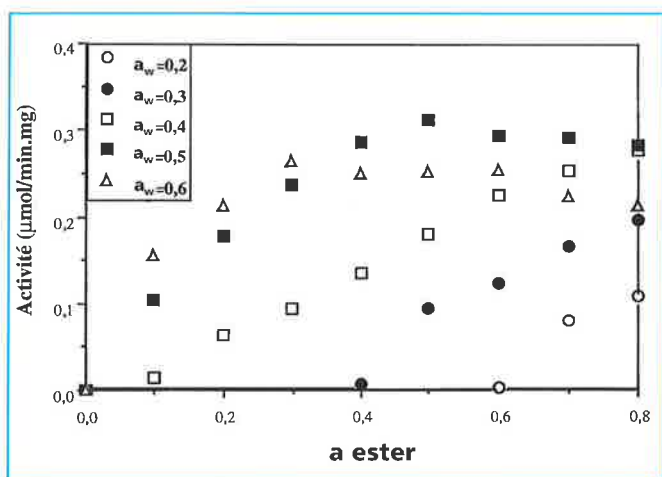


Figure 9 - Évolution de l'activité catalytique pour la réaction d'hydrolyse du propionate de méthyle en fonction de  $a_{\text{ester}}$  pour différentes  $a_w$  par la cutinase de *Fusarium solani* en réacteur continu.

## La catalyse solide/gaz : une nanotechnologie ?

Comment doit-on considérer la catalyse solide/gaz aujourd'hui ? Ne s'agirait-il que d'une curiosité de laboratoire ? La réponse à cette dernière question est bien évidemment négative. Les réacteurs développés apparaissent aujourd'hui comme des outils d'investigation puissants pour avancer dans la connaissance de l'influence du micro-environnement sur la catalyse enzymatique.

Tout d'abord, la compréhension du rôle de l'eau dans ses interactions avec les macromolécules nécessite une méthodologie stricte. Peut-on encore parler de niveau d'hydratation d'une protéine aujourd'hui en l'exprimant simplement par une

teneur en eau ? La réponse est non et l'activité de l'eau doit maintenant s'imposer dans les mentalités pour pouvoir comprendre et expliquer de la façon la plus rationnelle possible l'importance de cette espèce chimique indispensable.

L'activité thermodynamique de chaque constituant permet de définir un état pour un système. Cette définition reste cependant globale et ne rend pas forcément compte de phénomènes beaucoup plus subtils. Une des questions les plus troublantes consiste à se demander ce que signifient les optimums d'hydratation observés dans les milieux dits non conventionnels, ou plus précisément, quelles sont les interactions réellement vitales entre l'eau et une enzyme pour que la structure et la capacité catalytique soient préservées ?

La catalyse solide/gaz est donc clairement une nanotechnologie et apparaît comme une technique puissante grâce à laquelle il devient possible de limiter le système d'étude à la macromolécule et son environnement immédiat.

Si on compare en effet ce système solide/gaz aux systèmes liquides par exemple, force est de constater qu'il n'existe pas d'espèce chimique prédominante, et ce précisément à cause de la différence des volumes molaires.

Concernant les résultats ayant trait à la lipase et à la cutinase présentés précédemment, un réacteur de 150 µl de volume utile au niveau laboratoire chargé avec 1 mg de cutinase, soit environ  $5 \cdot 10^{-8}$  mole, contient environ  $6 \cdot 10^{-6}$  mole de gaz. En travaillant avec des composés à des pressions partielles de l'ordre de 0,025 à 0,2 atm, les rapports entre le nombre de molécules d'enzymes et le nombre des molécules présentes dans la phase gazeuse constituant le milieu réactionnel ne diffèrent que d'un ou deux ordres de grandeur.

Nombre de recherches fondamentales s'engagent aujourd'hui sur la voie de la compréhension au niveau moléculaire des interactions entre une protéine et ses différents ligands. Un tel système d'étude peut peut-être alors se définir comme un outil performant dans cette optique.

## La catalyse solide/gaz : une technologie industrielle ou analytique ?

La catalyse solide/gaz peut-elle prétendre à un développement industriel ? Ce procédé de catalyse présente des avantages non négligeables, tels que de pouvoir travailler de façon continue, avec des substrats purs et à activité de l'eau contrôlée.

Nombre d'applications peuvent être développées. La dépollution d'effluents gazeux est un domaine d'application potentielle. Les productions d'esters volatiles, d'aldéhydes ou de cétones à caractère aromatique peuvent aussi être envisagées, avec en arrière-plan la possibilité de prétendre plus facilement au label «naturel» sur le produit de par l'absence de solvant organique dans ce procédé.

D'un point de vue technique, les performances de ce type de réacteur sont en effet très intéressantes. La synthèse d'acétate de butyle de façon continue à partir d'acide acétique glacial et de 1-butanol a été réalisée à l'échelle du laboratoire, avec un taux de transformation de 100% sur chacun des substrats, et une productivité de l'ordre de 15 µmoles/min pour 100 mg d'une préparation enzymatique commerciale. Certains chiffres sont éloquentes. Le temps de séjour était d'environ 0,15 s et l'activité catalytique était

toujours stable après 24 h de fonctionnement continu. Un rapide calcul indique une productivité sans optimisation de 9,15 t/an pour un réacteur d'un litre de volume utile.

Enfin, d'autres développements de cette technique à des fins analytiques sont envisageables de façon rationnelle. L'utilisation des seuls mécanismes de reconnaissance entre une enzyme et son substrat (ou un anticorps et son antigène) suffit pour développer le concept de chromatographie d'affinité en phase gazeuse par exemple. L'utilisation de l'activité catalytique pourrait tout aussi bien ouvrir la voie au développement de précolonnes de dérivation pour la chromatographie en phase gazeuse.

## Bibliographie

- Affleck R., Xu Z.F., Suzawa V., Focht K., Clark D., Dordick J., Enzymatic catalysis and dynamics in low water environments, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **1992**, 89, p. 1100-1104.
- Ahern T., Klivanov A., Why do enzymes irreversibly inactivate at high temperature ?, *Protein Structure, Folding and Design*, **1986**, p. 283-289.
- Barzana E., Klivanov A., Karel M., Enzyme-catalysed gas-phase reactions, *Appl. Biochem. Biotechnol.*, **1987**, 15, p. 25-34.
- Barzana E., Klivanov A., Karel M., Enzymatic oxidation of ethanol in the gaseous phase, *Biotechnol. Bioeng.*, **1989a**, 34, p. 1178-1185.
- Barzana E., Klivanov A., Karel M., A colorimetric method for the enzymatic analysis of gases : the determination of ethanol and formaldehyde vapors using solid alcohol oxydase, *Anal. Biochem.*, **1989b**, 182, p. 109-115.
- Bernetti R., Kochan S., Pienkowski J., Karl-Fischer determinations of water in oil and fats : International collaborative study, *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, **1984**, 67, p. 299-301.
- Ceccaldi P., La bioépuration de l'air promise à un bel avenir, *Biofutur*, septembre **1993**, p. 20-21.
- Davison B., Thompson J., Sustained degradation of n-pentane and isobutane in a gas-phase bioreactor, *Biotechnol. Lett.*, **1993**, 15, p. 633-636.
- de Bont J. et van Ginkel C., Ethylene oxide production by immobilized *Mycobacterium* PY1 in a gas-solid bioreactor., *Enzyme. Microbiol. Technol.*, **1983**, 5, p. 55-59.
- Deetz J., Rozzel J., Enzyme-catalysed reactions in non-aqueous media, *Tibtech*, 1988, 6, p. 15-19.
- Drapron R., Enzyme activity as a function of water activity, in *Properties of water in foods*, Simatos D. and Multon J. (Eds), Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, Pays Bas, **1985**, p. 171-182.
- Duff S., Murray W., Extruded Pellets of *Pichia pastoris* : a practical biocatalyst for use in aqueous, organic and vapour phase oxidations, *Process Biochemistry*, April **1990**, p. 40-42.
- Finney J., Poole P., Protein hydration and enzyme activity : the role of hydration-induced conformation and dynamics changes in the activity of lysozyme, *Comments Mol. Cell. Biophys.*, **1984**, 2, p. 129-151.
- Gaertner H., Puigserver A., Protein-protein interaction in low water organic media, *Biotechnol. Bioeng.*, **1990**, 36, p. 601-607.
- Gupta M., Thermostabilization of proteins, *Biotechnol. Appl. Biochem.*, **1991**, 14, p. 1-11.
- Halling P., Effect of water on equilibria catalysed by hydrolytic enzymes in biphasic reaction systems, *Enzyme. Microb. Technol.*, **1984**, 6, p. 513-515.
- Halling P., Organic liquids and biocatalysts : theory and practice, *Trends Biochem. Sci.*, **1989**, 7, p. 50-51.
- Halling P., Thermodynamic predictions for biocatalysis in nonconventional media : theory, tests and recommendations for experimental design and analysis., *Enzyme Microb. Technol.*, **1994**, 16, p. 178-206.
- Hahn-Hagerdäl B., Water activity : a possible external regulation in biological processes, *Enzyme Microb. Technol.*, **1986**, 8, p. 322-327.
- Hartsough D., Merz K., Protein flexibility in aqueous and nonaqueous solutions, *J. Am. Chem. Soc.*, **1992**, 114, p. 10113-10116.
- Hartsough D., Merz K., Protein Dynamics and solvation in aqueous and nonaqueous environments, *J. Am. Chem. Soc.*, **1993**, 115, p. 6529-6537.
- Hou C., Propylene oxide production from propylene by immobilized whole cells of *Methylosinus* sp. CRL31 in a gas-solid bioreactor, *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, **1984**, 19, p. 1-4.
- Khmelnitski Y., Levashov A., Klyachko N., Martinek K., Engineering biocatalytic systems in organic media with low water content, *Enzyme. Microb. Technol.*, **1988**, 10, p. 710-724.
- Klivanov A., Enzymatic catalysis in anhydrous organic solvents, *Trends Biochem. Sci.*, **1989**, 14, p. 141-144.
- Lamare S., Legoy M.D., Biocatalysis in the gas phase, *Trends in Biotechnol.*, **1993**, 11, 10, (117), p. 413-418.
- Lamare S., Legoy M.D., Working at controlled water activity in a continuous process : the gas/solid system as a solution, *Biotechnol. Bioeng.*, **1995**, 45, p. 387-397.
- Lamare S., Legoy M.D., Solid Gas biocatalysis : How to fully define the system ?, *Biotechnol. Techniques.*, **1995**, 9, p. 127-132.
- Liu R., Langer R., Klivanov A., Moisture-induced aggregation of lyophilized proteins in the solid state, *Biotechnol. Bioeng.*, **1991**, 37, p. 177-184.
- Luisi P., Giomini M., Pileni M., Robinson M., Reverse micelles as hosts for proteins and small molecules, *Biochim. Biophys. Acta*, **1988**, 947, p. 209-246.
- MacLeod S., Moisture determination using Karl-Fischer titrations, *Anal. Chem.*, **1993**, 63, p. 557-566.
- Martin G., Atmosphère, atmosphère !, *Biofutur*, septembre **1993**, p. 22-28.
- Martinek K., Levashov A., Klyachko N., Khmelnitski Y., Berezin I., Micellar enzymology, *Eur. J. Biochem.*, **1986**, 155, p. 453-468.
- Mathews C., van Hold K., The role of water in biological processes, in *Biochemistry. The Benjamin/Cummings publishing company* (Eds), Redwood City. USA., **1990**, p. 30-53.
- Parvaresh F., Robert H., Thomas D., Legoy M.D., Gas phase transesterification reactions catalyzed by lipolytic enzymes, *Biotechnol. Bioeng.*, **1992**, 39, p. 467-473.
- Poole P., Finney J., Hydration-induced conformation and flexibility changes in lysozyme at low water content., *Int. J. Biol. Macromol.*, **1983**, 5, p. 380-311.
- Pulvin S., Legoy M.D., Lortie R., Pensa M., Thomas D., Enzyme technology and gas phase catalysis : alcohol dehydrogenase example, *Biotechnol. Lett.*, **1986**, 8, 11, p. 783-784.
- Pulvin S., Parvaresh F., Thomas D., Legoy M.D., Solid-Gas reactors. A comparison between horse liver and the thermostable *Sulfolobus solfataricus* ADH, *Ann. NY Acad. Sci.*, **1988**, 545, p. 434-439.
- Robert H., Lamare S., Parvaresh F., Legoy M.D. (1992), The role of water in gaseous biocatalysis, *Prog. Biotechnol.*, **1992**, 8, p. 23-29.
- Ryu K., Dordick S., How do organic solvents affect peroxidase structure and function ?, *Biochemistry*, **1992**, 31, p. 2588-2598.
- Sreenivasan U., Axelsen P., Buried water in homologous serine proteases, *Biochemistry*, **1992**, 31, p. 12785-12791.
- Uchiyama H., Oguri K., Yagi O., Kokufuta E., Trichloroethylene degradation by immobilized resting-cells of *Methylocystis* sp. M in a gas-solid bioreactor, *Biotechnol. Lett.*, **1992**, 14, p. 619-622.
- Valivety R., Halling P., Macrae A., Effect of water activity on rate of lipase catalysed esterification, *Prog. Biotechnol.*, **1992b**, 8, p. 549-555.
- Valivety R., Halling P., Macrae A., Reaction rate with suspended lipase catalyst shows similar dependence on water activity in different organic solvents, *Biochim. Biophys. Acta*, **1992b**, 1118, p. 218-222.
- Volkin D., Staubli A., Langer R., Klivanov A., Enzyme thermoinactivation in anhydrous organic solvents, *Biotechnol. Bioeng.*, **1991**, 37, p. 843-853.
- Waks M., (non cité), Proteins and peptides in water-restricted environments, *Proteins, Structure, Function and genetics*, **1986**, 1, p. 4-15.
- Yagi T., Tsuda M., Mori Y., Inokuchi H., Hydrogenase Activity in the dry state, *J. Am. Chem. Soc.*, **1969**, 91, p. 2801.
- Yang P.-H., Rupley J., Proteins-water interactions. Heat capacity of the lysozyme-water system, *Biochemistry*, **1979**, 18, p. 2654-2661.
- Zaks A., Klivanov A., Enzymatic catalysis in organic media at 100°C, *Science*, **1984**, 224, p. 1249-1251.
- Zaks A., Klivanov A., Enzyme-catalyzed processes in organic solvents, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **1985**, 82, p. 3192-3196.
- Zilli M., Converti A., Lodi A., Del Borghi M., Ferraiolo G., Phenol removal from waste gases with a biological filter by *Pseudomonas putida*, *Biotechnol. Bioeng.*, **1992**, 41, p. 693-699.



# La gastronomie moléculaire

Hervé This\* rédacteur en chef adjoint de Pour la Science

*On dit parfois que la chimie, c'est de la cuisine. Quel honneur !*  
Extrait du glossaire des *Secrets de la casserole*, par H. This, Éditions Belin, 1993.

**D**ans un bécher, placez huit millimètres cubes de jaune d'œuf, huit centimètres cube de moutarde, huit centimètres cubes de vinaigre, un milligramme de sel, un milligramme de poivre. Puis à l'aide d'un agitateur rotatif de large diamètre, ajoutez de l'huile de tournesol à raison de dix centilitres par minute pendant deux minutes.

Ce procédé permet d'obtenir une sauce émulsionnée froide... quand tout se passe bien. Quelle est la parenté exacte de cette sauce et de la mayonnaise ? Pourquoi l'expérience échoue-t-elle parfois ? Et, plus généralement, peut-on faire de la science dans une cuisine, alors que l'on ne dispose que d'ingrédients aux compositions variables et que l'on manipule dans des conditions pas toujours bien contrôlées ?

Poussons le trait : une mayonnaise qui rate remet-elle en cause l'activité que, avec Nicholas Kurti (professeur de physique à l'université d'Oxford, membre de la *Royal Society*), nous nommons «gastronomie moléculaire», et que je présente dans cet article ? Voilà beaucoup de questions ; examinons les successivement.

## **Première question : quelle sauce avons-nous préparée et pourquoi une mayonnaise rate-t-elle parfois ?**

La recette classique de la mayonnaise stipule qu'un jaune d'œuf (environ 30 grammes) permet d'obtenir un demi-litre de sauce au maximum ; au-delà, la sauce «tourne». L'expérience proposée ici (due à M. Mcgee de Palo Alto) réfute la recette classique, parce qu'elle montre que l'on peut obtenir, avec les mêmes ingrédients, une quantité de sauce qui, selon les calculs et selon les expérimentations, atteint un volume compris entre 3 et 33 litres. Comment la chimie et la physique mettent-elles en défaut la pratique culinaire classique ?

La mayonnaise classique s'obtient par la même méthode que celle qui est indiquée plus haut, à la différence que les 8 millimètres cubes de jaune sont remplacés par un jaune d'œuf entier (8 centimètres cubes). Au microscope, on vérifie facilement que la mayonnaise classique et la mayonnaise moderne sont des émulsions de type huile dans eau (*figure 1*), ce dont on ne s'étonnera pas : on mêle de l'huile à une solution aqueuse obtenue par mélange du jaune d'œuf, du vinaigre et de la moutarde. Les molécules tensio-actives du jaune (des molécules comportant une partie hydrophobe et une partie hydrophile) assurent l'émulsification de l'huile, parce qu'elles enrobent les gouttelettes d'huile, plaçant leur partie hydrophobe dans l'huile et leur partie hydrophile dans l'eau.

Pourquoi les recettes classiques préconisent-elles de limiter la quantité de sauce à un demi-litre environ ? Parce que les chefs ont observé que la mayonnaise tourne quand la quantité d'huile est excès-

sive. Là s'arrête d'ailleurs leur compréhension du phénomène, mais les physico-chimistes ont les moyens d'aller plus loin : ils savent que l'émulsion est possible tant que la quantité d'eau est suffisante pour «accueillir» l'huile, et tant que la quantité de molécules tensio-actives suffit pour tapisser toutes les gouttelettes d'huile formées. Partant de cette observation, ils calculent facilement que la quantité de molécules tensio-actives apportées par un jaune d'œuf entier (lécithines et protéines) ainsi que par la moutarde suffit pour émulsionner plusieurs litres d'huile. En revanche, ils calculent également que la quantité d'eau indiquée dans la recette classique est insuffisante pour obtenir une telle quantité de mayonnaise.

C'est bien ce que l'expérience démontre : progressivement, quand on prépare une mayonnaise classique, la viscosité augmente considérablement et, au microscope, on voit les gouttelettes d'huile, initialement sphériques, se déformer en polyèdres pour occuper le volume au maximum. Pour préparer plusieurs litres de mayonnaise à partir d'un seul jaune d'œuf, le «truc» est simple : il suffit d'ajouter de l'eau quand elle vient à manquer, c'est-à-dire, en pratique, quand on voit la viscosité de la sauce augmenter. Puis on poursuit l'ajout d'huile jusqu'à ce que la viscosité augmente à nouveau, on ajoute encore de l'eau, etc.

L'expérience proposée en tout début d'article consistait à effectuer cette même «mayonnaise extrême» d'une façon particulière : au lieu de fabriquer plusieurs litres de sauce à partir d'un jaune d'œuf, nous avons indiqué comment préparer un bon bol de mayonnaise à partir d'une goutte de jaune ; les

\* Membre honoraire du Club international Les toques blanches.  
Pour la Science, 8, rue Férou, 75006 Paris.  
Tél. : (1) 46.34.21.42. Fax : (1) 43.25.18.29.

## Révélation gastronomiques

par Hervé This  
Relié, 320 p.  
Belin, Paris, 1995

Le livre que je propose est celui que j'aurais toujours aimé avoir. Comment un tel livre doit-il être ?

Fiable, d'abord. Je veux un livre où les conseils donnés garantissent la réussite.

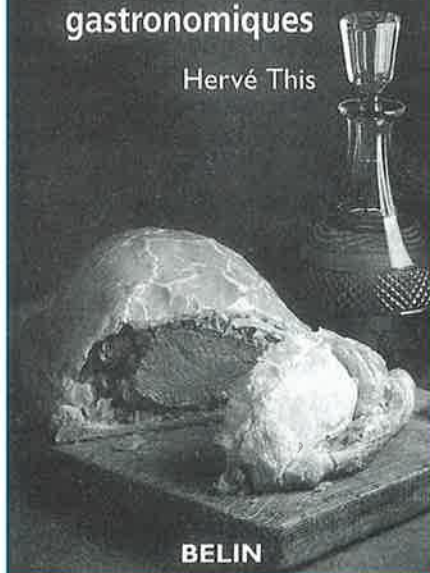
Sobre, ensuite : j'en ai soupé de ces livres où des photographies superbes me laissent espérer la réalisation de plats que les auteurs ont mis des journées à préparer, puis que des photographes ont montrés sous un aspect merveilleux, mais pratiquement irréalisables.

Pratique, enfin : c'est au moment où j'exécute une recette que j'ai besoin de tous les conseils qui me feront réussir mes plats.

Voilà pourquoi je me propose de livrer simultanément les gestes, décomposés en autant d'étapes qu'il en existe vraiment dans les recettes, et les tours de main, connus des cuisiniers chevronnés. J'y ajoute des commentaires et descriptions physico-chimiques des opérations effectuées, car j'ai la conviction que la chimie et la physique peuvent contribuer aux progrès de l'Art culinaire. Bon appétit !

## Révélation gastronomiques

Hervé This



BELIN

proportions sont identiques, mais on évite de préparer des litres de mayonnaise dont on n'a généralement pas besoin et l'on peut utiliser la majorité du jaune à d'autres usages... culinaires.

### Deuxième question : peut-on tirer des conclusions fiables d'expériences imparfaitement contrôlées ?

La confection d'une telle «mayonnaise extrême» rate quand elle est mal exécutée. Pourquoi ? L'examen de cette question mérite que l'on se préoccupe du phénomène plus général de ratage des mayonnaises. Plus haut, nous avons observé qu'une mayonnaise classique tournait quand la quantité d'eau est insuffisante, et nous avons également évoqué les conditions de réussite d'une émulsion. Pourtant, même quand on se place dans les conditions de la réussite en termes de composition, la sauce tourne parfois. Une interprétation de cet échec peut être donnée à partir d'une autre observation des chefs : l'huile doit être ajoutée lentement, au début, puis plus rapidement ensuite. Et le gastronome moléculaire qui connaît ce conseil parvient le plus souvent à monter ses mayonnaises extrêmes, alors que les mêmes sauces peuvent rater quand elles sont confiées à des personnes moins accoutumées à la mayonnaise.

Comment interpréter le conseil culinaire ? Observons tout d'abord, dans l'hypothèse d'une mayonnaise qui ne serait qu'à deux dimensions, que la quantité d'eau libre pour accueillir une nouvelle gouttelette d'huile est insuffisante quand les gouttelettes sont trop grosses, comme le montre le schéma de la figure 2 à gauche, alors que la même quantité d'eau est suffisante pour accueillir de petites gouttelettes (figure 2 à droite). Or, on montre expérimentalement que la taille des gouttelettes dépend de l'agitation de la mayonnaise : une simple observation au microscope révèle que le diamètre des gouttelettes d'une mayonnaise initialement montée à la fourchette est divisé par dix ou plus par l'emploi d'un mixeur ou par la prolongation du battage au-delà du temps nécessaire pour assurer l'émulsification. Puisque l'eau est en concentration minimale dans la mayonnaise extrême, il importe de réduire autant que possible le diamètre des gouttelettes d'huile à tous

les stades de la préparation. Et, de fait, il m'est souvent arrivé de devoir remonter des mayonnaises extrêmes dont j'avais confié la poursuite de la préparation, en cours de conférence, à un assistant. Il suffisait, sans ajouter aucun ingrédient supplémentaire (sauf un peu de vinaigre, au cas où la quantité d'eau aurait été insuffisante), de reprendre un peu de la phase aqueuse et d'y verser le reste de la mayonnaise tournée en fouettant vigoureusement. L'hypothèse de l'eau disponible n'est d'ailleurs pas démontrée : on peut également imaginer que, dans certains cas, le ratage provient d'un mélange insuffisant, qui ne disperse pas correctement les molécules tensio-actives à la surface des gouttelettes, ou qui ne fait pas venir l'huile dans les micelles de molécules tensio-actives préexistant dans le jaune, etc.

Ainsi le degré de contrôle, dans la préparation d'une mayonnaise, détermine la réussite : un cuisinier qui n'aurait qu'une médiocre connaissance physico-chimique du système mayonnaise aurait des déboires fréquents ; un gastronome moléculaire qui s'arrêterait à la composition de son émulsion, sans se préoccuper de sa structure détaillée, parviendrait à monter des mayonnaises extrêmes, mais avec des échecs inexplicables ; et celui qui maîtriserait tous les paramètres ne raterait jamais les mayonnaises que le seul examen de la composition chimique révélerait possibles.

Notamment, les variations de composition du jaune d'œuf, du vinaigre ou de l'huile ne compromettent pas la réussite d'expériences aussi robustes que la préparation d'une mayonnaise ; mais elles déterminent naturellement le volume maximal de sauce que l'on peut préparer, dans l'hypothèse où la méthode employée est optimale. On ne dit pas, ici, que la composition exacte du jaune d'œuf ou du vinaigre sont sans importance ; ils ne le sont pas, mais on prétend que des expériences de gastronomie moléculaire sont possibles.

### Troisième question : des expérimentations ratées remettent-elles en cause la gastronomie moléculaire ?

Un des critères de la science est sa réfutabilité. Une théorie est scientifique si elle conduit à des prévisions que l'on



peut tester expérimentalement. Restons sur l'exemple de la mayonnaise. Que pouvons-nous prévoir et tester ? Par exemple que l'on obtiendra encore une sauce de type mayonnaise si l'on change la nature des tensio-actifs. Dans la mayonnaise classique, ces tensio-actifs sont principalement les molécules de lécithine ou de protéines du jaune, mais, plus généralement, les protéines alimentaires sont généralement de bons tensio-actifs. Notamment, les protéines du blanc d'œuf ont des propriétés tensio-actives que les cuisiniers utilisent afin de former des mousses : les protéines, partiellement dénaturées par le cisaillement du fouet, tapissent les bulles d'air qui sont introduites dans le liquide par l'action du même fouet. Puisque le blanc d'œuf est une solution aqueuse de protéines tensio-actives, l'ajout d'huile

devrait conduire, si l'on fouette correctement, à une émulsion aussi ferme que la mayonnaise. C'est bien ce que l'on vérifie : au début de l'ajout d'huile, une mousse apparaît mais, progressivement, elle retombe et l'aspect devient crémeux, comme celui d'une mayonnaise blanche. Le microscope vérifie que l'on a bien formé une émulsion.

Une telle expérience est un bon exemple du début d'un travail de gastronomie moléculaire. Pourquoi seulement le début ? Parce que la «mayonnaise au blanc d'œuf» est gastronomiquement minable : il y manque le goût du jaune d'œuf, du vinaigre, du sel, du poivre et de la moutarde. Que devrait faire le gastronome moléculaire pour mériter son titre ? Il devrait poursuivre les expériences afin de chercher si une variation de la nouvelle mayonnaise ne donne pas

de meilleur résultat gastronomique que la mayonnaise au blanc d'œuf, ou, mieux encore, que la mayonnaise classique (essayez par exemple l'émulsion froide formée par dispersion d'huile dans une essence de champignon très corsée, où l'on a dissout une feuille de gélatine - protéine tensio-actives). D'autre part, il poursuivra ses explorations de cette sauce très importante qu'est la mayonnaise («sauce qui tient lieu de religion aux Français», indique Ambrose Bierce dans son *Dictionnaire du diable*) afin de déterminer plus finement les conditions de stabilité des émulsions de type huile dans eau, analyser le rôle des ions apportés par le sel ou le vinaigre, le rôle de l'acidité...

A chaque fois, il cherchera une expé-

rience simple permettant de tester une hypothèse, comme dans la pratique de la chimie classique. Et son activité de recherche se révélera utile si elle montre que certains tours de main des cuisiniers sont fondés ou, au contraire, inutiles, si elle introduit des instruments nouveaux qui facilitent le travail des cuisiniers ou des cuisinières.

Revenons une dernière fois à notre troisième question : l'interprétation des expériences de gastronomie moléculaire est-elle possible et les expériences ratées compromettent-elles la gastronomie moléculaire ? Non, car les critères de travail ne diffèrent pas de ceux de la chimie ou de la physique : tant que les gestes sont bons, les expériences réussissent. En chimie, quand on change le protocole d'une synthèse un peu complexe, les rendements chutent et les produits visés ne sont pas formés. De même, en physique, on n'obtiendra pas un signal RMN si l'accord en fréquence est inapproprié. Dans le cas de la chimie comme dans celui de la physique, certains paramètres expérimentaux importent, mais d'autres sont sans influence sur la réussite de l'expérience, et c'est le mérite de l'homme de science que de déterminer quels sont les critères de la réussite : dans certains cas, la composition des réactifs est importante, mais le matériau du réacteur n'intervient pas dans le résultat de l'expérience ; dans d'autres, le matériau d'une sonde est de toute première importance, mais la composition chimique exacte d'un fluide caloporteur n'intervient pas.

En gastronomie moléculaire, également, on doit connaître les paramètres clefs des expériences. En confection de mayonnaise, par exemple, le type de tensio-actif utilisé importe modérément, mais l'on doit réunir une phase aqueuse, des tensio-actifs et une phase hydrophobe. Plus généralement, on doit considérer la «fonctionnalité» des molécules utilisées.

### **Les dictons de la cuisine**

Ayant ainsi légitimé l'activité de gastronomie moléculaire, cherchons son utilité. Dans d'innombrables cas, l'art culinaire gagne à s'associer à la chimie et à la physique : il suffit d'ouvrir un livre de cuisine. J'en prends un au hasard (*La cuisine de Madame Saint Ange*, éditions

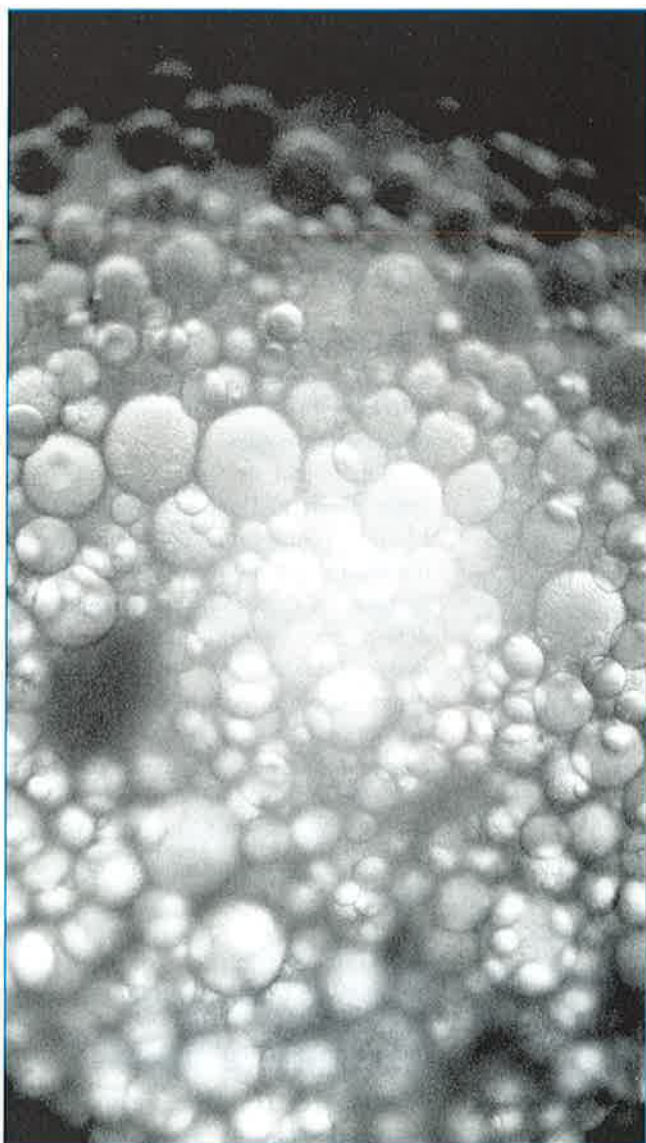


Figure 1 - La mayonnaise est une émulsion de type huile dans eau.



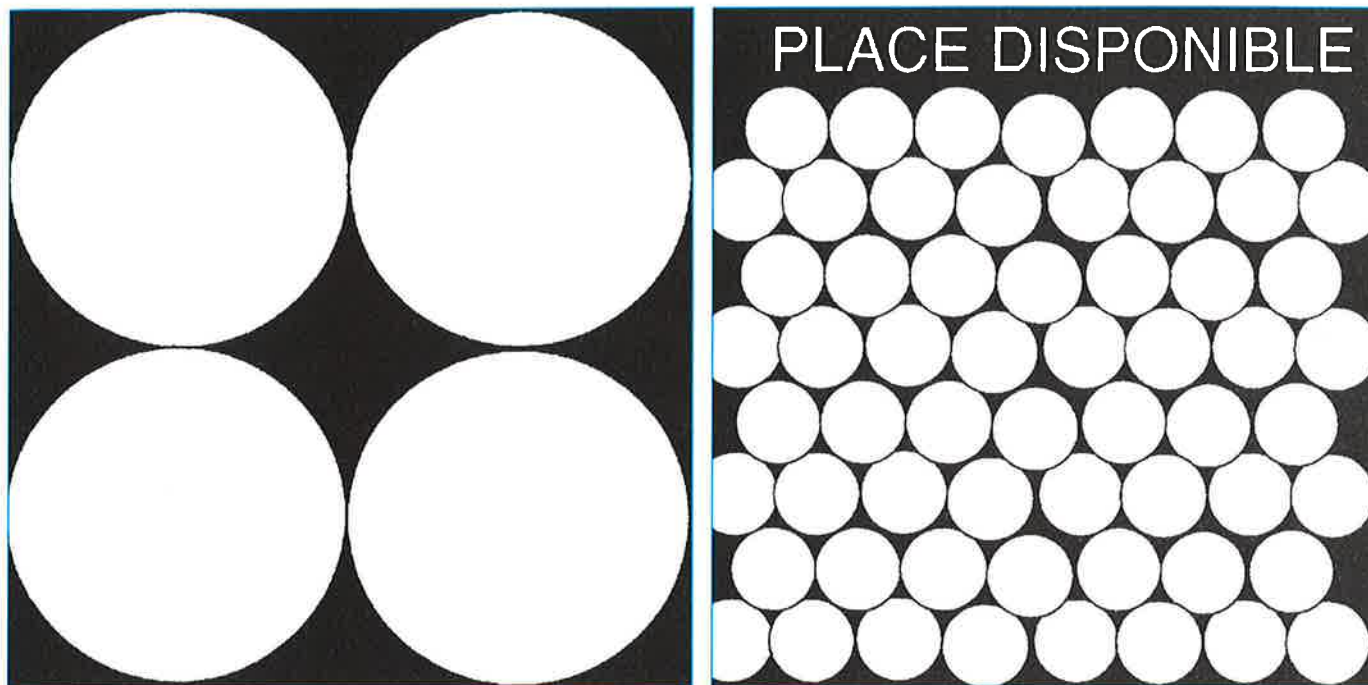


Figure 2 - Dans une mayonnaise, la quantité d'eau libre pour accueillir une nouvelle gouttelette d'huile dépend de l'agitation de la mayonnaise.

Larousse) et je lis : «on ne bat pas bien des blancs [d'œufs] s'ils ont conservé la moindre parcelle de jaune ou s'ils ont été déposés dans un récipient gras» ; «la fraîcheur importe peu» ; «des œufs en réserve depuis plusieurs jours montent plus facilement et demeurent plus fermes que des blancs séparés de leur jaune au moment d'être fouettés» ; «c'est toujours à l'eau froide que doit être mis le lard qu'on veut blanchir. Mis à l'eau bouillante, il ne se dépouillerait pas bien de son sel» ; «les feuilles de gélatine, avant d'être utilisées, doivent être mises à tremper dans l'eau froide» ; «ne pas couvrir un jus qu'on met en réserve avant son complet refroidissement, parce que cela peut le faire aigrir plus promptement» ; «il convient d'ajouter ici qu'on évite de délayer un roux sur le feu parce qu'il en résulte une sauce grumeleuse»...

Pour chacune de ces citations, le physico-chimiste s'interroge inmanquablement : le conseil donné est-il exact ? Si oui, pourquoi l'est-il ? Si non, comment les cuisiniers en sont-ils venus à donner de mauvais conseils ? Ces questions sont utiles, car les bons conseils, s'ils sont compris, peuvent peut-être être améliorés ; et les mauvais conseils seront utilement éliminés des livres de cuisine modernes.

Ainsi, les chefs disent que, quand on veut obtenir de l'eau bouillante et salée, il faut mettre le sel dans l'eau qui bout

déjà, sans quoi l'eau met plus longtemps à bouillir ; l'expérience montre que ce conseil doit être abandonné, car, en pratique, on ne mesure que des variations de durée de mise à ébullition inférieures à l'erreur expérimentale. Inversement, ils disent que le cochon de lait rôti doit avoir la tête coupée à la sortie du four sans quoi la peau s'amollit ; l'expérience prouve que ce conseil dont on avait tout lieu de douter (pourquoi la tête aurait-elle eu une influence sur le croustillant de la cuisse, alors que le sang ne circule plus) est bon, pour une raison inattendue : une fois la tête ôtée, la vapeur formée par action du feu sur les jus s'évacue de la cavité abdominale, de sorte qu'elle ne perfuse plus les chairs et qu'elle n'amollit plus le croustillant de la peau, en y ramenant de l'eau que le feu avait évaporée.

Chaque geste culinaire mérite d'être interprété, compris, discuté ; cet examen peut rénover une pratique qui a peu changé depuis que l'homme a inventé le feu, et les chimistes et les physiciens en savent aujourd'hui assez pour que des gastronomes moléculaires, se fondant sur les avancées fondamentales, effectuent des expériences simples et finissent enfin par comprendre comment les soufflés montent, comment la truffe libère ses arômes dans une truffe en croûte, comment une béarnaise vient à rater ou une crème anglaise à prendre sans grumeler.

### L'introduction de nouveaux outils

Le chimiste qui s'intéresse à la cuisine n'est pas condamné à cette seule activité d'interprétation des gestes anciens. Il peut aussi innover, soit par des substitutions, gastronomiquement éclairées, des ingrédients des recettes classiques, soit par l'invention de recettes nouvelles fondées sur l'examen de la fonction des ingrédients employés, soit enfin en proposant l'introduction d'outils connus dans les laboratoires, mais absents des cuisines.

Un exemple : le bouillon. Les chefs donnent des conseils particulièrement stricts sur la conduite de la confection d'un bouillon. Voici en vrac quelques conseils relevés dans des livres de cuisine : «Mettez toujours votre viande dans l'eau froide, car l'eau bouillante empêche les sucs contenus dans la viande de se marier à l'eau» ; «au contact de l'eau bouillante, l'albumine coagule et emprisonne les sucs» ; «le bouillon doit venir à l'ébullition très lentement sinon l'albumine coagule, se durcit ; l'eau n'ayant pas eu le temps nécessaire pour pénétrer la viande, empêche la partie gélatineuse de l'osmazome de s'en dégager» ; «s'il y avait arrêt dans l'ébullition, la faire reprendre doucement, de façon toute progressive» ; «un bouillon étant trouble doit être clarifié par l'utilisation de blanc d'œuf que l'on fouette à froid, tandis que l'on ajoute au bouillon

de la viande de bœuf hachée et quelques légumes émincés». On le voit, le bouillon est un sujet... trouble. Pourquoi tous ces conseils, alors qu'il semble qu'une cuisson prolongée puisse extraire tous les composés de la viande ? Les conseils donnés visent-ils seulement à obtenir un liquide clair, qu'il n'est pas besoin de clarifier ? Dans ce cas, il serait intéressant de tester l'utilisation d'une centrifugeuse, qui éliminerait le trouble éventuel en un clin d'œil (on pourrait aussi recourir à une distillation). Autrement dit, doit-on introduire une centrifugeuse en cuisine ? C'est une de mes propositions actuelles.

Plus généralement, l'examen du catalogue de la société Prolabo donne quelques autres idées : un sonicateur pour la confection d'émulsions ; des homogénéiseurs pour la réalisation des émulsions ; des pistolets pulvérisateurs pour déposer finement des solutions goûteuses à la surface d'un plat, de la même façon que l'on saupoudre un gâteau de sucre glace ; des seringues pour saler des frites à cœur avant de les cuire ; des conductimètres pour tester rapidement la microstructure d'une émulsion ; des salinomètres pour s'assurer que les plats sont salés à point ; des pH-mètres pour déterminer si une confiture prendra quand elle refroidira ; des duromètres, des texturomètres et des pénétromètres pour déterminer le degré de cuisson d'une viande ou d'un poisson ; des viscosimètres pour ajuster finement la texture de sauces ; des microscopes pour observer si la quantité de bulles d'air nécessaire au bon gonflement de gougères a été introduit ; des bains-marie de précision pour ne plus jamais rater un beurre blanc ; des burettes et des pipettes pour doser finement des composés aromatiques puissants ; des rubans chauffants pour cuire localement ; des récipients d'azote liquide pour confectionner des glaces et des sorbets ; des centrales de microfiltration tangentielle ; des réfractomètres pour juger de l'état d'un caramel ; des thermocouples pour mesurer en continu la température au cœur des soufflés ou des viandes ; des cloches à vide et des trompes à eau pour faire lever des soufflés à froid...

Nous avons cité ainsi des outils, qui seraient utiles en cuisine, mais d'autres catalogues (tel celui d'Aldrich Chimie)

contiennent également des produits utiles : puisque le vieillissement des alcools en fût de chêne s'accompagne de la formation de vanilline, par réaction de l'alcool éthylique et de la lignine du bois, pourquoi ne pas utiliser directement de la vanilline dans des alcools trop jeunes (faites l'essai : trois gouttes d'extrait de vanille liquide dans un litre de whisky lui donnent une rondeur plaisante). Plus généralement, pourquoi ne pas introduire quelques gouttes de benzyl trans-2-méthyl-2-butanoate, de butyrate de méthyle, de hepta-2-one, etc. dans les plats cuisinés. ? Ce serait un moyen comme un autre d'ajouter les saveurs de sous-bois ou de fleurs qui font défaut quand la saison des champignons est passée.

### Une activité formatrice

Non seulement l'activité de gastronomie moléculaire peut contribuer à faire progresser l'art culinaire, en expliquant les gestes classiques et en introduisant de nouveaux outils ou de nouveaux ingrédients, mais elle est également un remarquable outil didactique.

Auprès du grand public, tout d'abord : pour améliorer l'image publique de la chimie, quel meilleur exemple pourrait-on prendre que celui de la cuisson d'un steak ? A ceux qui disent détester la chimie et ses nuisances, la gastronomie moléculaire montre qu'ils pratiquent la chimie dans leur cuisine : si la viande brunit dans la poêle, si sa saveur et ses arômes se développent par l'action de la chaleur, c'est parce que le cuisinier ou la cuisinière commande la réaction de Maillard, entre les sucres et les acides aminés de la viande. La conclusion s'impose : puisque la chimie est pratiquée par tous, en cuisine, pourquoi critiquer les industriels qui, par une pratique peu différente, produisent des médicaments qui soignent, des textiles qui habillent, des plastiques qui peuplent les loisirs...?

En faculté des sciences, également, la gastronomie moléculaire s'impose comme une mine d'exemples à l'enseignement de la physique ou de la chimie. Sur l'invitation de la faculté des sciences de Tours, qui organise une maîtrise de sciences et de techniques «Le goût et son environnement», nous avons ainsi organisé des travaux pratiques qui consistent

en un test expérimental et rigoureux des divers conseils donnés à propos de la confection des bouillons, de la réalisation des pâtes à choux, du dégorgeage des légumes... Les étudiants ont cherché à comprendre les phénomènes physiques et chimiques utiles pour ces trois opérations culinaires, ils ont appris à utiliser une méthodologie rigoureuse dans la pratique de la cuisine. Certes les comptes rendus d'expérience sont étranges quand on les compare à ceux d'une séance de travaux pratiques qui aurait été consacrée à la synthèse de mononitrobenzène, mais les plans ne diffèrent pas notablement, et l'enthousiasme des étudiants est manifeste. Certains proposent (ou font chez eux) des expériences complémentaires, ils discutent les opérations classiques ; bref, ils se livrent à une véritable activité de recherche en gastronomie moléculaire.

Comme en chimie organique ou en physique thermique, par exemple, ils font des fautes que l'enseignant peut corriger : l'un change les conditions expérimentales sans se rendre compte qu'il s'écarte de son cadre d'interprétation initial ; l'autre ne sait pas calculer la proportion de gonflement d'une gougère en appliquant la loi des gaz parfaits aux bulles d'air contenues dans les blancs en neige, le troisième cuit des soufflés sans mesurer le diamètre des ramequins ou sans signaler à quelle vitesse précise la température a chuté quand il a ouvert la porte du four... Mais, au total, les étudiants ont le sentiment de participer à une activité utile : le perfectionnement de la gastronomie.

Ce faisant, ils se convainquent que la chimie, avec sa composante intellectuelle (qui d'entre nous a vu une molécule, un atome ?) et avec sa composante expérimentale, est la plus belle des sciences. Ont-ils vraiment tort ?

# Les hydrocarbures fluorés $R_F R_H$ dans le domaine biomédical

Isabelle Rico-Lattes\* directeur de recherche, Brigitte Guidetti\* maître de conférences, Vlassis Emmanouil\* étudiant 3e cycle, Armand Lattes\* professeur

Notre laboratoire s'intéresse depuis plusieurs années aux applications des dérivés mixtes  $R_F R_H$  dans le domaine biomédical. C'est ainsi que nous avons démontré pour la première fois que ces composés peuvent remplacer avantageusement les dérivés perfluorés aussi bien dans la formulation de transporteurs d'oxygène qu'en chirurgie vitréorétinienne.

## Les molécules mixtes $R_F R_H$ dans la formulation de transporteurs d'oxygène

Les dérivés perfluoroalkylés sont connus depuis une trentaine d'années pour leur intérêt dans la formulation des substituts du sang. C'est en effet en 1966 que Clark et Gollan ont montré pour la première fois qu'une souris pouvait survivre plusieurs heures dans un dérivé perfluoré oxygéné et se comporter ensuite normalement [1]. Depuis, de nombreux chercheurs ont concentré leurs efforts pour développer des dérivés perfluorés plus stables, plus efficaces et moins toxiques [2]. Cependant, les composés perfluorés sont immiscibles à l'eau, donc au milieu sanguin aqueux. Par conséquent ils ne peuvent pas être injectés directement et doivent être utilisés sous forme émulsifiée.

Les travaux entrepris pour la fabrication d'émulsions non toxiques et capables

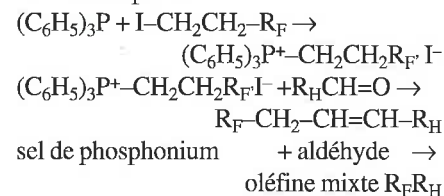
de transporter l'oxygène et le dioxyde de carbone ont conduit à l'élaboration du Fluosol DA, qui est une émulsion de perfluorodécane et de Pluronic F68, première émulsion disponible pour les usages cliniques [3]. Cependant, le problème majeur de ces émulsions est leur manque de stabilité dans le temps. Les recherches se sont donc orientées vers des systèmes plus stables, les microémulsions.

Delpuech et coll. ont ainsi réalisé des microémulsions de perfluorodécane constituées de petites particules et stables dans le temps [4]. Comme la zone de ces microémulsions se situe dans la région riche en eau, elles sont adaptées à la nature des substituts du sang. Ces microémulsions dissolvent mieux l'oxygène que le Fluosol DA. Cependant, l'inconvénient de ces systèmes est l'utilisation impérative d'un tensio-actif fluoré à cause de l'existence des phénomènes de ségrégation entre chaînes fluorées et hydrogénées. Or

ces tensio-actifs se sont révélés toxiques.

Pour remédier à ce problème, nous avons envisagé au laboratoire une stratégie qui consiste à utiliser un tensio-actif perhydrogéné déjà connu pour être non toxique et remplacer le perfluorocarbure par une huile mixte  $R_F R_H$  suffisamment fluorée pour dissoudre les gaz, et en partie hydrogénée pour permettre sa microémulsification par le tensio-actif hydrogéné.

Nous avons ainsi mis au point la synthèse de nouvelles oléfines mixtes par réaction de Wittig dans des conditions de transfert de phase :



Cette méthode de synthèse originale permet de moduler aisément la balance entre chaîne fluorée et hydrogénée [5].

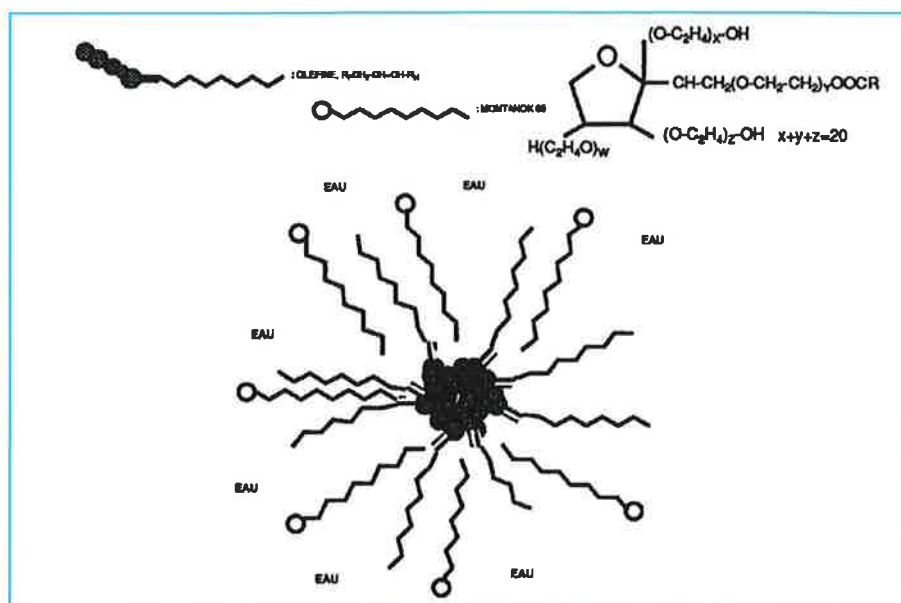


Figure 1 - Structure schématique d'une microémulsion d'un dérivé mixte  $R_F R_H$ .

\* Interactions moléculaires et réactivité chimique et photochimique, Université Paul Sabatier, 118, route de Narbonne, 31062 Toulouse Cedex. Tél. : 61.55.62.70/68.08. Fax : 61.25.17.33.



Une première molécule mixte  $C_8F_{17}-CH_2-CH=CH-C_4H_9$  a pu ensuite être microémulsifiée avec le Montanox 80 (tensio-actif perhydrogéné biocompatible développé par la société Seppic). La structure des microémulsions ainsi formulées est représentée dans la *figure 1*.

La partie hydrogénée de la molécule  $R_F R_H$  en s'ancrant à l'interface micellaire permet la stabilisation de la microémulsion. Des études physico-chimiques ont montré que ces dérivés mixtes sont capables de dissoudre des quantités d'oxygène aussi importantes que les dérivés perfluorés. De plus, les études toxicologiques ont montré que ces nouveaux composés sont parfaitement tolérés en intraveineuse chez la souris.

Ces travaux, que nous avons publiés en 1989, constituent à notre connaissance le premier exemple d'application des molécules mixtes  $R_F R_H$  dans le domaine des transporteurs d'oxygène [6].

Récemment Meinert [7] et Riess [8] ont montré que les dérivés mixtes  $R_F R_H$  utilisés comme additifs peuvent aussi stabiliser les émulsions de perfluorocarbures par un effet d'ancrage préférentiel à l'interface hydrogénée des gouttelettes des émulsions. Enfin Meinert a mis en évidence une stabilité accrue des émulsions dans lesquelles la totalité du perfluorocarbure est remplacée par un dérivé  $R_F R_H$  : comme pour les microémulsions, une meilleure adéquation est obtenue avec le tensio-actif perhydrogéné utilisé (le Pluronic F68) [9].

### Les molécules mixtes $R_F R_H$ appliquées à la chirurgie vitréorétinienne

Les perfluorocarbures sont les derniers progrès dans la chirurgie vitréorétinienne. En effet, lors des décollements de rétine majeurs, il est nécessaire de « plaquer » la rétine contre la paroi de l'œil avant de procéder aux opérations nécessaires au recollement. Ceci peut être réalisé par un tamponnement interne par un substitut du vitré plus lourd que l'eau comme un perfluorocarbure (*figure 2*).

Un substitut doit avoir les qualités suivantes : transparence, densité élevée, innocuité, indice de réfraction, tension superficielle et viscosité compatibles, qualités que réunissent les perfluorocarbures. Ainsi, la perfluorodécane, déjà utilisée dans la formulation des transporteurs d'oxygène, a été appliquée avec succès en chirurgie vitréorétinienne [10]. Ce composé est actuellement commercia-

lisé par la société Opsia située à Ramonville-Saint-Agne, à proximité de Toulouse.

La perfluorodécane Opsia, commercialisée en septembre 1990 sous le nom de DK-Line, est issue de la collaboration entre notre équipe, la société Opsia et le service d'ophtalmologie du CHU de Rangueil dirigé par le professeur Mathis. Ce composé a subi en effet une série d'étapes de purification que nous avons mis au point et qui en font un leader mondial déjà reconnu.

La toxicité à long terme de la DK-Line (liée à sa trop grande densité,  $d = 1,94$ ) empêche son utilisation au-delà de la durée opératoire, au terme de laquelle la DK-Line est retirée de l'œil. Le maintien du liquide dans l'œil sur une durée de plusieurs jours serait cependant utile pour favoriser la cicatrisation, à la fois par un effet mécanique et d'oxygénation des tissus.

Les oléfines mixtes que nous avons synthétisées, très pures, présentant une très faible toxicité, un fort pouvoir de dissolution de l'oxygène et surtout une densité modulable ( $d = 1,3$  à  $1,6$ ), nous sont apparues comme une alternative à la perfluorodécane en chirurgie vitréorétinienne.

Les essais du service d'ophtalmologie ont alors mis en évidence les qualités de ces nouveaux produits : aucune atteinte de la rétine pour des tamponnements oculaires de quinze jours n'a été en particulier observée.

Les premiers résultats des essais cliniques effectués par le service du professeur Mathis ayant été jugés satisfaisants, la société Opsia a entrepris le transfert de technologie du stade laboratoire au stade pilote pour la synthèse de ces oléfines mixtes. Notre laboratoire a réalisé ce transfert vers Opsia dans le module de haute technologie de l'université Paul Sabatier. Les quantités de substances disponibles, grâce à ce changement d'échelle, ont ainsi permis, au service d'ophtalmologie, de confirmer les premiers résultats cliniques et, à la société Opsia, d'envisager leur commercialisation.

Cette innovation est un exemple réussi de collaboration tripartite (unité de recherche CNRS, service hospitalier, industrie), qui a été soutenue et classée n° 1 pendant trois années consécutives par la région Midi-Pyrénées (pôle GBM). Les

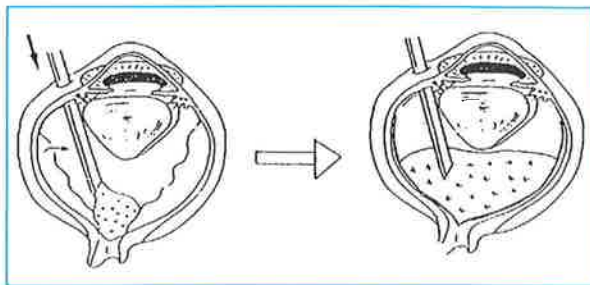


Figure 2 - Principe d'un tamponnement oculaire par un substitut du vitré.

oléfines mixtes optimisées ont été brevetées en février 1994 par la société Opsia [11] et ce projet a reçu le premier prix « Innovation en Midi-Pyrénées » (catégorie laboratoires et équipes de recherche) en décembre 1994.

### Conclusion

Les études réalisées mettent en évidence l'intérêt des composés mixtes  $R_F R_H$  dans le domaine biomédical. Ils constituent une excellente alternative aux dérivés perfluoroalkylés, en conservant les qualités d'un perfluorocarbure (faible toxicité, haute capacité de dissolution des gaz) et en évitant ses inconvénients (formulation facilitée pour les transporteurs d'oxygène et densité modulable pour la chirurgie vitréorétinienne). Leur synthèse aisée permet de maîtriser de manière reproductible leur pureté.

### Références

- [1] Gollan F., Clark L.C., *Science*, **1966**, 152, p. 1755.
- [2] *Blood Substitutes*, T.M.S. Chang, R.P. Geyer Eds, Marcel Dekker Inc., New York, **1989**.
- [3] L e Blanc M., Riess J.G., *Préparations, Propriétés and Industrial Applications of Organofluorine compounds*, Ed R.E. Banks, chapitre 3, **1985**.
- [4] a) Delpuech J.J., *La Recherche*, **1995**, vol 16, n° 172, p. 1545.  
b) Lattes A., Rico-Lattes I., *Artif. Cells, Blood Substitutes, Immobilization Biotechnol.*, **1994**, 22 (4), p. 1007.
- [5] Escoula B., Rico I., Laval J.P., Lattes A., *Synth. Comm.*, **1985**, 15 (1), p. 35.
- [6] Ceccuti C., Rico I., Lattes A., Novelli A., Rico A., Marion G., Gracia A., Lachaise J., *Eur. J. Med. Chem.*, **1989**, 24, p. 485.
- [7] Meinert H., Fackler R., Knoblich A., Mader J., Reuter P., Röhlke W., *Biomat. Artif. Cell and Immob. Biotech.*, **1992**, 20 (1), p. 115 ; **1992**, 20 (2-4), p. 805.
- [8] a) Riess J.G., Postel M., *Biomat. Artif. Cell and Immob. Biotech.*, **1992**, 20 (2-4), p. 819.  
b) J.G. Riess, *Lettre des Sciences Chimiques, CNRS*, 13, février-mars **1993**.
- [9] Meinert H., Knoblich A., *Biomat. Artif. Cell and Immob. Biotech.*, **1993**, 21 (5), p. 583.
- [10] a) Chang S., *Am. J. of Ophth.*, **1987**, 103, p. 38.  
b) Mathis A., *Visions Internationales*, **1991**, n° 19, p. 16.
- [11] Rico-Lattes I., Feurer B., Guidetti B., Payrou V., BF n° 9402480, déposé le 25/02/1994 par la société Opsia.

# Sur l'industrie chimique en Belgique

Norbert Martin\* *président*

**L**a situation conjoncturelle s'améliore ; les difficultés monétaires doivent trouver une solution ; les difficultés structurelles subsistent.

Alors que, lors de notre dernière assemblée générale, les perspectives étaient encore incertaines, je crois que nous sommes engagés dans une entreprise de la croissance, sans doute encore fragile, mais une reprise quand même. En effet, après la profonde récession dont l'ampleur maximale s'est située en 1993, le climat conjoncturel s'est amélioré progressivement en 1994.

Pour l'ensemble de la chimie, le chiffre d'affaires, après être resté plutôt stable durant 4 années consécutives, a progressé en 1994 de quelque 11 %. Il a, pour la première fois, dépassé le cap des 1 000 milliards de francs belges. Ce résultat a pu être atteint grâce à une croissance rapide de la demande extérieure en provenance de pays hors d'Europe et, ensuite progressivement, de la part des pays de l'Union Européenne ainsi qu'à une remontée du niveau des prix des matières de base et intermédiaires.

C'est la chimie en amont ainsi que la parachimie qui ont bénéficié, au premier chef, de cette évolution favorable. Les secteurs plus proches de la consommation finale (pharmacie, savons, détergents, cosmétiques) ne connaissent

encore qu'une reprise limitée qui ne permet pas de rejoindre les taux de croissance enregistrés avant la récession. En ce qui concerne la transformation, les performances ont été assez bonnes pour le secteur du caoutchouc mais, en matières plastiques, la hausse des prix des matières premières conduit à une réduction des marges, étant donné que les marchés ne permettent pas encore de répercuter le renchérissement des produits de base et intermédiaires.

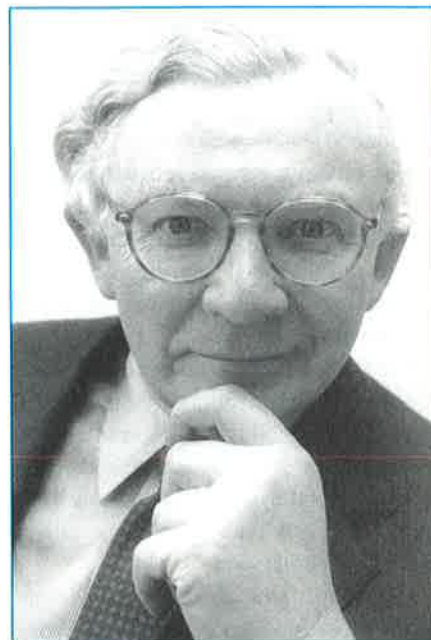
## ***Quel est notre pronostic pour l'avenir ?***

Il est empreint à la fois de confiance et de circonspection.

Nous pensons que la reprise engagée ne va pas avorter. Nos enquêtes sectorielles, relatives aux investissements prévus en 1995, font apparaître une hausse estimée à 16 % après quatre années consécutives de recul. L'environnement économique ouest-européen et mondial reste bien orienté, marqué par des taux de croissance positifs.

Confiance donc, mais circonspection pourquoi ?

L'évolution des taux de change nominaux et réels à l'intérieur du système européen et par rapport à la zone «dollar» crée des situations de dépréciation artificiellement compétitive et de surévaluation que je qualifierais par moment d'«héroïques». Entre le bloc DM - auquel la Belgique s'est ralliée - et le reste de l'Europe, les distorsions ne sont pas tenables à la longue et affectent de plus en plus les courants commerciaux ainsi que les décisions d'investissements ou de désinvestissements. Il faut souhaiter que des solutions raisonnables et



Norbert Martin, président de la Fédération des Industries Chimiques de Belgique.

concertées soient trouvées rapidement, sans toutefois remettre en cause les objectifs de stabilité monétaire et, à long terme, d'union monétaire et économique.

Circonspection aussi parce qu'il faut tenir compte des difficultés structurelles de notre économie, qui affectent aussi notre secteur, et parce qu'à la veille d'un scrutin très important, l'incertitude prévaut quant à la politique du prochain gouvernement concernant ces mêmes difficultés.

## ***La compétitivité reste au cœur du débat***

La compétitivité reste au cœur du débat. Il faut s'attaquer intelligemment à une réduction des coûts salariaux. Toute solution valable à long terme doit passer

\* Fédération des Industries Chimiques de Belgique, Square Marie-Louise, 49, 1040 Bruxelles, Belgique. Tél. : +32 (2) 238.97.11. Fax : +32 (2) 231.13.01.

Allocution présentée à l'occasion de l'Assemblée générale de la Fédération des Industries Chimiques de Belgique (10 mai 1995).

par une réforme durable et équitable de la sécurité sociale qui, dans son état actuel, pèse de façon excessive, à la fois à travers les charges dites sociales et l'imposition, aussi bien sur le revenu que sur le coût de ceux qui travaillent. Je ne veux pas entrer ici dans le détail du débat. Je me bornerai à attirer l'attention sur quelques points qui me paraissent essentiels :

- l'effort principal doit porter en premier lieu sur les dépenses où, sans toucher à l'essentiel, un dégraissage et une plus grande sélectivité sont possibles et doivent être opérés ;

- il faut que le financement des piliers, qui ne sont pas directement liés au travail, tels que les allocations familiales et les soins de santé, repose sur une autre base que le seul facteur travail ;

- en ce qui concerne le financement, les systèmes alternatifs éventuels ne doivent pas peser sur le capital investi ou la consommation d'énergie, ce qui ne serait que déplacer le problème au lieu de le résoudre ;

- il faut que le statut des cadres, qui constituent l'épine dorsale de nos entreprises, soit revalorisé, notamment en réintroduisant les plafonds de cotisation et en stimulant davantage ce que l'on appelle les deuxième et troisième piliers en matière de pension.

- la répression de la fraude sociale n'apportera pas seulement des économies mais elle peut mettre fin à un préjudice à la libre concurrence et aux entreprises qui opèrent *bona fide*.

### **Problème de l'emploi. Contribution des accords sectoriels**

Le problème de l'emploi reste crucial. Il est lié au coût du travail certes, pas exclusivement, mais néanmoins de façon décisive. Les nécessités de la compétitivité ont imposé des restructurations en profondeur. Durant trois années consécutives, l'emploi a régressé dans notre secteur. Nous espérons qu'en 1995, il se stabilisera à la faveur de la reprise conjoncturelle.

Nous nous réjouissons d'avoir pu conclure - et nous étions le premier secteur à le faire en Belgique - des accords sectoriels avec les partenaires sociaux tant ouvriers qu'employés pour la période 95-96. Ils constituent l'aboutissement d'un dialogue constructif avec

les représentants des travailleurs, qui était animé de l'objectif, commun et prioritaire, de trouver des formules destinées à relancer le recrutement, et notamment des jeunes. Nous le considérons aussi comme l'amorce d'un dialogue prolongé sur diverses matières plus structurelles qui ont été convenues dans nos accords, dialogue qui aura lieu au sein de groupes de travail dont les travaux vont commencer incessamment. Nous voulons appliquer loyalement ces accords. Nous espérons trouver une même détermination et une même bonne foi au niveau des négociations sur le terrain des entreprises et des sous-secteurs.

### **La taxation CO<sub>2</sub>**

Elle est inacceptable pour l'industrie chimique. Celle-ci est prête à s'engager davantage dans des programmes d'utilisation rationnelle de l'énergie.

Alors que sur le plan européen, la taxation CO<sub>2</sub> a été réorientée, le débat resurgit sur le plan national, à la fois pour des raisons écologiques et financières. A maintes reprises, nous avons contesté le bien-fondé d'une telle taxation, qui dégraderait encore la compétitivité de notre secteur, grand consommateur d'énergie. Plusieurs arguments plaident contre cette taxation unilatérale à laquelle nous restons fondamentalement opposés. Je n'en citerai que deux :

- les entreprises intensives en énergie seront tentées de se délocaliser à terme vers des régions où les contraintes environnementales sont moins restrictives : ceci n'est pas de nature à réduire les émissions de CO<sub>2</sub> au niveau mondial, c'est le moins qu'on puisse dire ;

- cette taxation sera destructrice d'emplois et cela en termes nets pour l'économie belge.

Nous ne voulons pas ignorer la problématique des émissions de CO<sub>2</sub>, même si, sur le plan scientifique, les opinions restent partagées. A cet effet, nous avons non seulement proposé mais mis en œuvre une politique d'utilisation rationnelle de l'énergie et qui est adoptée par la grande majorité des entreprises de notre secteur. Nous voulons maintenir le dialogue avec les autorités compétentes en vue de conclure des accords qui fixent des objectifs d'utilisation rationnelle.

### **Le débat écologique est empreint de plus de rationalité et de pragmatisme**

Dans le débat écologique global, nous constatons avec satisfaction qu'une certaine rationalité se fait progressivement jour et que, de plus en plus souvent, les décideurs politiques font la distinction entre l'objectif économique, les contraintes écologiques et le choix de l'instrument le plus adéquat pour concilier ces deux éléments en vue d'un développement durable.

Dans le dossier des écotaxes, grâce au réalisme dont a fait preuve la commission de suivi, des progrès ont été réalisés. L'approche pragmatique l'a emporté sur l'attitude irréfléchie et arbitraire des signataires des accords de la Saint Michel. Nous continuerons à soutenir des propositions alternatives à la législation sur les écotaxes, notamment celles de Fost Plus pour les déchets des emballages ménagers.

### **La prévention est la plus sûre des politiques**

Tous les débats de ces dernières années ont encore mieux fait apparaître la nécessité stratégique, pour notre secteur, de mettre en œuvre un éventail de solutions adaptées et rationnelles aux problèmes des déchets de matières plastiques. Sans vouloir sous-estimer les efforts déjà accomplis sur ce plan, nous voulons accélérer le mouvement. Notre conseil d'administration traite pour le moment le projet de création d'un organisme, financé par les entreprises concernées, et qui, analogue à celui de Valorplast en France, a pour objectif la valorisation des matières plastiques.

Sur le plan de l'écologie comme de la sécurité et de l'hygiène, la prévention est la plus sûre des politiques. C'est toute la philosophie du programme de «Responsible Care». Ce programme, qui constitue une de nos priorités, est entré dans une phase d'approfondissement et d'accélération. Le Responsible Care doit avoir une place stratégique comparable à celle de la qualité totale. Je pose la question : le management de la qualité totale est-il pensable sans le Responsible Care ? Nous allons à l'instant attribuer le premier Award Responsible Care de l'industrie chimique belge. Cette initiative souligne toute l'importance que nous accordons à ce programme qui



stimule les performances réalisées dans ce domaine.

En 1994, nous avons fêté le 75<sup>e</sup> anniversaire de la Fédération des Industries Chimiques. A cette occasion, nous avons décrit notre industrie comme une industrie de croissance et porteuse d'avenir. Nous avons également évoqué les défis que nous devrions relever afin de garder une industrie chimique forte et performante en Belgique.

### **Une meilleure communication et une plus forte crédibilité restent un défi majeur pour notre industrie**

Parmi ces défis, je veux aujourd'hui particulièrement souligner celui de la communication et de la crédibilité, qui sont deux concepts déterminants pour l'image de l'industrie chimique aussi bien aux yeux du grand public que de nos propres collaborateurs. Une image correcte ne s'obtient pas d'elle-même : elle se conquiert par le biais d'efforts considérables et ciblés. Il faut la créer.

A cet effet, nous mettons en œuvre des ressources supplémentaires. Pour la première fois, des journées portes ouvertes à l'échelon régional seront organisées simultanément dans de nombreuses entreprises. Les 23 et 24

septembre 1995 en Flandre et, en 1996, en Wallonie. Nous voulons ainsi témoigner de notre volonté de dialoguer et de communiquer avec la population avoisinante et avec tous ceux qui s'intéressent à nos activités.

Le débat que nous avons organisé aujourd'hui est destiné à encore mieux nous sensibiliser sur le thème de la communication et de la crédibilité dans la mesure où les différentes facettes de cette question seront mieux mises en lumière. Je voudrais remercier le ministre, M. Mark Eyskens, d'avoir accepté d'animer ce panel ainsi que chacun de ceux qui y contribuent.

### **Messages aux responsables politiques**

Enfin, à la veille des élections législatives, nous voudrions nous adresser aux responsables politiques de notre pays en leur livrant encore deux messages :

#### **Chaque pays a la monnaie qu'il mérite et non celle qu'il rêve d'avoir**

- Nous avons toujours défendu une politique de monnaie forte, c'est-à-dire une politique monétaire rigoureuse ; seulement, une telle politique n'est possible que si une rigueur interne est appliquée dans tous les compartiments

de l'économie. La monnaie ne commande pas à l'économie. A la longue, la monnaie est le reflet de la qualité de la gestion de l'économie et des finances. Chaque pays a la monnaie qu'il mérite et non pas celle qu'il rêve d'avoir.

#### **La stabilité du cadre institutionnel et juridique est indispensable**

- Nous lançons un appel pour une stabilité du cadre institutionnel et juridique qui régit les activités économiques. L'instabilité n'est pas propice à l'investissement et constitue un frein au pouvoir attractif de la Belgique pour les investisseurs étrangers.

L'industrie chimique belge, dans toutes ses composantes sectorielles et régionales, souhaite une telle stabilité. Elle estime qu'il faut jouer loyalement le jeu dans le cadre des institutions existantes déjà suffisamment complexes en elles-mêmes.

Tous les discours déstabilisateurs sont contreproductifs. La compétition économique impitoyable à laquelle nous devons faire face se joue sur le plan continental et intercontinental et non régional et encore moins local.

SFC

Division Chimie du solide

## **Vth European Conference on Solid State Chemistry**

**Le Corum-Montpellier**

**4-7 septembre 1995**

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

## JEAN GAUVIN, PRÉSIDENT DE L'UIC

L'assemblée générale de l'Union des Industries Chimiques, qui s'est tenue le 4 mai 1995, a procédé à l'élection du nouveau président du conseil d'administration, Jean Gauvin, directeur général du groupe Solvay en France, vice-président de l'Union des Industries Chimiques, en remplacement de Francis Bazile, dont le mandat était arrivé à son terme et qui devient président sortant. Elle a élu vice-président François Guinot, président-directeur général de la société Rhône-Poulenc Chimie, en remplacement de Jean Gauvin.

Le comité exécutif est composé de Jean Gauvin, président ; de François Guinot, vice-président ; de Francis Bazile, président sortant, et de Jean-Pierre Ribière, directeur général.

Par ailleurs, l'assemblée a ratifié la cooptation de trois nouveaux administrateurs : Bernard Lafourcade, membre du directoire de la société BASF France, président de l'Union des Industries de la Protection des Plantes, en remplacement de Roger Delorenzi ; Bernard Vuchner, directeur sécurité environnement/qualité de la société Comurhex, président du Syndicat Général des Industries Chimiques Languedoc-Roussillon, en remplacement de Charles Menière ; et François Guinot, en remplacement de Philippe Tripart. Elle avait également renouvelé les mandats de Jean-Marc Bruel, Jean Cauquil, Friedrich Deichmann, Michel Depraetere, Jean Gauvin, François Guinot, Daniel Marie, René Pénisson, Jacques Puéchal, Mario Scardigli et Jean-Pierre Seeuws.

## CHIMIE FINE ET DE SPÉCIALITÉS : PERSPECTIVES DE CROISSANCE POUR PCAS

Produits Chimiques Auxiliaires et de Synthèse (PCAS),

# En bref

une petite PME créée en 1962, est devenue, en 1995, une entreprise internationale qui vient d'être introduite sur le second marché de la Bourse de Paris.

Depuis sa création, PCAS s'est développée régulièrement dans la chimie fine et dans la chimie de spécialités.

– Dans la chimie fine, la société offre des capacités importantes de synthèses organiques pour la fabrication des molécules complexes destinées à la pharmacie, la parfumerie et la cosmétologie.

– Dans la chimie de spécialités, elle adapte des molécules ou des produits aux besoins spécifiques de ses clients dans les domaines des arts graphiques, de l'électronique, du verre et des lubrifiants industriels.

Son créneau naturel est le produit de moyen tonnage à forte valeur ajoutée qu'un important producteur en amont (chimie de base) ou un producteur final (pharmacien, parfumeur, fabricant de surfaces photosensibles...) ne veut pas ou ne peut pas réaliser et qui préfèrent se concentrer sur leur métier et font de plus en plus appel à des sociétés telles que PCAS.

De par son origine, une PME familiale rachetée en 1982 par Stauffer Chemicals qui, par suite de restructuration, a appartenu à divers multinationales de la chimie, et qui a retrouvé avec Dynaction son indépendance, PCAS a une bonne culture d'entreprise et une connaissance intime des grands groupes.

En 1994, le chiffre d'affaires réalisé s'est élevé à 334,3 MF (28 % en synthèse pour la pharmacie, 27 % en chimie industrielle, 22 % en pharmacie, 19 % dans la photochimie, et 4 % pour

ses services analytiques). La répartition des ventes par zones géographiques est la suivante : 45 % en France, 34 % en Europe de l'Ouest, 15 % en Amérique du Nord, 5 % en Asie du Sud-Est et autres : 1 %.

L'objectif de PCAS est de réaliser 2/3 de ses ventes hors de France.

PCAS dispose d'un savoir-faire polyvalent et de compétences reconnues en synthèse organique appliquée. Sa stratégie est de se concentrer sur des niches (secteur de marché porteur) et de choisir les leaders pour définir ensemble les produits de demain et d'établir ainsi des partenariats durables.

PCAS possède deux usines en France (Couterne et Bourgoin-Jallieu) et est implantée en Amérique du Nord (Saint-Jean sur Richelieu, Québec).

- **Produits Chimiques Auxiliaires et de Synthèse, 21 de la Vigne aux Loups, 23, rue Bossuet, 91160, Longjumeau.**  
Tél. : (1) 69.09.77.85.  
Fax : (1) 64.48.23.19

La production mondiale de fibres chimiques a augmenté en 1994 de quelque 1,7 Mt (+ 8 %) pour atteindre le niveau de 22,2 Mt. Cette progression, la plus forte depuis dix ans, est due entre autres à la pénurie de laine et de coton, qui a provoqué un enchérissement de ces matériaux.

La production mondiale de fibres chimiques a doublé en vingt ans mais la progression est due aux fibres synthétiques.

Toutes les régions, à l'exception de l'Europe de l'Est, ont contribué à la forte augmentation de 1994 (figure 1). En Europe occidentale, la production, avec plus de 6 %, a dépassé son niveau d'avant la récession. Aux États-Unis, elle a augmenté de 7 %, ce qui est un record absolu. Au Japon, la production n'a guère augmenté par rapport à 1993, ce qui fait que, en dehors de quelques légers écarts, la production y stagne depuis plus de dix ans.

La production «reste du monde» a poursuivi une expansion soutenue, avec des taux de croissance moyens de 11 % par an, et cette part représente maintenant plus de la moitié de la production mondiale (57 %). Les trois plus gros producteurs, Taïwan, Chine et Corée du Sud, en assurent à eux seuls près du tiers (30 %).

La production de synthétiques a progressé de quelque 10 % au niveau mondial. Pour 12 % de hausse pour les fils continus, l'accroissement n'a été que de 7 % pour les fibres discontinues. La plus

## AUGMENTATION DE LA PRODUCTION MONDIALE DES FIBRES CHIMIQUES EN 1994

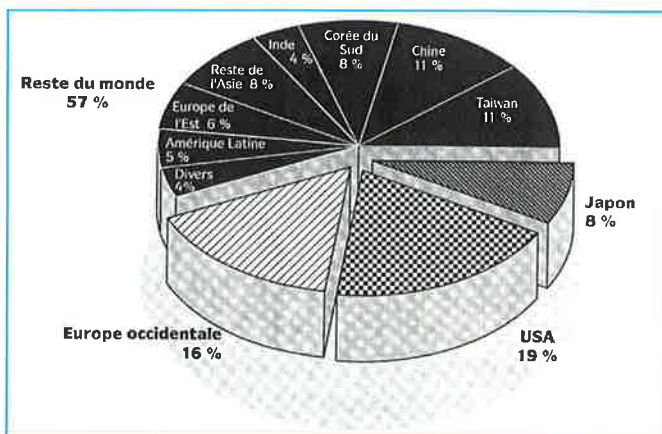


Figure 1 - Répartition mondiale de la production de fibres chimiques en 1994.

forte croissance a été réalisée par les «autres fibres synthétiques» (+ 12 %) et le polyester (+ 11 %) avec, ensuite, les acryliques (+ 9 %) et le polyamide (+ 5 %).

Les productions de fibres cellulosiques ont stagné dans le monde entier. Seule l'Europe occidentale a enregistré une hausse (+ 7 %). Celle-ci fut le fait essentiellement de la forte demande notée en faveur des fibres discontinues de viscose textile.

Source : Akzo Nobel

- Akzo Nobel nv, BP 9300, 6800 SB Arnhem, Pays-Bas. Tél. : +31 (85) 664433. Fax : +31 (85) 663250.

## BILL STAVROPOULOS FUTUR PRÉSIDENT DE DOW CHEMICAL

Franck Popoff, actuel président de la société Dow Chemical, a annoncé la nomination de Bill Stavropoulos aux fonctions de président à compter du 1er novembre prochain.

Bill Stavropoulos occupait jusqu'à présent le poste de directeur général.

M. Popoff restera président du conseil d'administration mais léguera ses responsabilités de président au moment de fêter son soixantième anniversaire, comme il est d'usage chez Dow.

## NOUVELLE FILIALE DE L'ORÉAL AU JAPON

Le groupe L'Oréal et Kose Corp. qui avaient, dès 1963, signé un premier accord de collaboration pour l'exploitation du marché japonais des produits capillaires ont annoncé simultanément à Paris et à Tokyo leur intention de former une nouvelle société appelée Nihon-L'Oréal KK.

Le capital nominal de cette nouvelle société sera d'un milliard de yens réparti à raison de 60 % pour L'Oréal et 40 % pour Kose. Elle entrera en activité au 1er juillet 1996.

# En bref

Nihon-L'Oréal commercialisera tous les produits vendus sous la marque L'Oréal tant chez les professionnels de la coiffure que sur le marché des produits de grande diffusion.

Cet événement illustre les objectifs de L'Oréal, confirmés par son PDG Lindsey Owen-Jones, à savoir :

- élargir le potentiel de croissance (marchés en direct),
- renforcer l'équilibre entre zones géographiques,
- accroître les bases d'investissement dans d'autres pays.

Le chiffre d'affaires consolidé en 1994 s'élève à 47,6 milliards de francs contre 40,2 milliards en 1993.

La progression du chiffre d'affaires consolidé est donc de 18,6 %. A données comparables, c'est-à-dire à structure et taux de change identiques, cette progression est de 8 %.

## LA PÉTROCHIMIE EN FRANCE : UNE EMBELLIE, MAIS PRUDENCE

Le président du Syndicat de la Chimie Organique de Base (SCOB), J.Y. Grosmaître (directeur de la division Pétrochimie

d'Elf Atochem), a annoncé une croissance d'environ 10 % en 1994 pour la chimie organique de base, après plusieurs années difficiles.

Cette pétrochimie représente 12 % du chiffre d'affaires de la chimie organique avec deux grandes familles d'intermédiaires : les oléfines (figure 2) et les aromatiques.

En 1994, à l'image de la pétrochimie européenne, les marges ont été restaurées en fin d'années sur les sites français.

Le deuxième semestre 1994 a vu une augmentation notable de l'ensemble des prix de marché des oléfines et des aromatiques sous l'effet d'une reprise de la demande en Asie et également aux États-Unis.

Sous l'effet de la demande croissante, les outils de production ont été à nouveau saturés et les marges se sont améliorées, bénéficiant au passage d'arrêts conjoncturels de capacités de vapocraqueurs aux États-Unis.

Toutefois, ces marges retrouvées ne doivent pas faire oublier que l'outil français, comme l'outil européen, est structurellement handicapé par rapport à la concurrence américaine et du Sud-Est asiatique :

- coûts difficilement compétitifs (l'éthylène en est l'exemple type),
- peu de nouvelles unités construites dans l'aval (faible demande),
- trop grand nombre de craqueurs,
- alliances industrielles pas assez généralisées.

Les prix très attractifs depuis le début de l'année 1995 vont engendrer rapidement des dégoûtements. Le risque de tels dégoûtements pourrait être un retour brutal des surcapacités qui mettraient en danger notre industrie.

Il convient d'être prudent dans les décisions futures, une vraie rationalisation restant plus que jamais nécessaire dans la pétrochimie française et européenne.

## DOW SIGNE UN ACCORD AVEC BVS POUR PRIVATISER TROIS SITES DE PRODUCTION CHIMIQUE EN ALLEMAGNE

La société Dow Chemical Co a annoncé la signature d'un accord avec le Bundesanstalt für Vereinigungsbedingte Sonderaufgaben (BVS), l'agence ayant succédé au Treuhandanstalt, pour la privatisation de trois sociétés chimiques étatisées.

Dow a donné les grandes lignes de ses plans pour la restructuration des trois sites.

### Installations à moderniser

- L'usine de chlore existante passera du procédé actuel à base de mercure au procédé à membrane.
- L'unité de dichlorure d'éthylène (EDC) et de chlorure de vinyle (VCM) de Buna GmbH sera modernisée avec une augmentation de la capacité globale de VCM qui passera à 330 000 tonnes par an.
- Les installations existantes de production de caoutchouc et de polyéthylène basse densité du site de Leuna seront modernisées.
- Le vapocraqueur de Böhlen

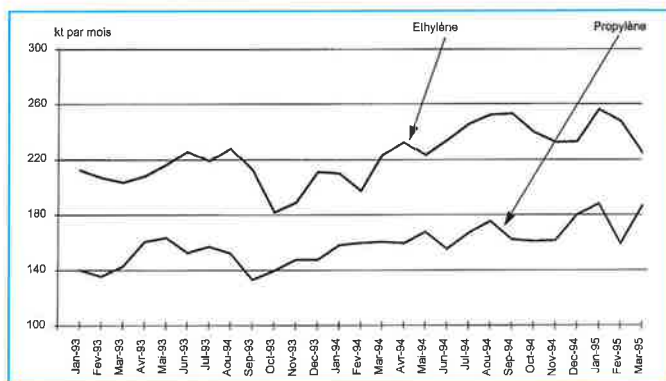


Figure 2 - Evolution (depuis 1993) des productions d'oléfines en France.



qui produit les principales matières premières pour les unités dérivées sur les trois sites sera agrandi pour une meilleure compétitivité. La capacité totale à la fin 1997 sera de 450 000 tonnes par an. La remise à niveau comprendra 4 nouveaux fours de craquage, des analyseurs en ligne et une gestion automatisée de la production.

#### Installations à construire

- Une unité de 210 000 tonnes par an pour la construction de polyéthylène linéaire basse densité Dowlax sur le site de Buna entrera en activité vers la fin 1997.
- une unité d'une capacité de 200 000 tonnes par an de polypropylène sera construite sur le site de Buna et entrera en phase de production au cours du deuxième trimestre de 1998.
- Une unité d'aniline de 130 000 tonnes par an entrera en activité à la fin de 1996.

#### Fermeture d'installations

Dans le cadre de la restructuration des trois sites, plusieurs installations seront fermées et démolies. Les unités d'oxyde de propylène (PO) et d'oxyde d'éthylène de Buna GmbH à Schkopau ne seront plus exploitées après 1997. Ces usines seront fermées en 1997 parallèlement à la mise en route des nouvelles usines afin de mieux gérer l'intégration des flux de matières premières de base.

### DOW ET IDEMITSU CONSTRUISSENT UNE UNITÉ DE PRODUCTION DE POLYSTYRÈNE SYNDIOTACTIQUE

Annoncée conjointement par les sociétés Dow Chemical (Midland, Mich.) et Idemitsu Petrochemical (IPC) Co., Ltd. (Tokyo, Japon), cette unité de production de polystyrène syndiotactique (SPS) sera construite et détenue par la société IPC de Chiba, au Japon. La construction a déjà débuté et le lancement de la production des nouveaux polymères est prévu

## En bref

pour la fin 1996. Les deux sociétés seront impliquées à part égale dans la production de SPS.

Le SPS se différencie totalement des polystyrènes classiques par ses propriétés physiques et sa méthode de fabrication. Il représente la base d'une nouvelle famille de matériaux en polymères cristallins. Synthétisé à partir de styrène monomère par catalyse organométallique, les polymères cristallins SPS possèdent le point de fusion le plus élevé (270 °C) parmi les produits de polymérisation à un seul monomère.

Outre leur point de fusion plus élevé, les matériaux SPS résistent également aux produits chimiques, à l'eau et à la vapeur. Les matériaux SPS ont une stabilité dimensionnelle remarquable, un faible poids volumique comparé à d'autres résines concurrentes, des propriétés électriques exceptionnelles et une bonne rigidité.

Ils offrent de plus une très grande facilité de mise en œuvre dans la plupart des technologies de fabrication de produits thermoplastiques, y compris le moulage par injection et par extrusion. Enfin, étant donné que la vitesse de cristallisation de ces matériaux peut être contrôlée avec précision, les polymères SPS offrent une vaste plage de mise en œuvre.

Selon Dow, il est prévu de commercialiser les polymères SPS à la fois en grades non dilué (neat) et renforcé verre. Ces SPS représenteront un concurrent potentiel des nylons et polyesters renforcés verre, des polymères à cristaux liquides (LPC) et du polyphénylène sulfone (PPS) utilisés dans les applications de films et de moulage par injection. Parmi les applications potentielles, citons :

les films isolants exigeant la transparence, conteneurs pour emballages alimentaires résistant à la chaleur et à l'huile...

- Dow France, BP 110, 21, rue Saint-Denis, 92106 Boulogne Cedex. Tél. : (1) 49.09.78.78. Fax : (1) 49.09.06.19.

### RHÔNE-POULENC AUGMENTE SA CAPACITÉ DE PRODUCTION D'HYDROQUINONE ET DÉRIVÉS

Rhône-Poulenc Intermédiaires Organiques va investir 10 millions de dollars pour augmenter la capacité de production d'hydroquinone et dérivés sur ses deux sites de Saint-Fons (France) et Bâton-Rouge (Louisiane, États-Unis). L'objectif est d'anticiper la croissance à long terme de ces marchés. Ce nouvel investissement permettra d'augmenter la capacité de production de 20 % à la fin de sa réalisation en 1996, avec une première étape fin 1995.

Leader mondial dans la production d'hydroquinone et de ses dérivés, Rhône-Poulenc développe de nouvelles qualités d'hydroquinone et offre une assistance technique à ses clients afin de mieux répondre à leurs besoins spécifiques. Les applications sont en effet multiples : produits photographiques, acide acrylique, MMA, acrylonitrile, acétate de vinyle, acroléine, polymères de haute performance, colorants, produits agrochimiques et anti-oxydants pour caoutchouc.

- Rhône-Poulenc, 25, quai Paul Doumer, 92408 Courbevoie Cedex. Tél. : (1) 47.68.08.47/23.78. Fax : (1) 47.68.14.44.

### NOUVELLE UNITÉ DE MÉTHANOL POUR SABIC

AR-Razi (Saudi Methanol Company), filiale de Sabic (Saudi Basic Industries Corporation), a signé un accord avec la société japonaise Mitsubishi Heavy Industries Ltd. (MHI) pour la construction d'une troisième usine de méthanol à Al-Jubail. D'une capacité annuelle de 850 000 tonnes, cette nouvelle usine va permettre à la société de renforcer sa position de premier producteur mondial de méthanol sur site unique.

AR-Razi III devrait être opérationnelle vers le milieu de 1997. La capacité totale de production de la société passera de 1,3 million de tonnes à près de 2,2 millions de tonnes par an.

Comme pour ses autres usines, AR-Razi utilisera pour son nouveau site la technologie de Mitsubishi Gas Chemical (MGC). La nouvelle usine fera appel au superconvertisseur (SPC) développé conjointement par MGC et MHI.

- Sabic, Saudi Basic Industries Corporation, PO Box 5101, Riyadh 11422 Arabie Saoudite. Tél. : +966 (401) 2033. Fax : +966 (401) 3831.

### LES RÉSINES POLYESTER INSATURÉS A ÉMISSION DE STYRÈNE RÉDUITE DE DSM

DSM Resins, la division Résines du groupe chimique néerlandais DSM, a mis au point une nouvelle gamme de résines - les résines dites Insert (Intrinsic Styrene Emission Reduction Technology) - grâce auxquelles on peut réduire environ de moitié le dégagement de styrène durant la fabrication en moules ouverts de pièces en polyester renforcé. Le développement de ces résines s'inscrit dans la ligne d'une législation nationale et européenne de plus en plus rigoureuse sur les concentrations autorisées dans les ateliers des transformateurs de polyester.

Les résines polyester insaturées sont la matière première de la fabri-

cation de pièces moulées en polyester le plus souvent renforcé de fibre de verre. Quelques exemples d'applications sont les coques de bateaux, les canalisations, les citernes de stockage et les pièces automobiles. En général, seules les techniques en moules ouverts permettent de fabriquer ce type de pièces composites. Le problème est ici l'évaporation du styrène, qui se traduit par une perte de 5 à 7 % de résine. Aussi les transformateurs de polyester ont-ils intensivement recherché des solutions techniques. Ces efforts ont par exemple conduit au développement des résines LSE (Low Styrene Emission), qui ont effectivement permis de réduire le dégagement de styrène, mais n'ont cependant apporté qu'une solution partielle au problème des émissions.

Dans les résines, LES, un additif spécial a pour effet de former en surface une couche de film protectrice qui réduit l'évaporation de styrène durant la phase de durcissement. Cependant, dans la phase d'application (au pulvérisateur ou au rouleau), l'utilisation de résines LES n'apporte pratiquement aucune amélioration, alors que c'est justement durant cette première étape du processus que les émissions sont les plus fortes. Les nouvelles résines Insert offrent au contraire cet avantage. Sans que la transformabilité et les propriétés de la résine en soient affectées, l'émission de styrène lors de l'application et du durcissement est réduite de moitié environ en comparaison avec les résines normales.

DSM Resins a déjà introduit sur le marché les premières résines Insert : par exemple la Synolite 5520, une résine polyester insaturée pour application manuelle ou au pulvérisateur (techniques en moule ouvert). Pour ne pas perdre les avantages spécifiques aux résines, LSE, les résines Insert sont également disponibles en version LSE, qui permet de réduire encore davantage l'émission de styrène dans la phase de durcissement.

DSM Resins, dont le siège social est à Zwolle (Pays-Bas), réalise un chiffre d'affaires de

## En bref

quelque 1,2 milliard de florins et emploie 3 000 personnes. DSM Resins produit et vend des résines pour peintures, revêtements, encres d'imprimerie, adhésifs et plastiques thermodurcissables. La division opère en outre dans le domaine des compounds et moulages thermodurcissables et des revêtements durcissables par radiation pour fibres optiques. DSM Resins exploite des sites de production dans la plupart des pays ouest-européens, aux États-Unis, à Taiwan et au Japon.

- **DSM, PO Box 6500, 6401 JH Heerlen, Pays-Bas. Tél. : +31 (45) 782422. Fax : +31 (45) 740680.**

### LA FIBRE DYNEEMA DE DSM ENCORE PLUS RÉSISTANTE

DSM High Performance Fibers bv (Heerlen), une filiale du groupe DSM, va augmenter sa capacité de production de la fibre Dyneema de 400 t/an. Cette fibre en polyéthylène superrésistante, déjà produite à 600 t/an, sera encore plus résistante avec cette nouvelle ligne de fabrication (une amélioration de 30 % sur la fibre actuelle, et le double de la qualité standard des fibres aramide).

Applications : protection individuelle (casques et gilets pare-balles), blindages légers pour voitures...

Depuis l'introduction de la Dyneema dans ces applications, le poids d'un gilet militaire, par exemple, est passé d'environ 3 kg à un peu plus de 1,5 kg, ce qui permet de le porter comme un vêtement normal. Les gilets traditionnels à base d'aramide offrant la même protection sont 50 % plus lourds.

Les produits Dyneema flottent, sont imputrescibles dans l'eau et

offrent une bonne résistance aux contraintes dynamiques. Des exemples d'applications sont les cordages, câbles et filets de pêche. On utilise en outre la fibre Dyneema dans de nombreux articles de sport tels que lignes de pêche, raquettes de tennis, crosses de hockey, skis, voiles, cordages de yacht, canots et tenues d'escrime.

- **DSM High Performances Fibers, Elsterweg 3, 6422 PN Heerlen, Pays-Bas. Tél. : +31 (45) 436767. Fax : +31 (45) 426538.**

### VALORISATION DES STOCKS DE MATIÈRES PLASTIQUES

A. Schulman, une société de distribution de matières plastiques, vient de créer Ecoplast 2000, une bourse de matières plastiques. Tout transformateur peut communiquer à Ecoplast 2000 ses stocks dormants par l'intermédiaire d'un Ecofax (fiche transmise par Minitel).

Les produits concernés doivent être de premier choix, en sac d'origine, avec certificat de conformité. Ils sont rentrés dans une base de données pouvant être consultée par téléphone. Les prix pratiqués sont inférieurs à 10 % de ceux du marché.

- **Ecoplast 2000, 10-12, rue Andras Beck, 92366 Meudon-La-Forêt Cedex. Tél. : (1) 41.07.75.90/91. Fax : (1) 40.94.94.07.**

### LA GOMME XANTHANE ADM

La société Archer Daniels Midlands, leader mondial dans le domaine de la fermentation et de la transformation des céréales et des

oléagineux, ajoute la gomme xanthane à sa gamme d'ingrédients et de produits chimiques spéciaux.

La gomme xanthane est un ingrédient important dans les secteurs de l'industrie alimentaire, pharmaceutique et des produits d'hygiène. Elle est aussi utilisée dans l'impression des textiles et des tapis, la récupération des huiles et les détergents visqueux. Sa viscosité élevée à des taux de cisaillement faibles en fait un épaississant et un stabilisant parfaits, alors que son degré exceptionnel de pseudo-plasticité favorise l'écoulement des produits pompés et fluides.

ADM propose une gomme xanthane industrielle de 40-mesh et de qualité dispersible.

La société met à disposition de ses clients européens une gamme d'ingrédients et d'additifs dont, entre autres, l'acide citrique, les citrates, les gluconates, l'acide lactique, les lactates et le glutamate de sodium.

- **ADM Food Additives Division, c/o SIO, 62/70 rue Ivan Tourgueneff, 78380 Bougival. Tél. : (1) 39.69.70.70. Fax : (1) 39.18.46.10.**

### DES CD EN GRANULÉS PLEXIGLAS

Un nouveau procédé de métallisation pour la fabrication de disques compacts influe de façon positive non seulement sur les coûts de matières et de fabrication, mais de plus il améliore les propriétés du produit.

Röhm GmbH et la société suédoise AVAC ont mis au point, dès 1991, un procédé de métallisation sous vide qui permet de métalliser des disques laser de 300 mm fabriqués à partir de granulés Plexiglas. Le perfectionnement de ce procédé, auquel participe également une société suisse, permet aujourd'hui d'étendre cette méthode de métallisation, qui convenait au PMMA, à la fabrication de CD en granulés Plexiglas VQ 105 S et VQ 110 S. Il suffit de 2,5 secondes pour doter les

supports de données d'une mince couche d'aluminium hautement réfléchissante.

Les CD en PMMA présentent, par rapport aux CD conventionnels fabriqués en polycarbonate, une dureté de surface nettement supérieure, et donc une résistance aux rayures notablement améliorée. En outre, la biréfringence - source d'erreur potentielle pour la transmission optique du son - est pratiquement exclue. N'oublions pas, enfin, que le petit disque compact doit sa grande qualité au taux de transmission inégalé de 92 %.

- **Hüls France, Division Röhm,**  
49-51, quai de-Dion-Bouton,  
92815 Puteaux Cedex.  
Tél. : (1) 46.93.01.11.  
Fax : (1) 46.93.01.20.

## PSE : ÉVOLUTION POSITIVE

L'année 1994 marque une évolution positive pour le polystyrène expansé (PSE) dans le secteur du bâtiment pour deux raisons principales :

- le logement a connu en 1994 un plus grand nombre de mises en chantier ;
- le polystyrène expansé, utilisé comme isolant, s'applique essentiellement dans le neuf.

Le PSE dans le bâtiment a augmenté en 1994 de : 2 % en volume, 3 % en tonnage (93 kt pour 89 kt en 1993) et 6,4 % en chiffres d'affaires (1,25 milliard de francs pour le bâtiment et 1 milliard pour l'emballage).

Le marché du polystyrène extrudé a baissé lui de 4,5 % par rapport à 1993, en raison d'une faible activité en bâtiment d'élevage.

### Les axes de développement

1) Le PSE et l'acoustique :

Les industriels du PSE ont mis au point un PSE élastifié acoustique. La nouvelle réglementation (NRA) renforce en deux étapes l'isolation acoustique aux bruits d'impacts. Première phase : le 1er janvier 1996, seconde phase : le 1er janvier 1999.

C'est la chape flottante sur PSE



élastifié qui répond le mieux aux exigences de la NRA. C'est l'ouverture du marché des planchers intermédiaires, en logements collectifs ou individuels, non isolés jusqu'à ce jour.

2) Le PSE et l'isolation des toitures :

Le PSE fait son apparition en isolation sur bac acier pour les toitures industrielles : locaux de stockage, locaux commerciaux, chambres froides.

Les PSE employés dans cette application sont classés M1 ; ils ne propagent pas la flamme et sont conformes aux exigences de la protection incendie.

3) La réhabilitation dans les travaux du bâtiment prend une part de plus en plus importante chaque année. En 1995, elle devrait atteindre 53 % du chiffre d'affaires total des travaux du bâtiment.

Pour le PSE, les applications concernées sont les produits :

- de doublage,
- d'isolation par l'extérieur,
- et nouvellement ceux pour la réhabilitation des toitures industrielles.

Le parc des bâtiments industriels est chiffré à 800 millions m<sup>2</sup> en France ; aujourd'hui seuls 2 millions m<sup>2</sup> par an de toitures sont rénovés. La réhabilitation des toitures industrielles représentent donc une axe de développement important pour le PSE dans les années à venir.

## LES PME EUROPÉENNES SE REGROUPENT

Près de 1 300 PME en Europe réunies autour de 170 projets de recherche et d'innovation, soit une moyenne des 8 entreprises par projet : c'est le résultat de la

procédure coopérative (Craft) lancée en décembre 1991, à titre pilote et avec un budget de 67 MEcu, au sein du programme communautaire Technologies Industrielles et Matériaux (Brite-Euram II).

Les projets sélectionnés regroupent des PME de tous les secteurs de l'industrie avec le textile-habillement (15 % des entreprises), le traitement des matériaux (14 %), la chaussure et le cuir (11 %), suivis de l'ingénierie civile (8 %).

Dotée d'un budget de 750 MEcu (soit environ 5 milliards de francs) pour les trois années à venir, la nouvelle procédure «stimulation technologique des PME-PMI» s'étend à l'ensemble du quatrième Programme-Cadre de Recherche et Développement (1994-1998).

Ainsi douze programmes sur quinze en bénéficient : Télématique (42 MEcu), Communications-ACTS (63 MEcu), Information-Esprit IV (229 MEcu), Technologies Industrielles et Matériaux-Brite Euram III (225 MEcu), Normalisation, mesures et essais (15 MEcu), Environnement (15,5 MEcu), Sciences et Technologies marine - Mast III (8 MEcu), Biotechnologie (22,9 MEcu), Biomédecine/Santé - Biomed II (budget non défini), Agriculture et pêche - Fair (60,7 MEcu), Énergies non nucléaires - Joule Thermie (48 MEcu), Transports (12 MEcu).

L'objectif est de permettre à une majorité de PME, pourvues ou non de moyens propres de recherche, de s'insérer dans le dispositif de recherche communautaire et, par là,

d'accéder à de nouvelles avancées technologiques.

L'action de stimulation technologique offre, à des PME/PMI confrontées à un même problème technologique, la possibilité de s'associer autour d'un projet commun, soit en faisant appel à une compétence extérieure (recherche dite coopérative), soit en participant chacune à la réalisation des travaux (recherche dite collaborative).

Dans les deux cas, une première prime «exploratoire», accordée à deux PME sur simple ébauche d'une proposition, vient faciliter les démarches nécessaires à la soumission d'un projet définitif : étude de faisabilité technique et économique, recherche de partenaires supplémentaires. Les projets sélectionnés, dont le coût varie de 2 à 6 MF pour une durée maximale de deux ans, se voient bénéficier d'un financement de 50 % par la Commission.

- **ANRT - Europe,**  
Point Focal National,  
Françoise Girault,  
16 avenue Bugeaud,  
75116 Paris.  
Tél. : (1) 53.70.10.70.



# Chimie et préhistoire : une vieille histoire nouvelle

Philippe Walter\* docteur ès sciences

**C**himie et préhistoire entretiennent depuis plus d'un siècle des relations plus ou moins étroites, souvent issues de coups de cœur de certains chimistes isolés pour l'art ou l'archéologie. Je voudrais dans ce court article souligner certaines relations entre les deux disciplines, d'un point de vue historique dans un premier temps, pour montrer ensuite qu'il existe actuellement de nombreux sujets de convergence entre chimistes et archéologues.

De nombreuses approches de la préhistoire peuvent en effet trouver des moyens d'étude dans la chimie : il est ainsi possible d'utiliser certaines théories thermodynamiques pour aborder les phénomènes d'altération, d'employer certaines transformations chimiques pour dater des objets. Je ne reviendrai pas sur ces travaux souvent bien connus des scientifiques et que seule la finalité «sciences humaines» distingue de ceux qui sont orientés vers les technologies contemporaines. Par exemple, les voies d'étude de l'altération dans le cas des métaux des cuves des centrales nucléaires diffèrent peu de celles nécessaires pour interpréter l'importante corrosion de métaux (cuivreux ou ferreux) développée en quelques millénaires dans des sols archéologiques ; il en est de même pour les vernis des

tableaux anciens vis-à-vis des polymères synthétiques modernes... Je souhaite plutôt montrer un chemin plus spécifique, celui de l'étude de l'objet technique, en l'illustrant de recherches originales permises par des relations transdisciplinaires et qui ont abouti à des informations sur les procédés anciens de synthèse de matériaux.

Tout objet archéologique résulte en effet d'un savoir-faire, d'une technique de fabrication qui mêle des gestes à des processus chimiques et mécaniques ; les procédés de fabrication, les outils et les instruments qui sont mis en œuvre attestent des évolutions technologiques. En préhistoire, l'objet qui nous parvient intègre les données techniques de chaque époque et son étude précise les bases nécessaires à une meilleure compréhension des sociétés, à l'établissement d'une chronologie et à la reconstitution de la vie préhistorique. Des générations d'artisans ont ainsi trouvé, dans la nature, des formes, des motifs, des couleurs et des matériaux ; ils les ont assemblés, transformés et ils ont parfois créé des gammes de nouveaux produits. Déterminer ces matières est alors mieux comprendre une partie de l'histoire de la chimie ; reconnaître certaines recettes contribue également à retrouver les bases d'une discipline qui deviendra la chimie industrielle.

Je ne chercherai pas à montrer toutes les possibilités de recherche ; je m'intéresserai seulement à quelques exemples traitant de deux périodes-clés : 1 - les débuts de la métallurgie et les techniques employées pour préparer et fondre du cuivre ; 2 - les premières activités artistiques qui ont conduit l'homme à l'élaboration de peintures souvent sophistiquées, parfois proches de certaines de nos peintures actuelles.

## La découverte des trois âges et, en particulier, l'âge du métal

### Les débuts d'une discipline

Dès le début du XIXe siècle, certains archéologues, en particulier scandinaves, ont cherché à comprendre la chronologie des périodes antiques à partir des matières employées. Vers 1820, Christian J. Thomsen créa ainsi, pour classer ses collections du musée de Copenhague, le système "des trois âges" (âge de la pierre, âge du bronze ou du cuivre et âge du fer) qui est le fondement des études archéologiques modernes.

En fait, la naissance de la préhistoire remonte en France au milieu du XIXe siècle : elle est datée traditionnellement de 1859, lorsque Jacques Boucher de Perthes vit ses travaux reconnus par la communauté scientifique internationale et que fut admise la très haute antiquité de l'homme. Une discipline se crée alors avec des institutions nouvelles (le musée des antiquités nationales de Saint-Germain-en-Laye, la revue spécialisée *L'Anthropologie*, l'École d'anthropologie, etc.) et une communauté de savants très particulière, associant essentiellement des amateurs, des géologues et des paléontologues.

Les chimistes ne trouvèrent alors pas de grandes motivations pour travailler dans cette discipline de naturalistes qui cherchaient avant tout à collecter des silex et des ossements, parfois des œuvres d'art, et à créer grâce aux stratigraphies des systèmes chronologiques. Pourtant, très tôt, quelques-uns d'entre eux effectuèrent des travaux en marge de ces recherches. Je voudrais maintenant

\* Laboratoire de recherche des musées de France, EP 97 du CNRS, 6, rue des Pyramides, 75041 Paris Cedex 01.  
Tél. : (1) 40.20.59.89. Fax : (1) 47.03.32.46.

illustrer ce propos par certaines études sur les débuts de la métallurgie.

### **Marcelin Berthelot et les premières métallurgies**

Fasciné par l'histoire des sciences et tout particulièrement par l'histoire de la chimie, il n'est pas surprenant de trouver chez Marcelin Berthelot (1827-1907) certains des premiers travaux sur les techniques antiques. Berthelot étudia les origines de la chimie et de l'alchimie, déchiffra d'anciens documents de toutes langues, analysa des produits découverts par les archéologues. Cet intérêt pour l'archéologie provient en fait du séjour en Égypte qu'il effectua en novembre 1869 lors du voyage officiel conduit par l'Impératrice Eugénie à l'occasion de l'inauguration du canal de Suez (figure 1). En compagnie de nombreux artistes et scientifiques tels que Balard, Jamin et Wurtz, la croisière qu'il effectua sur le Nil lui révéla l'importance des connaissances de chimie industrielle que possédaient déjà les bâtisseurs pharaoniques et cet étonnant constat fut au départ de ses ouvrages *Les origines de*

*l'alchimie* (1885), *Introduction à la chimie des anciens* (1889), *La chimie au Moyen Age* (1893).

Ce n'était en fait pas la première fois que la révélation des techniques de l'Égypte antique était apparue à des scientifiques lors d'un voyage en Égypte. La très célèbre mission scientifique de Bonaparte, en 1798, avait déjà conduit d'autres chercheurs sur cette piste. Pour la chimie, citons par exemple Claude Louis Berthollet (1748-1822) qui consacra certains travaux à des *Observations sur le natron*, travail débuté en Égypte et terminé au laboratoire à Paris par l'explication de la décomposition des sels, acides et bases dans son ouvrage *Essais de statistiques chimiques* (1803).

Berthelot analysa de nombreux objets métalliques d'Égypte ou de Perse découverts en particulier par l'ingénieur des mines Jacques de Morgan, devenu archéologue. Citons, par exemple, le cas d'objets découverts dans les ruines de la ville sumérienne Lagash (actuelle Tello), qui furent caractérisés comme étant constitués de cuivre pur ou de cuivre allié à l'arsenic : une figurine votive

portant le nom du roi Goudéa (vers 2100 avant J.C.) fut fabriquée avec du cuivre pur ; un fragment de vase était en antimoine pur... Ces travaux faisaient suite aux toutes premières analyses métallurgiques effectuées par le chimiste allemand Martin Heinrich Klaproth vers 1810. Ils permirent de comprendre qu'il existait un âge du cuivre pur avant l'âge du bronze et donc que les analyses chimiques pouvaient aider à organiser chronologiquement certaines découvertes.

D'autres travaux archéologiques importants de Berthelot concernent la métallurgie antique du Sinaï (à Wadi Magharah). Des mines de cuivre et de turquoise avaient été découvertes à la fin du XIXe siècle : elles avaient été exploitées de la fin du néolithique à la fin de l'époque des Ramessides. Les habitations des mineurs et des fondeurs furent mises à jour aux côtés de galeries considérables. Berthelot chercha à déterminer les procédés mis en usage pour la réduction et l'alliage des métaux. Son examen des scories, des laitiers, des débris de fours, des fragments de creusets et

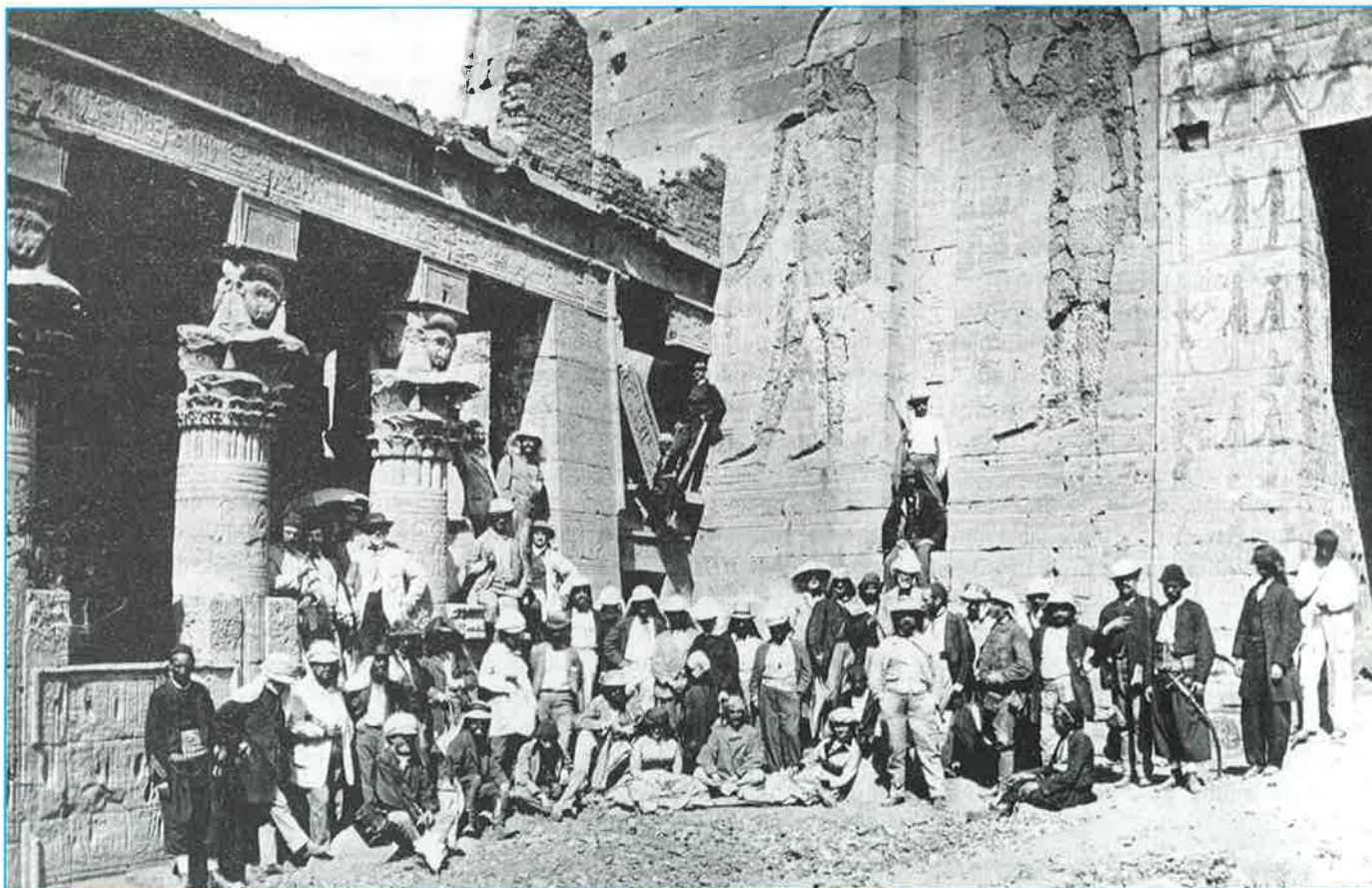


Figure 1 - M. Berthelot devant le Khédivé, sur l'île de Philae, parmi les artistes et scientifiques lors du voyage en Égypte pour l'inauguration du canal de Suez (octobre-novembre 1869). Photo G. Braun (Égypte n°75) (archives départementales du Haut-Rhin 6 Fl, propriété du Musée d'Unterlinden, reproduction Christian Kempf).



d'outils de mineurs lui permit d'affirmer que «l'extraction du métal s'opérait par les méthodes qu'a suivies la métallurgie du cuivre depuis l'Antiquité jusqu'à ces derniers temps, c'est-à-dire par l'emploi du bois comme réducteur, combiné avec celui de fondants siliceux, ferrugineux et calcaires» (Berthelot, 1896).

### Comprendre les activités des premiers métallurgistes

Les traces d'artisanat métallurgique concernant l'élaboration du bronze sont peu fréquentes dans la préhistoire européenne du II<sup>e</sup> millénaire avant J.C. et les vestiges caractéristiques observés lors des fouilles sont rarement décrits et étudiés. Les importants ateliers de bronziers installés durant l'âge du bronze sur l'éperon fortifié du Fort-Harrouard (commune de Sorel-Moussel, Eure-et-Loir) constituent un ensemble exceptionnel qui a fait l'objet de nombreuses fouilles et de plusieurs recherches de laboratoire.

Le Fort-Harrouard présente les vestiges de nombreux ateliers : du bronze y fut fondu dans des moules afin de mettre en forme des objets bruts de coulée, des lingots, des ébauches ou des fabricats. Situés en pays calcaire, à la frontière du Bassin parisien et de la Normandie, relativement loin de toute les sources de minerais de cuivre, de plomb ou d'étain, ces ateliers d'élaboration méritent une attention particulière afin de mieux comprendre les enjeux économiques pendant la période de l'âge du bronze. Les études des outils des bronziers et des compositions élémentaires et isotopiques des métaux montrent que la métallurgie a été l'une des principales activités artisanales dès le Bronze moyen (Philippe, 1935 ; Mohen, Bailloud, 1987) et que le cuivre a essentiellement été importé du Nord-Ouest de l'Europe (Collin, 1990).

L'examen des vitrifications présentes à l'intérieur des creusets a également permis de montrer que l'élaboration de l'alliage bronze a été effectuée avec des métaux initiaux cuivre-étain-plomb séparés (Walter, 1990) : les analyses au MEB de ces vestiges et de ces scories ont indiqué la présence conjointe de nodules de bronze, de cuivre et d'oxyde d'étain (ce métal, plus oxydable que le cuivre, se présentant sous la forme de cristaux

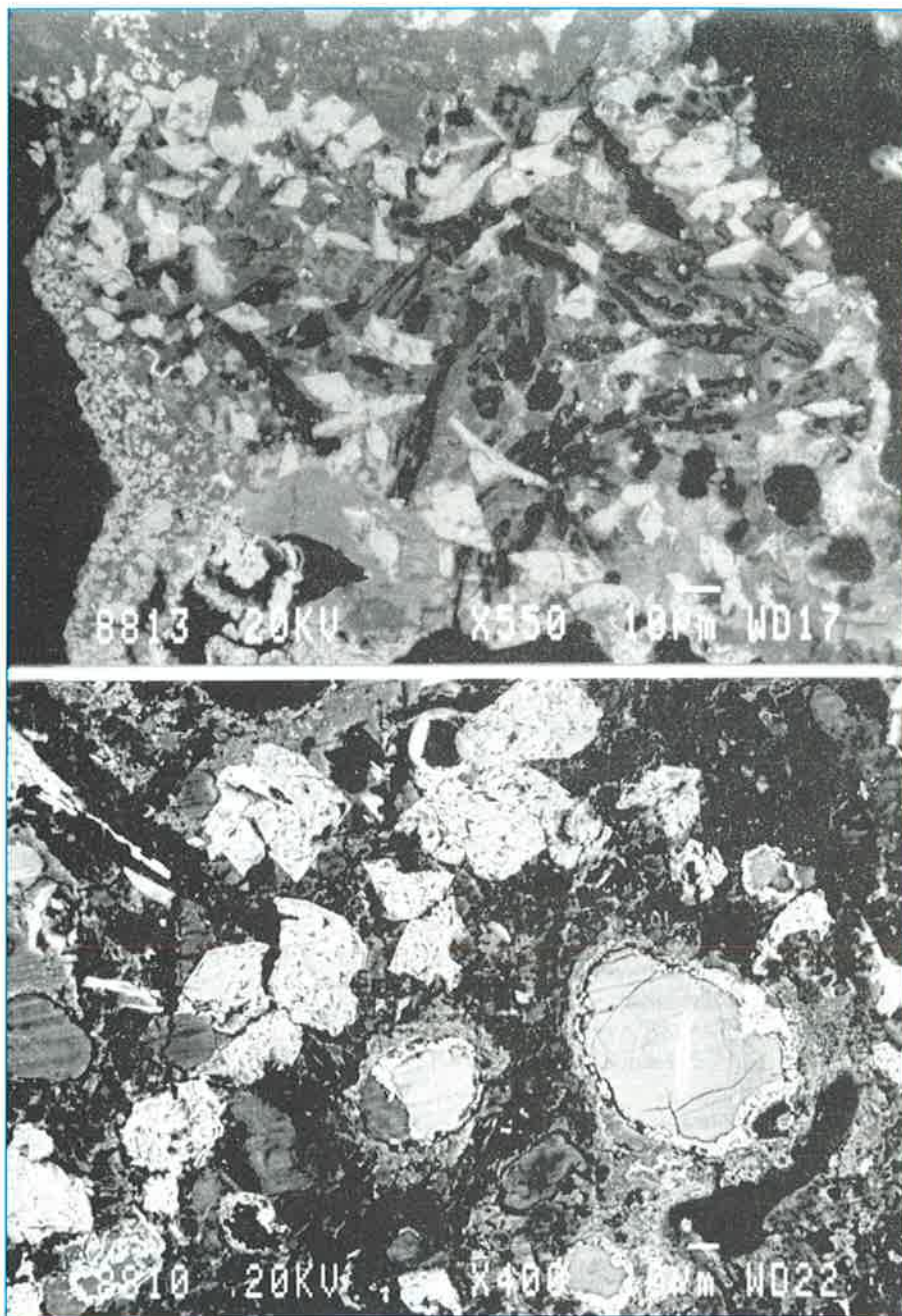


Figure 2 - Creuset du Fort-Harrouard (vers 1000 avant J.C.) : microstructures métalliques contenues dans la couche vitrifiée du creuset (photographies MEB - électrons rétrodiffusés) ; en haut : nodules d'étain pris dans les vitrifications ; en bas : structures complexes de bronze, d'étain et de cuivre.

aciculaires) (figure 2). Dans certains cas, l'importante concentration en phosphore nous a indiqué que ces métallurgistes pouvaient avoir remarqué l'intérêt de la présence de cet élément permettant de limiter l'oxydation du métal et donc, d'obtenir plus rapidement un bronze fondu homogène. S'agissait-il d'une invention réfléchie ou du hasard ? Aucune trace de charbon de bois n'a été trouvée. D'autre part, des études palynologiques ont permis de démontrer la disparition des forêts à la fin de l'âge du bronze autour du site. Les métallurgistes ont donc dû rechercher un combustible

particulier. L'observation microscopique du sédiment des ateliers a indiqué la présence de très nombreux phytolithes agglomérés entre eux par fusion. Il s'agit en fait de petits grains de silice amorphe qui constituent le squelette de beaucoup d'herbacées et de céréales. Nous pensons qu'ils proviennent de bouses de vache employées comme combustible ; riches en phosphates, elles pouvaient également jouer un rôle important comme désoxydant du métal.

Les matières premières ont été importées sous forme de lingots métalliques ou peut-être de minerais dans le cas de



## La grotte des Eyzies et la Société Française de Chimie

L'article de Ph. Walter détaille l'histoire de la «Grotte de la Laugerie Basse» aux Eyzies. Il montre comment, grâce à Achille Le Bel, ancien président de la Société Chimique de France, savant curieux et désintéressé, cette grotte entra, à sa mort, dans notre patrimoine par le biais d'un legs très généreux dont la SFC tire encore une partie de ses moyens - legs qui ne se limitait pas à la grotte et aux collections préhistoriques qu'elle contenait.

La gestion de la grotte par la Société Chimique de France d'abord puis par la Société Française de Chimie, qui prit sa suite après la fusion avec la Société de Chimie physique en 1985, s'était poursuivie grâce à l'intervention sur place d'un amateur éclairé de préhistoire, le docteur Jacques Leclerc, possesseur d'une grotte voisine (la «Grotte d'Enfer») et époux d'une petite fille de J. Maury, collaborateur et codécouvreur du site des Eyzies.

Cette gestion d'un site archéologique situé aux Eyzies à côté d'autres sites, certains beaucoup plus importants, n'était ni simple ni rentable, la SFC n'ayant pas la possibilité de faire évoluer une situation qui devenait difficile.

J'ai donc, en accord avec le Conseil d'administration et l'Assemblée générale, été amené à rechercher une solution conforme aux volontés d'Achille Le Bel et qui préservait l'existence de l'ensemble archéologique tout en permettant son épanouissement.

C'est dans cet esprit, qu'après environ deux ans d'études, la vente du site a été réalisée en 1992 au bénéfice de la famille Molteni, descendants de J. Maury et exploitants d'une autre grotte également située aux Eyzies, la collection proprement dite, après inventaire détaillé et évaluation, fut cédée en 1993 au Musée National de la Préhistoire qui exploite, aux Eyzies, le site archéologique national.

C'est une page de l'histoire de notre compagnie qui est ainsi tournée tout en respectant l'œuvre d'Achille Le Bel et en valorisant les intérêts de notre société.

J.-B. Donnet

ancien président de la SFC

l'étain (cassitérite  $\text{SnO}_2$ ), à partir de lieux d'extraction situés à plusieurs centaines de kilomètres de distance. Fort-Harrouard jouait un rôle privilégié de centre économique nécessitant autour de lui un vaste réseau d'échange interrégional dans lequel chaque communauté importe et exporte des matières premières et des produits finis. L'artisanat métallurgique devait alors jouer un rôle économique tout à fait particulier, créateur de plus-value en vue d'échanges réalisés soit de proche en proche, soit par de lointaines et peut-être périodiques expéditions.

Ces recherches permettent ainsi de retrouver toutes les étapes de la métallurgie du bronze protohistorique dans son contexte technique, économique et sociologique. Parmi elles, la reconnaissance d'un modèle très particulier de vase montre l'invention à la fin de l'âge du bronze (vers 800 avant J.C.) d'un système qui allie le creuset à son four. Portatif, rapide à employer, ce système ne supplanta pourtant pas les techniques plus anciennes qui mettent en œuvre un petit creuset en coupelle. Cette découverte nous incite à réfléchir sur la valeur et les motivations de telles inventions techniques dans le cadre précis de la métallurgie (Mohen, Walter, 1994). L'étude plus précise des phénomènes thermodynamiques mis en jeu permettrait parfois de mieux comprendre l'évolution de ces techniques qui pour une grande part perdurent de nos jours.

## L'analyse des premières œuvres d'art peintes

La reconnaissance progressive de l'art des grottes comme datant de la préhistoire s'est déroulée à la fin du XIXe siècle. De cette époque datent les premières études sur la chimie de ces peintures. Comme précédemment, je vais commenter les premiers travaux de chimistes sur l'art préhistorique pour montrer l'importance de la chimie analytique actuelle pour redécouvrir les premières recettes de fabrication de matières picturales.

### Moissan, Le Bel et l'art des grottes

Ainsi, dès 1902, les découvertes en Périgord font entreprendre les premières analyses en laboratoire. Henri Moissan

(1852-1907), bientôt prix Nobel de chimie pour sa caractérisation du fluor, effectue l'analyse chimique de prélèvements effectués à Font-de-Gaume à la demande des préhistoriens Capitan et Breuil : la matière à examiner a été obtenue par un raclage de la pierre, en choisissant autant que possible des échantillons d'une teinte uniforme. *«L'une de ces poudres était de couleur foncée, d'un noir tirant sur le marron ; l'autre d'un rouge ocreux assez vif. Toutes les deux étaient insolubles dans l'eau et ne renfermaient aucune matière organique. Examinées au microscope, ces poussières étaient formées d'un grand nombre de parcelles de carbonate de chaux plus ou moins transparentes, dont la plupart possédaient un côté teint en noir ou en rouge. Avec un fort grossissement, on voyait nettement que la matière colorante était formée par l'agglomération de parcelles très petites, fortement colorées, mélangées à quelques grains brillants. Ces derniers, séparés par l'acide chlorhydrique, présentaient tous les caractères de la silice. La poudre ocreuse était formée de sesquioxyde de fer contenant une très petite quantité d'oxyde de manganèse. La poudre noire est un oxyde de manganèse impur, contenant du sesquioxyde de fer»* (Moissan 1902).

Un autre préhistorien, Émile Rivière contacte, en 1903, le chimiste pour analyser quelques échantillons prélevés sur des figures de la grotte de La Mouthe. Moissan (1903) utilise le même procédé et aboutit à des observations semblables, mais il remarque que la matière semble, dans ce cas, avoir été préparée avec beaucoup moins de soin : les grains de pigment sont plus irréguliers, mélangés avec beaucoup de grains brillants et transparents de silice.

Ces déterminations n'eurent que peu de suites et ne furent pas prises en compte par les préhistoriens. Peu d'autres tests furent tentés, mais on s'empressa de généraliser : le rouge est un oxyde de fer ; le noir est un oxyde de manganèse.

Je voudrais également signaler le rôle particulier d'Achille Le Bel (1847-1930). Ce chimiste fut préparateur de Charles Wurtz avant de monter son propre laboratoire privé avec sa fortune personnelle, héritée de l'exploitation pétrolière à Pechelbronn, en Alsace.



Figure 3 - Grotte de Niaux : peinture de bison, Salon Noir, vers 10500 avant J.C. (photo © LRMF, Vigears).

Comme on le sait, il introduisit la notion de carbone tétraédrique et avança une théorie sur l'asymétrie du carbone dans les composés optiquement actifs.

Son attrait pour la préhistoire est lié au site de Laugerie-Basse, situé aux Eyzies de Tayac en Dordogne. Ce site est constitué de deux grandes voûtes formant abri sur plusieurs centaines de mètres de long, vingt de profondeur et environ quinze de hauteur. De nombreux archéologues y effectuèrent des fouilles et récoltèrent quantités d'objets, en particulier des œuvres d'art. En 1907, l'antiquaire suisse-allemand Otto Hauser loua Laugerie-Basse pour trois années, effectua des fouilles dont le produit fut envoyé en Allemagne. L'archéologue local J. Maury apprit, en 1912, que les abris allaient être vendus ou loués au marchand et que tout le matériel archéologique allait quitter la France. Il signala ce danger à la Société Préhistorique Française qui mit au courant Le Bel. Le chimiste loua alors la propriété, avec promesse de vente, l'acheta et fit reprendre des fouilles entre 1912 et vers 1920, essen-

tiellement dans l'abri de «Marseilles». Un abondant matériel fut découvert, avec plusieurs œuvres d'art gravées sur des os, parfois rehaussées de couleur.

*«Pour la science, M. Le Bel a décidé que la partie du gisement restant intact serait conservée pour les générations futures ; de même que la coupe qui témoigne si heureusement du passage des hommes depuis les temps paléolithiques jusqu'à nos jours. Un musée situé entre les deux grands abris a été édifié et il expose le produit des fouilles classé et conservé par nous»* (Maury, 1934). A la mort de Le Bel (août 1929), le site et ses collections furent donnés à la Société Chimique de France (cf. encadré) ; ce patrimoine archéologique vient d'être cédé au Musée National de la Préhistoire.

Le Bel s'intéressa plus largement à la préhistoire et il effectua en particulier des recherches concernant l'effet des périodes glaciaires sur le paysage et joua un important rôle associatif dans la Société Préhistorique Française, dont il fut président à deux reprises puis président d'honneur.

### Découvrir les usages de la couleur durant la préhistoire

Il apparaît qu'à partir du paléolithique moyen, il y a environ 100 000 ans, l'homme a porté à la couleur un intérêt certain. Les premiers témoignages observés ressortissent au domaine funéraire, le mort ayant été déposé avec quelques débris de matières colorantes rouges. Dès 35 000 ans, au début du paléolithique supérieur, l'usage de la couleur se développe largement, se retrouvant dans l'art pariétal bien évidemment, mais aussi dans les habitats, lié à l'art mobilier, à la parure... Il est alors important d'étudier la couleur dans les arts et les techniques durant la préhistoire, en recherchant les manifestations où l'usage de matières colorantes a été utile que ce soit d'un point de vue culturel, technique ou esthétique. C'est aussi inventorier les jeux liés à la couleur sur le décor et les matières, que ce soit dans les arts du corps (parure et cosmétique au sens large), dans l'ornementation des objets usuels mobiliers et immobiliers et, enfin, dans la sculpture, l'architecture, la peinture.

L'analyse de minuscules prélèvements de peinture offre des informations importantes sur les techniques des artistes et, parfois, sur les étapes de réalisation des œuvres. Du point de vue technique, la recherche sur ce sujet consiste à déterminer, à partir d'observations au microscope électronique à balayage et d'analyses élémentaires, la nature des colorants, leurs provenances et leurs mises en œuvre (broyage, mélanges...) ; d'un point de vue artistique, il s'agit d'observer in situ, à l'aide de macrophotographies, les modes de dépôt et les relations entre la peinture et le dessin qui précède la répartition des tons sur les différents champs à décorer.

Par exemple, la recherche sur les peintures préhistoriques de l'Ariège a montré des évolutions techniques à la fin du paléolithique supérieur, il y a 12 à 15 000 ans, et la réalisation, dès cette époque, d'une véritable peinture à l'huile ; elle a montré également toutes les potentialités de ces études dans les domaines archéologiques : définition d'ateliers de peintres, liaison entre certains de ces ateliers et les sanctuaires décorés. L'étude de la partie minérale de minuscules prélèvements de peinture



permet de montrer que les couleurs étaient obtenues par le mélange de pigments (oxydes de fer, de manganèse ou charbon de bois) avec un minéral présent en grande quantité qui joue le rôle de charge, matériau neutre qui assure une meilleure cohésion de la matière et un pouvoir couvrant supérieur. Deux types de charges sont observés et apportent des critères chronologiques liés à de véritables écoles d'art. Ceci nous oblige à reconsidérer l'approche et l'interprétation de grands sanctuaires tels que celui de Niaux (figure 3) : le Salon Noir, vaste salle aux parois décorées, est l'aboutissement d'une conception longuement pensée et très élaborée avec, en particulier, un dessin préparatoire avant le dépôt de la peinture. Dans les cas où la paroi n'est pas polluée, l'analyse de la matière organique a montré la présence d'un liant, huile d'origine animale ou végétale suivant les cas. Des observations minutieuses directement sur les parois ornées ont fourni des arguments pour déterminer les différents modes de dépôts et les façons de peindre des artistes magdaléniens.

Cette volonté très ancienne d'élaborer des peintures complexes doit maintenant conduire à des recherches sur les propriétés physiques de tels matériaux : ces recettes n'étaient-elles pas les seules solutions pour pouvoir appliquer sur la paroi calcaire et humide d'une grotte une peinture durable ? Ne sommes-nous pas ici proche d'une technologie comparable à celle développée pour la peinture en bâtiment ou pour la peinture artistique actuelle ? De nombreux enseignements peuvent être tirés de ces procédés antiques et l'étude des phénomènes chimiques mis en œuvre dans des peintures doit contribuer à améliorer nos connaissances sur les pigments et les conditions de conservation d'un film peint sur des supports variés.

## Conclusion

Les exemples que je viens de développer montrent l'efficacité de la chimie appliquée à l'archéologie, et le nouveau rôle important qu'elle peut jouer dans cette discipline, en particulier en fournissant des résultats objectifs et reproduc-

tibles qui valident des connaissances durables. Au-delà de la détermination des systèmes techniques des sociétés anciennes, les conclusions obtenues contribuent directement à la théorie archéologique : par exemple, les matières picturales utilisées par les artistes paléolithiques témoignent de connaissances importantes des magdaléniens dans le domaine des minéraux, et de relations encore peu étudiées entre l'homme et son environnement minéral.

Enfin, d'un autre point de vue, il est possible de considérer que certaines recettes antiques peuvent conduire à des procédés techniques d'aujourd'hui : l'homme a ajouté aux produits naturels toute une gamme de produits nouveaux ; l'industrie y puise encore actuellement les matières de base pour ses assemblages complexes et ses produits de synthèse. L'archéologie n'est pas qu'une affaire de sciences humaines visant à connaître l'évolution des sociétés. Elle contribue aussi à mieux comprendre l'histoire de la chimie.

**Remerciements** : Je tiens à remercier la Société Française de Chimie qui m'a remis le prix de la division de chimie physique fin septembre 1994 à Lyon. J'espère que cet article démontrera aux membres de la SFC l'important rôle que la chimie peut jouer dans le domaine de l'archéologie.

### Pour en savoir plus

- Berthelot M., *Les origines de l'alchimie*, 1985.
- Berthelot M., *La chimie au Moyen-Age*, 1893.
- Berthelot M., Sur les mines de cuivre du Sinaï, *C. R. Acad. Sc.*, 19 août 1896.
- Berthelot M., *Introduction à la chimie des anciens*, 1889.
- Berthollet C.L., *Observations sur le natron*, 1802.
- Berthollet C.L., *Essais de statistiques chimiques*, 1803.
- Clottes J., Menu M., Walter Ph., La préparation des peintures magdaléniennes des cavernes ariégeoises. *Bull. Soc. Préh. Fr.*, 1990, 87/6, p.170-192.
- Collin V., Hurtel L.P., Mohen J.P., Pernod M., Turpin L., Étude du plomb dans les objets archéologiques. *Actes du Congrès Préhistorique de France*, Paris, nov. 1989, à paraître.

Maury J., *Les fouilles de Monsieur J.-A. Le Bel.*, Le Mans, imprimerie Monnoyer, 1934, 24 p.

Menu M., Walter Ph., Vigears D., Clottes J., Façons de peindre au Magdalénien, *Bull. Soc. Préh. Fr.*, 1993, 90, p. 426-432

Mohen J.P., Bailloud G., La vie quotidienne, les fouilles du Fort-Harroard, *L'âge du Bronze en France*, 4, Ed. Picard, Paris., 1987, 242 p.

Mohen J.P., Walter P., Le four creuset : une invention inédite de l'Age du bronze européen, *Techné*, 1994, 1, p. 103-110.

Moissan H., Sur les matières colorantes des figures de la grotte de Font-de-Gaume, *Comptes rendus à l'Académie des Sciences*, 1902, n° 134, p. 1539-1540.

Moissan H., Sur une matière colorée de la grotte de la Mouthe, *C. R. Acad. Sc.*, 1903, n° 136, p. 144-146.

Philippe J., Les fondeurs de bronze au Fort-Harroard, *L'Anthropologie*, 1935, t. 45, p. 15-31.

Walter P., L'élaboration des alliages cuivreux à l'âge du bronze, *Antiquités Nationales*, 1989, 21, p. 15-21.



# Chimie et électricité au début du XIXe siècle

Myriam Scheidecker-Chevallier\* maître de conférences

**A**vant la découverte de l'électricité galvanique et l'invention de la pile de Volta (1800), on ne s'était pas aperçu des liens qui pouvaient exister entre les transformations chimiques et la production d'électricité. Si les appareils électriques du XVIIIe siècle purement électrostatiques étaient le siège de tensions considérables, les quantités d'électricité, en revanche, étaient faibles, et n'auraient pas permis, en admettant qu'on s'en préoccupât, de transformer des quantités de matière décelables.

Selon les historiens des sciences, l'«électrochimie» - le mot ne verra le jour que vers 1860 : «*science qui traite des rapports entre les affinités et les forces électriques*» - a débuté pendant la première décennie du XIXe siècle avec les travaux de Galvani, Volta, Ritter, Davy, Berzelius, Hisinger, Grotthus, Nicholson et Carlisle...

Nous nous proposons de montrer comment l'électricité galvanique produite par la pile de Volta a donné l'occasion à quelques chimistes et physiciens de cette époque d'essayer de relier les deux aspects fondamentaux de la chimie, la constitution de la matière d'une part, et la prévision des réactions d'autre part.

Quant on sait le rôle de l'analyse dans les sciences du XVIIIe et du début du XIXe siècles, la pile, instrument capable d'analyser les corps, ne pouvait manquer d'intéresser les chimistes au plus haut point.

H. Davy (1778-1829) et C. Oersted (1777-1851) qui ont une vision dynamiste de la constitution intime de la matière [1] vont envisager l'électricité en privilégiant les forces par rapport à la matière, tandis que J. Berzelius (1779-1848) et A.M. Ampère (1775-1836), qui privilégient l'un et l'autre la substance par rapport aux forces tentent d'expliquer l'électricité et le rôle qu'elle joue en chimie en proposant une vision atomistique plus détaillée de la constitution intime de la matière.

## Approche dynamiste de l'électrochimie : H. Davy et C. Oersted

H. Davy (*figure 1*) nommé professeur de chimie à la «Royal Institution» de Londres, en 1801, entreprit sur les actions de la pile galvanique des recherches qui lui valurent sa renommée.

Pour lui, tous les corps chimiques sont vraisemblablement constitués d'une même matière homogène. Les qualités différentes qu'ils présentent proviennent d'états électriques différents, états qui dépendent eux-mêmes d'arrangements différents de leurs particules. Par exemple : «*l'ammonium pourrait être un corps simple qui, combiné avec des quantités différentes d'eau et dans différents états électriques formerait l'azote, l'ammoniac, l'air atmosphérique, l'oxyde nitreux, l'acide nitrique*». Ainsi donc, pour



Figure 1 - Sir Humphry Davy (1778-1829). Connu pour sa lampe de sûreté dont il a doté les mineurs, ce chimiste anglais est également connu pour ses travaux en électrochimie et, surtout, par sa découverte du potassium, du sodium, du baryum, du strontium, du calcium et du magnésium.

Davy une même matière peut prendre différentes «formes chimiques» ou différentes «formes électriques», ces deux états étant étroitement corrélés entre eux.

Le point de départ des spéculations de Davy est le fait bien établi de la production de chaleur et de lumière aussi bien dans l'action électrique que dans l'action chimique.

Qui plus est, sa représentation de la constitution intime de la matière lui permet d'envisager des forces électriques pour expliquer l'affinité chimique, d'autant que la tentative de Berthollet, en 1803, de rendre compte du lien chimique à partir des seules forces mécaniques newtoniennes entre particules, se révéla infructueuse.

\* Histoire des sciences, Laboratoire de chimie organique du fluor, Université de Nice-Sophia-Antipolis, BP n° 71, 06108 Nice Cedex 2.  
Tél. : 92.09.93.84. Fax : 93.52.99.19.

En 1801, il s'intéresse tout de suite à l'étonnante découverte de Carlisle et Nicholson sur la décomposition électrolytique de l'eau en ses éléments. Ils observent que le fluide électrique est capable de séparer les éléments réunis par l'affinité.

Pour H. Davy, il n'est pas nécessaire de faire l'hypothèse d'un fluide électrique substantiel, l'électricité «serait la manifestation de pouvoirs attractifs» qui peuvent détruire les combinaisons chimiques même les plus fortes.

De plus, l'affinité chimique que les corps ont naturellement les uns pour les autres se trouve modifiée lorsqu'on fait agir l'électricité sur eux : «Ainsi le zinc, un des métaux les plus oxydables, est incapable de se combiner avec l'oxygène quand il est électrisé négativement dans le circuit, même par un faible pouvoir ; l'argent, un des moins oxydables, s'unit facilement à lui quand il est électrisé positivement ; et l'on peut dire la même chose pour les autres métaux.».

Il constate que les substances qui manifestent une forte affinité l'une pour l'autre ont des états naturels d'électricité opposés. Il est un fait notoire que des corps d'un volume fini, chargés d'électricité contraires, s'attirent violemment et, chargés de même électricité, se repoussent ; l'action électrique s'exerce sur les masses. Si les particules ultimes des corps qui s'attirent électriquement sont mobiles, une action chimique peut avoir lieu, cette fois-ci au niveau moléculaire ; et c'est là un point important, la mobilité entraîne un réarrangement, et pour Davy qui dit réarrangement dit aussi changement dans les qualités sensibles et donc émergence d'une combinaison chimique, selon sa conception unitaire de la constitution intime de la matière. «Des effets électriques sont produits par les mêmes corps agissant comme masses, qui agissant par leurs particules, produisent des phénomènes chimiques. C'est pourquoi il n'est pas improbable que la cause primaire des deux effets soit la même».

H. Davy attribue donc aux attractions électriques et chimiques une cause primaire identique qu'il n'est pas en mesure d'interpréter, mais qui lui laisse caresser l'espoir de pouvoir mesurer, grâce à la pile, les affinités chimiques des corps.

En 1812, l'année même où Davy publiait ses «*Éléments de philosophie chimique*» Oersted fit paraître à Berlin un ouvrage, aussitôt traduit en français : «*Recherche sur l'identité des forces chimiques et électriques*». Dans cet ouvrage, Oersted s'inspire explicitement de la philosophie de Schelling et Ritter désignée par «*Natürphilosophie*» qui se développe en Allemagne. Selon cette philosophie, la matière est le résultat de la tendance en sens opposé de deux forces dont l'une est contractive et l'autre expansive, et dont la première si elle parvenait à subjuguier l'autre totalement réduirait la matière de l'univers à un point mathématique. «*La manière dont ces deux forces sont disposées, et l'état de cohésion et de conductibilité qui en provient, ainsi que le degré de prépondérance d'une des forces sur l'autre, forment les principales différences qui existent entre les corps. La quantité de la force prépondérante est toujours très petite, en comparaison de celles qui sont en équilibre dans les corps*».

Ainsi, pour Oersted, tous les phénomènes issus de l'électricité, du magnétisme, de la chaleur, de la chimie sont dus à «*un trouble de l'équilibre des forces naturelles dans les corps*».

Mais Oersted explique différemment de Davy la différence entre les forces chimiques et électriques ; lorsque les forces sont libres dans leur action, elles produisent les phénomènes électriques et lorsqu'elles sont «latentes» elles induisent les propriétés chimiques des corps. «*C'est dans cet état, où les forces sont trop latentes pour produire des phénomènes électriques, qu'elles constituent les propriétés chimiques des corps... mais ce qui est le point essentiel, c'est que les forces chimiques sont au fond les mêmes que les forces électriques, seulement sous une autre forme d'activité*».

Comme pour Davy, cette façon de voir lui laisse espérer une mathématisation possible pour la chimie : «*toute cette science sera convertie en une théorie des forces, à laquelle les mathématiques s'appliqueront, et y gagneront peut-être un nouvel essor comme cela a eu lieu pour leur application au mouvement*».

## Approche atomistique de l'électrochimie : J.-J. Berzelius et A.M. Ampère

Au même moment, le suédois J.-J. Berzelius (figure 2) étudiait l'action décomposante de la pile ; il exposa ses recherches, faites en collaboration avec Hisinger, dès 1803.

La nature électrique des atomes individuels, autrement dit des «atomes daltoniens», peut rendre compte, croit-il, de leur propriétés individuelles, propriétés qui sont celles de la substance toute entière.

Berzelius se représente les atomes comme des sphères mécaniquement indivisibles d'égal rayon. Ces sphères possèdent une charge électrique nette ou résiduelle qui peut être de l'un ou l'autre signe. Cette unipolarité spécifique n'explique cependant pas tous les phénomènes, il lui faut imaginer, en outre, que chaque pôle est susceptible d'avoir une plus ou moins grande capacité de polarisation.

Il faut souligner que la nature des atomes, et non pas leur position, est le facteur fondamental de tout le système de Berzelius.

D'autre part, Berzelius s'oppose ouvertement à la façon plutôt métaphysique qu'a Oersted d'envisager la combinaison chimique, il trouve qu'elle s'apparente un peu trop avec la vision de Winterl, chimiste hongrois, par trop empreint de «*Natürphilosophie*» : «*Winterl fit entrer l'électricité dans ses fictions de théorie chimique. Quelques unes de ses idées sur cette matière se sont confirmées par la suite ; mais il laisse toujours le lecteur dans l'incertitude si ce qu'il expose de vrai n'est pas aussi fantastique que le grand nombre d'absurdités que l'on trouve dans ses écrits*».

Berzelius, tout comme Davy, met en parallèle «*le phénomène du feu produit par la décharge électrique*» et fait remarquer que «*ce feu électrique est cependant le même que celui produit par des combinaisons chimiques*», or, nous dit-il, «*nous avons toujours sujet d'attribuer des phénomènes semblables aux mêmes causes ; et toutes les autres manières d'expliquer la cause du feu n'étant pas justes, il nous reste à examiner si l'union des électricités opposées*





Figure 2 - Jön Jacob Berzelius (1779-1848). Chimiste suédois, un des créateurs de la chimie moderne. Il a inventé la notation de chimie moderne et isolé de nombreux éléments (baryum, calcium, cérium, sélénium, strontium, thorium, etc.). Il est également connu pour ses travaux en électrochimie.

*ne pourrait pas être la cause de l'ignition dans la combinaison chimique aussi bien que dans la décharge électrique».*

La décomposition des combinaisons par la pile voltaïque sont une confirmation éclatante de l'exactitude de ses hypothèses ; nous comprenons pourquoi ajoute-t-il, «*la neutralisation électrochimique, une fois opérée, ne peut plus être détruite que par des forces électriques qui rendent aux parties leur première polarité, de la même manière que la décharge de la pile électrique*».

Ainsi, pour Berzelius, contrairement à Davy, la combinaison chimique implique la neutralisation des charges et, qui plus est, la pile au cours de l'électrolyse a le pouvoir de redonner aux constituants leur charge respective initiale. De plus, il n'y a pas de différence pour lui, entre l'action de masse, résultat des actions électriques entre corps d'un volume fini et l'action particule à particule, résultat de l'action chimique. Il ne comprend pas la distinction qu'en fait Davy : «*Quelle est la différence entre l'action des particules et l'action des masses ? Quand une force agit sur chaque particule d'un corps, est-ce qu'en même temps elle n'agit pas sur la masse du corps tout entier ?*».

La polarité des atomes va être la clef de l'explication de la réactivité chimique : «*nous pouvons nous représenter que chacun de ces atomes possède une*

*polarité électrique d'où dépendent les phénomènes électrochimiques dans leur réunion, et dont l'inégale intensité est la cause de la différence de force avec laquelle s'exercent leurs affinités*».

Mais, pour expliquer les faits de la série électrochimique, il faut concevoir, de plus, dans les molécules de chaque corps, une unipolarité particulière qui le fait être globalement soit électropositif, soit électronégatif : «*figurons nous que dans les molécules d'un corps, l'électricité de l'un des pôles est, ou prédominante, ou plus concentrée dans un certain point que l'électricité de l'autre pôle, à peu près de la même manière que l'un des pôles d'un aimant peut être beaucoup plus fort que l'autre*». Cette hypothèse explique tout naturellement la combinaison chimique entre corps d'unipolarité contraire ; quant à l'union de corps tous deux électronégatifs, comme l'oxygène et le soufre par exemple, qui se combinent plus intimement que le plomb et l'oxygène d'unipolarités contraires, il faut faire intervenir un autre facteur «*l'intensité de leur polarité en général*». Ainsi, l'intensité du pôle positif du soufre est plus grande que l'intensité du pôle positif du plomb ; il s'en suit que : «*le pôle positif du soufre neutralise une plus grande quantité d'électricité négative dans le pôle dominant de l'oxygène, que le pôle positif du plomb ne peut en neutraliser*».

Nous voyons que Berzelius en imaginant une bipolarité des atomes eux-mêmes et, qui plus est, une unipolarité dominante pour chacun d'eux, trouve une explication non seulement à la production de lumière et de chaleur lors de la «*saturation des affinités chimiques*», mais aussi à l'union intime de ces atomes, une fois la combinaison - donc la neutralisation électrique - réalisée.

A.M. Ampère, lui aussi, bien que mathématicien et physicien, s'intéressait beaucoup à la chimie théorique.

Dès 1814, il envisage que, dans les trois états de la matière, les «*particules*» des corps simples usuels ont des formes géométriques régulières qui ne sont pas différentes des formes primitives de la cristallographie d'Haüy [2]. En 1824, sans contredire son précédent modèle, il ajoute des considérations électriques. Les «*molécules*» ou «*particules*» ultimes des corps simples sont porteuses d'une certaine quantité d'électricité propre ou

«*inhérente*», positive ou négative. Si, à l'état naturel, les molécules d'un corps simple tel l'oxygène ou l'hydrogène apparaissent neutres, c'est qu'elles se trouvent entourées d'une atmosphère d'électricité de signe opposé et de quantité égale à leur charge «*inhérente*». Cette atmosphère s'est constituée grâce à l'éther qui enveloppe tous les corps. L'éther neutre peut se séparer en parties positives et négatives ; ce sont d'ailleurs les décompositions et recompositions oscillantes de ce fluide universel neutre qui provoquent le phénomène de propagation de la lumière et, dans certains cas, celui de la chaleur.

Ampère se sert de la série électrochimique des corps, établie par Berzelius, pour transporter aux particules de ces corps, elles-mêmes, une électricité permanente, absolument invariable pour toutes les particules d'un corps donné. Pour Berzelius, au contraire, seul l'oxygène possède une électronégativité absolue, tous les autres corps ont une électricité qui peut changer de signe selon le corps antagoniste avec lequel il s'unit ; de plus, la charge électrique de chaque atome ou «*polarité spécifique*» n'est pas constante.

Ampère, en se fondant sur les lois de «*l'électrodynamique*» qu'il a lui-même établies, en 1820 [3], va tenter quelques hypothèses supplémentaires sur la constitution intime de la matière afin de trouver des explications électrochimiques à l'affinité chimique.

La «*molécule*» d'Ampère s'apparente à une petite «*bouteille de Leyde*» c'est-à-dire à un petit condensateur dont l'armature intérieure est chargée d'électricité opposée à l'armature extérieure ; la combinaison chimique trouve alors une explication «*naturelle*» : si les particules qui se combinent A et B sont d'électricités inhérentes contraires, il ne se passe rien tant que les molécules sont éloignées «*mais si par un moyen quelconque on force les molécules A et B à s'approcher davantage, alors une petite partie de l'atmosphère +a de A se réunira avec une égale partie de l'atmosphère - b de B pour faire du fluide neutre ; les électricités propres - a de A et + b de B ne seront plus complètement dissimulées ; elles agiront l'une sur l'autre et détermineront un plus grand rapprochement des molécules. Les atmosphères + a et - b se neutraliseront de*



plus en plus, et les particules A et B continueront de se rapprocher jusqu'à ce que la combinaison soit devenue aussi intime qu'elle peut l'être. Alors on aura une molécule composée que je représente par AB».

Une fois la combinaison réalisée, la molécule composée AB conservera une électricité propre (-a +b) ; si les électricités propres -a de A et +b de B ne se neutralisent pas exactement, il en sera de même de leurs atmosphères, donc l'électricité (+a -b) dissimulera toujours l'électricité propre de la molécule composée.

Ampère ne semble pas avoir de difficulté pour expliquer la combinaison de deux corps doués d'une même électricité propre : soit deux corps A et B d'électricité +a et +b. Le composé AB aura l'électricité inhérente +(a+b) dissimulée par son atmosphère -(a+b) ; toutefois, à cause de la répulsion qui a lieu entre les atmosphères de charges semblables au départ, l'atmosphère résultante sera dissymétrique et polarisée du côté de la molécule B, la moins chargée «c'est une raison pour que l'électricité tende à favoriser la combinaison des molécules douées de la même électricité, parce que la répulsion mutuelle des molécules de l'atmosphère la plus intense se trouve mieux satisfaite par l'extension de cette atmosphère».

## Conclusion

H. Davy et C. Oersted, inspirés par la «Naturphilosophie» et dans une vision unitaire des forces de la nature, posaient les bases de l'électrochimie. J.-J. Berzelius, se défendant d'être métaphysicien

n'en reprenait pas moins les intuitions de Davy et généralisait en une théorie «dualistique» les lois de la combinaison chimique». Il résulte de là que tout corps composé, quel que soit le nombre de ses constituants, peut être séparé en deux parties dont l'une est électriquement positive et l'autre négative».

Ce dualisme électrochimique que Berzelius imposa pendant plusieurs années à la chimie minérale ne put tenir contre les découvertes, en chimie organique, de Liebig et de Dumas d'abord, de Laurent et de Gerharht ensuite.

Quant à la théorie électrochimique d'Ampère, simple prolongement de sa théorie du courant électrique, laquelle s'était avérée si performante en électrodynamique, elle n'apportait rien de nouveau sur le plan de la pratique dans les laboratoires de chimie.

Ce fut Faraday le jeune assistant de Davy, qui, en 1830, reprenant tous les travaux de son maître, établit l'identité de nature entre l'électricité de frottement et l'électricité galvanique. Il formula la première expression quantitative d'un phénomène électrochimique, à savoir : «les poids des éléments libérés dans un temps donné de leur combinaison sont proportionnels aux «équivalents chimiques» de ces éléments». Il inventa le vocabulaire approprié : électrolyte, électrodes, anions, cations...

Tout au long du XIXe siècle, des chercheurs tels que Hittorf, Kohlraush, W. Thomson, Helmholtz, Gibbs, Van 't Hoff, Arrhenius, Ostwald... travaillant dans le cadre de l'atomisme ou, au contraire avec des présupposés anti-atomistes, apportèrent leur contribution à la construction de l'édifice [4].

En se mathématisant, l'électrochimie n'en resta pas moins, comme à ses débuts, étroitement liée aux théories de la constitution intime de la matière. Ainsi, les résultats de l'électrochimie purent s'interpréter dans le cadre de la théorie cinétique des gaz, de la thermodynamique statistique, de la chimie quantique [5, 6].

Science embrassée par les chimistes à sa naissance, l'électrochimie passa assez rapidement du côté des physiciens ; la définition donnée par le «dictionnaire encyclopédique» de 1884 l'atteste «branche de la science électrique qui traite des rapports de l'électricité avec la chimie».

## Références

- [1] Scheidecker-Chevallier M., Les débuts de l'atomisme chimique, *L'Actualité Chimique*, mai-juin 1993, p. 39-45.
- [2] Scheidecker M., A.M. Ampère cristallographe, *Pour la Science*, sept. 1992.
- [3] Scheidecker-Chevallier M., Locqueux R., Liens entre philosophie et sciences physiques dans l'œuvre d'A.M. Ampère, *Archives Internationales d'Histoire des Sciences*, 1992, vol. 42, p. 227-268.
- [4] Caron M., Le concept d'électrochimie, *Bull. d'histoire de l'électricité*, 1984, p. 15 à 33.
- [5] On peut consulter à ce sujet l'ouvrage d'Ostwald, *L'évolution de l'électrochimie*, traduit de l'allemand par E. Philippi, Ed. Felix-Alcan, Paris 1912.
- [6] Cœuret F., L'électrolyse au XIXe siècle, *L'Actualité Chimique*, juillet-août-septembre 1993, p. 33-39.

## La chimie et ses instruments

Reconnaissant l'importance de l'instrumentation au développement des connaissances scientifiques, le Club d'histoire de la chimie a décidé d'inaugurer, dans le cadre de ses activités, une dynamique de réflexion sur le thème «la chimie et ses instruments».

Il propose l'organisation d'un groupe de travail qui aurait pour mission de :

- faire connaître la diversité des appareils qui ont équipé les laboratoires de chimie depuis sa naissance,
- étudier leur évolution et leur rôle dans le développement des connaissances chimiques,
- réunir des informations sur les collections d'instruments de chimie conservés dans différents musées ou entassés dans les caves

d'anciennes écoles et laboratoires.

Avec la participation des spécialistes des instruments scientifiques et la contribution des utilisateurs des instruments de chimie, c'est-à-dire les chimistes eux-mêmes, il s'agit d'ouvrir un dialogue sur un terrain encore peu exploré par les historiens de la chimie.

Renseignements : Catherine Kounelis, 9, chemin de la Forge, 91200, Athis-Mons. Tél : (1) 60.48.49.49.

## RÉDUCTION DE L'ALUMINE PAR LE CHARBON ; PAR M. HENRI MOISSAN

(Soc. Chim., 3e série, 1895, t. XIII, p. 803)

[...] L'alumine est un de ces oxydes qui a été regardé jusqu'à ce jour comme absolument irréductible ; il n'en est rien.

Si l'on place des cristaux de corindon parfaitement transparents dans une nacelle disposée au milieu du tube de charbon de notre four électrique, et que l'on chauffe l'appareil au moyen d'un courant de 1,200 ampères et 80 volts, l'alumine est volatilisée en quelques minutes. La nacelle, complètement convertie en graphite, ne renferme pas trace de cendres, et de chaque côté du tube on peut isoler un feutrage cristallin de graphite et d'alumine, au-delà duquel se rencontrent des sphères, de 2 millimètres à 3 millimètres de diamètre, d'aluminium métallique facile à caractériser.

On peut donner à cette expérience une autre forme, en utilisant un tube de charbon fermé à l'une de ses extrémités, que l'on place dans le four électrique de façon à ce que la partie fermée soit portée au maximum de température. Ce tube mesure 0<sup>m</sup>,40 de long et 40 millimètres de diamètre intérieur. On dispose au fond de cet appareil une centaine de grammes d'alumine, et l'on chauffe le tout quinze minutes, avec un courant de 300 ampères et de 65 volts. A la fin de l'expérience, il se dégage d'abondantes vapeurs à l'extrémité du tube, et ces vapeurs condensées sur un corps froid fournissent un dépôt blanc d'alumine.

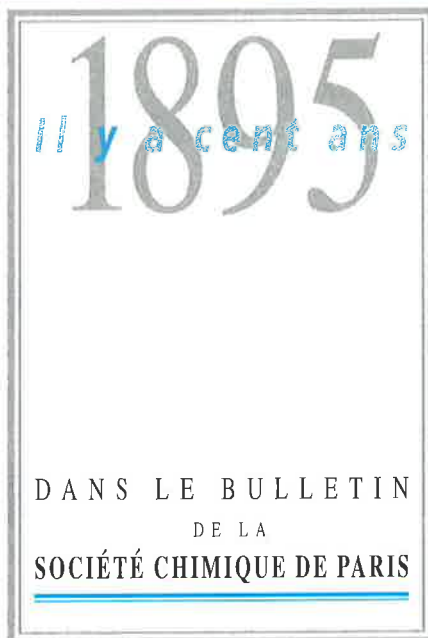
Cette substance, traitée à froid par l'acide acétique étendu, qui enlève des traces de fer et de chaux, puis lavée à l'eau distillée et séchée, présente au milieu de masses irrégulières des sphères très petites d'aluminium fondu.

Après refroidissement, on trouve dans le tube, à la partie supérieure, un dépôt blanc d'alumine et, à la partie inférieure, un lingot d'alumine fondue qui présente un aspect différent, suivant que l'oxyde se trouvait dans les parties plus ou moins chaudes.

La portion qui a été portée à la température la plus élevée est recouverte d'une pellicule de graphite qui provient de la condensation de la vapeur de carbone qui remplissait le tube. Sur la paroi on remarque de petits globules blancs ou légèrement jaunâtres qui sont formés par un mélange d'aluminium et de carbure de ce métal.

La réaction devient beaucoup plus concluante si l'on chauffe, dans les mêmes conditions, un mélange intime d'alumine et d'amidon qui, par la décomposition de ce dernier corps, fournit le carbone nécessaire à la réduction.

Dans une chauffe qui a duré dix-huit minutes (300 ampères et 65 volts), on a obtenu une certaine quantité d'aluminium renfermant des lamelles du carbure C<sup>3</sup>Al<sup>4</sup>, que j'ai décrit précédemment.



L'expérience a été répétée quatre fois, et les résultats ont toujours été identiques ; et chaque fois aussi le mélange refroidi était recouvert de graphite provenant de la condensation de la vapeur de carbone.

Une autre série de recherches exécutée dans des creusets, à une température un peu moins élevée, nous a démontré que l'alumine seule peut être fondue et maintenue à l'état liquide dans un creuset de charbon sans qu'il y ait réduction.

Dans une réduction faite avec un tube fermé à une extrémité, il nous est arrivé que l'autre extrémité du cylindre a été obstruée par un tampon d'alumine et de charbon. Cette expérience, qui n'avait pas été prolongée autant que les précédentes, par suite de la formation d'un court circuit, nous a présenté, dans la partie chauffée, un feutrage de graphite et de cristaux très minces hexagonaux, présentant des phénomènes d'irisation et entièrement formés d'alumine. Le tube ne renfermait pas trace d'aluminium métallique. La production de ce mélange de corindon et de graphite cristallisé nous a démontré que la vapeur d'alumine qui se produit si facilement et la vapeur de carbone, peuvent se trouver en contact sans produire d'aluminium.

Une température beaucoup plus élevée est nécessaire pour que la vapeur de carbone puisse réduire la vapeur d'alumine.

En résumé, dans le four électrique, l'alumine liquide n'est pas réduite par le charbon, mais la réduction se produit lorsque les vapeurs de ces deux corps sont portées à une température très élevée. Dans ce cas, l'alumine perd son oxygène et fournit l'aluminium métallique qui se carbure partiellement.

## EXTRAIT DU PROCÈS VERBAL DE LA SÉANCE DU 26 AVRIL 1895 DE LA SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE PARIS

(Soc. Chim., 3e série, 1895, t. XIII, p. 519)

M. Maumené présente deux faits relatifs à l'action du permanganate de potasse. Il est réduit en Mn<sup>2</sup>O<sup>3</sup> et ce sesquioxyde est ensuite réduit à la longue (quelques semaines) en se dissolvant dans l'acide C<sup>12</sup>H<sup>12</sup>O<sup>14</sup> qu'il a formé avec le sucre.

Cette expérience peut servir dans les cours et elle a de très importantes conséquences dans l'industrie.

M. Maumené, à propos d'un travail de M. Lechatelier sur les alliages définis, fait observer que l'alliage d'aluminium et cuivre cité par M. Lechatelier n'est pas le seul. M. Maumené présente un alliage formé de 1 partie d'aluminium et 7 parties de cuivre.

Cet alliage est parfaitement cristallisé et très homogène ; M. Maumené a aussi préparé l'alliage, 1 gramme d'Al et 3 grammes Cu. Cet alliage est cristallisé. M. Maumené ne doute pas d'obtenir 15 ou 20 alliages conformes à sa loi générale.

## APPAREIL DE LABORATOIRE POUR DISTILLATIONS FRACTIONNÉES ; PAR M. P. MONNET

(Soc. Chim., 3e série, 1895, t. XIII, p. 108)

[...] L'appareil dont suit la description et le dessin est d'une construction facile et économique et donne des résultats comparables à ceux des grands appareils industriels.

Comme exemple, ainsi qu'on le verra plus loin, il est possible, d'un mélange contenant parties égales d'eau et d'alcool, de retirer ce dernier en majeure partie à 95° centésimaux en opérant sur 300 centimètre cubes de liquide seulement.

*Description de l'appareil.* - Il se compose d'un tube en verre de 1<sup>m</sup>,35 à 0<sup>m</sup>,40 de hauteur sur 28 à 35 millimètres de diamètre intérieur, rempli de grenaille métallique ou de fragments de verre ou de silex pour les liquides acides.

Le tube porte à sa partie inférieure un étranglement ou diminution de diamètre de 5 millimètres qui permet de le fixer par un bouchon ajusté au col d'un ballon de verre. Au-dessus de la partie rétrécie se trouve un entonnoir de verre dont les bords sont ondulés pour permettre le retour des liquides non condensés, tout en retenant la grenaille métallique qui remplit le tube.

De préférence, on emploie du plomb de chasse ordinaire en raison de la facilité que l'on a de se le procurer à toutes les grosseurs voulues.

Le tube est rempli d'abord à moitié de sa hauteur environ, on glisse une rondelle de toile

métallique en cuivre rouge, le restant du tube est rempli avec du plomb n° 6 d'un plus petit diamètre jusqu'à une distance de 25 millimètres au-dessous de la tubulure de départ des vapeurs ; on peut, pour des liquides très volatils, augmenter la hauteur du tube ou colonne et y introduire successivement des plombs 4, 6, 8 et 10, chaque numéro étant séparé par la rondelle de toile métallique. Ces rondelles ont pour but de séparer les numéros des grenailles quand le tube est vidé pour le nettoyer.

Le tube porte à 5-6 centimètres environ de son orifice supérieur une petite tubulure de dégagement soudée, au moyen de laquelle on met la colonne séparatrice en communication avec un condensateur quelconque, serpentin métallique ou tube de verre avec réfrigérant dans lequel peut circuler l'eau.

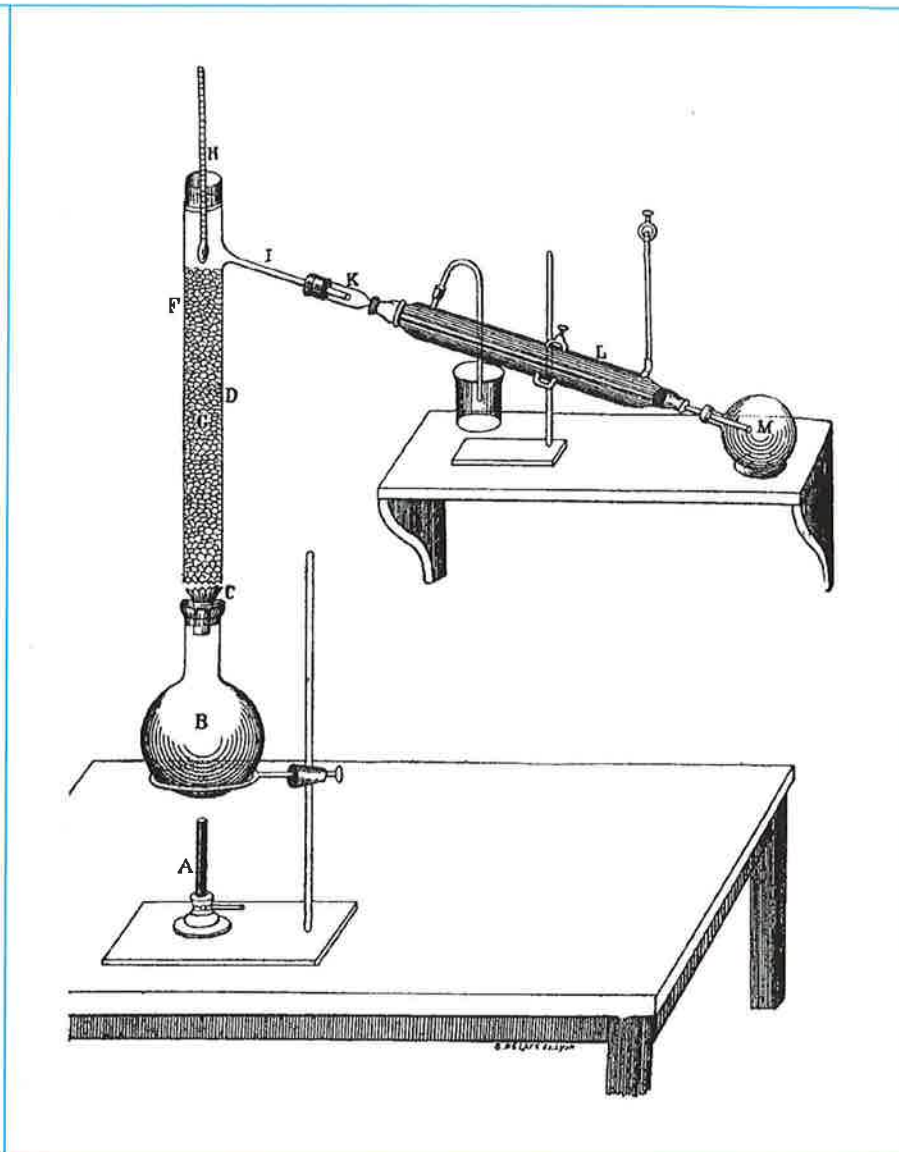
Enfin, dans le bouchon qui ferme l'orifice supérieur du tube, on place un thermomètre dont la boule, placée immédiatement au-dessus des globules métalliques, mais sans les toucher, indique la température des vapeurs avant leur condensation.

Le chauffage se fait au moyen d'un bec Bunsen ordinaire et doit être très attentivement surveillé jusqu'au moment où la distillation est en marche normale.

Si le chauffage est trop actif au début, il peut arriver que les vapeurs dégagées en trop grande quantité avant que tout le métal intérieur soit échauffé, refoulent brusquement le liquide condensé dans la colonne et le projettent dans le récipient.

Pour les liquides facilement condensables, comme les hydrocarbures à point d'ébullition élevé, l'aniline, la toluidine, etc., il est bon d'entourer le ballon d'une toile métallique et la colonne elle-même doit être protégée contre un rayonnement trop intense par une enveloppe de gros papier fixé par des étiquettes gommées.

D'une manière générale, la puissance séparatrice de l'appareil est proportionnelle à la



A, bec Bunsen ; B, ballon de verre ; C, entonnoir ondulé ; D, rondelle en toile métallique ; F, tube en colonne de verre ; G, grenaille métallique ; H, thermomètre ; I, tubulure de dégagement ; K, tube condensateur des vapeurs ; L, réfrigérant plein d'eau froide ; M, récipient.

surface totale des fragments ou grenailles métalliques et au plus grand coefficient de conductibilité pour la chaleur des fragments formant la colonne [...].

## Prix Paul Bunge

La date limite de soumission des candidatures au prix Paul Bunge (prix décerné pour une publication sur l'histoire des instruments scientifiques) a été fixée par la Gesellschaft Deutscher Chemiker au 31 octobre 1995.

Ce prix de la Hans R. Jenemann Foundation, d'un montant de 10 000 DM, est géré par Gesellschaft Deutsche Chemiker et la Deutscher Bunsen-Gesellschaft. Il porte le nom d'un important constructeur de balances de précision de la seconde moitié du XIXe siècle : Paul Bunge.

Les publications en allemand, anglais ou français sont acceptées.

En 1995, le Prix Paul Bunge a été attribué à G. L'Estrange Turner (Oxford, G-B).

GDCh, Département Relations publiques, PO Box 90 04 40, D-60444 Frankfurt/Main, Allemagne. Tél. : +49 (69) 79.17.324. Fax : +49 (69) 79.17.322.



## Organocopper reagents. A practical approach

R.J.K. Taylor  
Oxford University Press, 1994

Ce premier volume d'une nouvelle série d'ouvrages pratiques édités par L.M. Harwood et R.J.K. Moody (série «Practical Approach in Chemistry») laisse bien augurer de la suite des efforts de ses concepteurs. En effet, si l'accroissement important de la littérature secondaire en chimie organique permet, au travers de nombreuses revues, de suivre les progrès dans les nombreux domaines «chauds» de la chimie, il n'en est pas de même en ce qui concerne la pratique. Hormis «Organic Syntheses» qui fait référence dans ce domaine, peu d'ouvrages mettent aujourd'hui au service de l'expérimentateur en chimie un ensemble complet de données précises lui permettant de réaliser des réactions chimiques qui, hélas, ne font souvent l'objet que de trop brefs compte rendus dans des courtes lettres...

Et ceci est particulièrement vrai dans le domaine des organométalliques du cuivre dont chaque chimiste connaît aujourd'hui les potentialités synthétiques immenses. Ils permettent en effet d'accéder à la formation d'une multitude de liaisons carbone-carbone, le plus souvent avec un haut degré de chimio-, régio- et stéréosélectivité. Il est encore cependant trop fréquent d'entendre dire qu'il s'agit là d'une chimie de spécialistes qui, seuls, sont susceptibles d'en maîtriser tous les aspects et de les mettre en œuvre avec bonheur en synthèse organique. Ils sont les seuls détenteurs du «savoir-faire», c'est-à-dire de tous ces petits «trucs» magiques qui échappent au néophyte.

L'intention des auteurs est donc, dans le présent ouvrage, de vulgariser la chimie des dérivés organiques du cuivre où la nature complexe des intermédiaires, prouvés ou postulés, et parfois, il faut bien le dire, des protocoles, présente souvent un aspect dissuasif en donnant même parfois un aspect un peu mystérieux à cette chimie. Cet ouvrage démonte efficacement la «mécanique» de cette chimie riche et multiple à travers un ensemble de chapitres judicieusement complémentaires. Il commence de façon très heureuse par deux chapitres consacrés à une vue d'ensemble ainsi qu'à un ensemble de données expérimentales d'usage général très utiles. Chacun des autres chapitres est dédié à un champ spécialisé où il est fait appel aux meilleurs spécialistes de la chimie des dérivés organiques du cuivre : références essentielles, protocoles précis, purification et/ou préparation détaillée des produits de départ,

procédés d'extractions pas à pas, astuces et notes multiples guident tout à la fois la réflexion et la main du chimiste expérimentateur. Citons, sans être exhaustif, les chapitres sur l'addition conjuguée de dérivés organiques du cuivre suivie du piégeage des énolates formés, sur la carbocupration des alcynes, sur le couplage d'alcynes catalysé par Cu/Pd ou encore les applications synthétiques des silyl- et stannylcuprates. Une grande place est également consacrée à la préparation des réactifs hautement fonctionnalisés aujourd'hui utilisés dans cette chimie. Un court chapitre aborde l'étude des mécanismes réactionnels dans ce domaine. Et il en va jusqu'à l'adresse des principaux fournisseurs et une compilation des principaux dérivés organiques du cuivre décrits jusqu'en 1993.

En conclusion, élaboré par des spécialistes pour des non-spécialistes - et nul doute qu'il aidera efficacement certains chimistes à le devenir -, cet ouvrage représente un guide de laboratoire précieux. Il est à mettre entre les mains de tous les chimistes qui, de l'étudiant débutant au praticien déjà aguerrri, pourront efficacement s'initier à la pratique expérimentale de la chimie des dérivés organiques du cuivre et ainsi accéder efficacement à une expertise certaine dans ce domaine aujourd'hui incontournable.

Jean-Pierre Ferezou

## La théorie des groupes en physique et chimie quantiques

J. Hladik  
Masson, Paris, 1995

L'ouvrage du professeur Hladik, sur la théorie des groupes et ses applications en physique et en chimie physique, apparaît très complet ; son niveau d'élaboration et de difficulté d'approche en font une référence qui n'existait pas jusqu'alors dans la littérature de langue française. D'un niveau incontestablement plus élevé que le classique «*Chemical applications of group theory*» de F.A. Cotton ou le plus récent «*Group theory for atoms, molecules and solids*» de B.S. Wherrett, ce livre reste néanmoins bien plus accessible que les ouvrages de référence que sont l'illustre «*Group theory*» de E. Wigner ou les plus récents «*Group theory in physics*» de J.F. Cornwell ou «*Group theoretical techniques in quantum chemistry*» de C.D.H. Chisholm.

La structure du livre est au demeurant assez classique, les deux premiers chapitres portant respectivement sur les groupes ponctuels de symétrie et les représentations des groupes de symétrie. Hors un chapitre intermédiaire

portant sur les groupes continus et le chapitre final de compléments mathématiques (où sont brièvement traités les groupes de permutations : seule critique que j'émettrai, j'aurais personnellement souhaité que ce sujet fût plus développé), le reste de l'ouvrage porte sur des applications, aux liaisons chimiques (c'est-à-dire aux fonctions d'onde électroniques), aux vibrations moléculaires, aux règles de sélection en spectroscopie moléculaire, aux cristaux et à leurs spectres de vibration, ainsi qu'aux applications du groupe des rotations spatiales aux atomes et aux applications des groupes SU(n) aux particules élémentaires.

La maîtrise du sujet par l'auteur est certaine et transparait fréquemment par des remarques originales et pertinentes. Le caractère utilitaire de cet ouvrage ne fait aucun doute à mes yeux. C'est une référence possible mais de niveau élevé pour le seconde cycle, en revanche très bien adaptée au troisième cycle et aux chercheurs familiers du domaine mais non-spécialistes.

Je recommande très vivement la lecture du livre de J. Hladik au large public que je viens d'évoquer.

Xavier Chapuisat

## Algebraic theory of molecules

F. Iachello, R.D. Levine  
Oxford University Press, 1995

Voici un livre extrêmement original, de très haut niveau en chimie théorique (le qualificatif physique moléculaire théorique est probablement mieux approprié) et qui porte la marque de l'immense talent de son second auteur. C'est objectivement la première tentative de présentation synthétique des formalismes les plus récents, malheureusement pour certains lecteurs, les plus abstraits, mais aussi les plus généraux et les plus puissants de la physique moléculaire théorique contemporaine. Finies les discussions parfois oiseuses sur des approximations introduites dès le niveau de l'écriture des opérateurs hamiltoniens, faute de savoir écrire les opérateurs exacts ; terminées les interprétations liées, sans le dire, à la théorie des perturbations au premier ordre, etc. L'approche est ici «algébrique», c'est-à-dire sans approximation de modèle a priori ; seule la qualité du calcul numérique suivant la formulation formelle d'un problème de chimie physique peut introduire une approximation.

Les applications développées sont essentiellement dans le domaine de la spectroscopie moléculaire. Néanmoins, les auteurs prennent

le soin de préciser que leurs développements formels concernent les systèmes à deux, trois, quatre ou  $n$  corps (et non, restrictivement, atomes !), en sorte qu'ils sont susceptibles d'être appliqués à des systèmes où les «corps» sont éventuellement des électrons et pas seulement des particules lourdes.

Objectivement, pour un public de chimistes, le livre de Iachello et Levine est de peu d'utilité pratique. En revanche, ceux des théoriciens de la chimie et de la physique moléculaire, qui sont les plus portés aux développements formels et conceptuels, y trouveront une mine de renseignements et de traitements originaux, sans aucun précédent dans la littérature. Petit public mais grand livre !

Xavier Chapuisat

## An introduction to medicinal chemistry

Graham L. Patrick  
Oxford University Press, 1995

La chimie médicinale est un vaste domaine qui tient autant de la biochimie, de la biologie cellulaire et de la pharmacologie que de la chimie. Ce livre est destiné aux étudiants qui abordent ce sujet avec une connaissance minime de ces disciplines et constitue une approche claire et agréable à la fois de la structure de la cellule et de son mode de fonctionnement ainsi que du mode d'action des médicaments et du développement rationnel de nouveaux médicaments.

Les premiers chapitres traitent de la structure des protéines, de l'action des médicaments sur les enzymes et sur les récepteurs. Viennent ensuite la structure des acides nucléiques et l'interaction des médicaments avec l'ADN et l'ARN. Ces chapitres d'introduction exposent toutes ces notions d'une manière imagée et efficace.

La seconde partie du livre présente les principes généraux employés pour mettre au point de nouveaux médicaments, en définissant de manière quantitative les relations structure-activité et en insistant sur la pharmacodynamique. Chaque concept est accompagné de la description de plusieurs exemples de développement de médicaments.

Les antibactériens, ceux qui agissent sur le système nerveux périphérique, et les analgésiques dérivés de l'opium font l'objet de chapitres spécifiques, où l'auteur détaille la découverte de nouveaux médicaments basée sur leur mécanisme biologique d'action et sur leurs propriétés chimiques. Il met l'accent sur les difficultés rencontrées par les chercheurs dans

le processus de synthèse d'analogues de produits naturels. Enfin, le dernier chapitre expose la démarche de mise au point de la cimétidine (Tagamet) à partir de l'histamine.

Cette introduction à la chimie médicinale est une bonne base pour ceux qui veulent s'initier au développement de nouveaux médicaments et peut servir de point de départ pour l'approfondissement de ce domaine.

Joëlle Prunet

## LIVRES PARUS

### Water use and re-use

sous la direction de D. Newton, G. Solt.  
Broché, 116 p., 24 £.  
IChemE Book Sales, Rugby, 1994.

### Luminescent materials

par G. Blasse, B.C. Grabmaier.  
Broché, 242 p., 78 DM.  
Springer-Verlag, Heidelberg, 1994.

### Handbook of cosmetic and personal care additives

par M. Ash, I. Ash.  
Relié, 984 p., 145 £.  
(disponible en disquettes : 5"1/2, 5"1/4 CD Rom).  
Gower, Aldershot, 1994.

### Essential health and safety for managers. A guide to good practice in the EU

par Ron Akass.  
Relié, 288 p., 32 £.  
Gower, Aldershot, 1994.

### Annuaire 1994 des sources d'information communautaires

(disponible en français ou en anglais).  
1200 p., 1 430 F.  
Euroconfidentiel, Genval, 1994.

### Dictionary of substances and their effects (DOSE)

Vol.7 (s à z).  
The Royal Society of Chemistry.  
Turpin Distribution Services, Letchworth, 1994.

### Advanced composite materials

par L.A. Pilato, M.J. Michno.  
relié, 221 p., 138 DM.  
Springer-Verlag, Heidelberg, 1994.

### Annuaire des prestataires de services en environnement 1994/95

sous la direction de O. Conchou, B. Patin.  
528 p., 390 F.  
Victoires-Éditions, Paris.

### La cuisson-extrusion

sous la direction de P. Colonna, G. della Valle  
(Collection sciences et techniques agro-

alimentaires)  
560 p., 740 F.  
Tech et Doc Lavoisier, Paris, 1994.

### Fluorine-carbon and fluoride-carbon materials. Chemistry, physics and applications

sous la direction de T. Nakajima  
416 p., 165 \$.  
Marcel Dekker, New York, 1994.

### Substances aromatisantes et sources naturelles de matière aromatisantes

#### Vol.1 : Substances aromatisantes chimiquement définies

Conseil de l'Europe.  
Classeur, 616 p., 410 F.  
Éditions Médicales Maisonneuve, Vélizy, 1994.

### Developing effective safety systems

par I. Wallace.  
Relié, 165 p., 29 £.  
IChemE Book Sales, Rugby 1995.

### Mixing 8

(symposium series n°136)  
Relié, 618 p., 79 £.  
IChemE Book Sales, Rugby 1994.

### Biotransformations in organic chemistry.

A text book (2e edition)  
par K. Faber.  
Broché, 366 p., 58 DM.  
Springer-Verlag, Heidelberg, 1995.

### Protection des cultures et travail des hommes

par C. Bain, J.-L. Bernard et A. Fougeroux.  
Relié, 264 p.  
Le Carrousel, Paris, 1995.

### Ammonia. Catalysis and manufacture

par A. Nielsen.  
Relié, 354 p., 298 DM.  
Springer-Verlag, Heidelberg, 1995.

### Inorganic and organometallic polymers II : Advanced materials and intermediates

sous la direction de P. Wisian-Neilson, H.R. Allock, K.J. Wynne.  
(Symposium series 572)  
Relié, 552 p., 129,95 \$.  
American Chemical Society, Washington, 1994.

### Modeling the hydrogen bond

sous la direction de D. A. Smith  
(Symposium series 659).  
Relié, 312 p., 74,95 \$.  
American Chemical Society, Washington, 1994.

### Polymers from agricultural coproducts

sous la direction de M. L. Fishman, R. B. Friedman, S. J. Huang  
(Symposium series 575).  
Relié, 262 p., 69,95 \$.

- American Chemical Society, Washington, 1994.
- Superabsorbent polymers : science and technology**  
sous la direction de F. L. Buchholz. N.A. Peppas  
(Symposium series 573).  
Relié, 160 p., 49,95 \$.  
American Chemical Society, Washington, 1994.
- Biochimie enzymatique**  
par J.-Cl. David  
(collection Pôle EAD-CNED Rennes),  
272 p., 250 F.  
Tech et Doc Lavoisier, 1995.
- Handbook of metal-ligand interactions in biological fluids**  
sous la direction de G. Berthon  
**Bioinorganic Chemistry**  
vol. 1 et 2 : 1360 p., 495 \$.  
**Bioinorganic medicine**  
vol 1 et 2 : 1632 p., 495 \$.  
Marcel Dekker, New York, 1995.
- The properties of optical glass**  
sous la direction H. Bach, N. Neuroth.
- Relié, 330 p., 1010 F.  
Springer, 1995.
- Traitements thermiques des déchets industriels. État de l'art**  
sous la direction de G. Antonini, P. Gislais.  
160 p. 240 F.  
Tech et Doc Lavoisier, Paris, 1995.
- Dictionary of substances and their effects (DOSE) : index**  
Relié, 320 p., 40 £.  
Royal Society of Chemistry, 1995.
- Molecular action of insecticides on ion channels**  
sous la direction de J. Marshall Clark (ACS Symposium series 591)  
Relié, 343 p., 99,95 \$.  
American Chemical Society, Washington, 1995.
- Thermodynamique chimique**  
par J. Tuech, M. Dubusc, M. Mossoyan. (Collection Cursus-Sciences).  
Broché, 192 p., 79 F.  
Armand Colin, Paris, 1995.
- Exercices de synthèses organiques (licence-maîtrise)**  
par Ch. Arnaud.  
(collection Enseignement de la chimie).  
Broché, 352p., 214 F.  
Masson, Paris, 1995.
- Exercices de chimie quantique**  
par B. Vidal  
(collection Enseignement de la chimie).  
Broché, 200 p., 165 F.  
Masson, Paris, 1995.
- France Composites**  
Broché, 434 p., 305 F.  
CEPP Publications, Paris, 1995.
- Biotransformations in organic chemistry. A. Textbook**  
par K. Faber,  
2e édition.  
Broché, 366 p., 219 F.  
Springer, 1995.
- Measurement and detection of radiation**  
par N. Tsoulfanidis,  
2e édition.  
Relié, 636 p., 59,95 £.  
Taylor and Francis, Basingstoke, 1995.

## COLLECTION DOSSIERS POUR «L'ENSEIGNEMENT DE LA CHIMIE» de la division Enseignement de la chimie de la SFC

### • LA NOMENCLATURE DES STÉRÉOISOMÈRES ORGANIQUES (par D. Plouin)

Ce fascicule comporte cinq chapitres :

- A. Lexique de stéréochimie dans lequel sont données quelques définitions.
- B. Les règles séquentielles, règles qui permettent d'établir les configurations.
- C, D et E. Dans lesquels sont fixées les règles de nomenclature des molécules chirales, des stéréoisomères éthyléniques et des stéréoisomères cycloalcaniques.
- F. Dans lequel sont développées quelques notions sur les conformations.

Par ailleurs, il est tenu compte des recommandations pour l'écriture des noms en langue française, cela concerne essentiellement les indices de positions et les affixes.

51 pages : 44 FF TTC (port inclus).

### • LA NOMENCLATURE EN CHIMIE ORGANIQUE ET INORGANIQUE (par M. Bernard et D. Plouin)

La nomenclature en chimie organique : hydrocarbures saturés et insaturés, acycliques, cycliques et polycycliques, hétérocycliques ; fonctions oxygénées, azotées, soufrées ; composés organométalliques ; dérivés halogénés.

La nomenclature en chimie inorganique : éléments, corps simples et composés, ions et radicaux, acides, sels, composés de coordination, composés non stoechiométriques.

De nombreux exemples sont traités.

74 pages : 50 FF TTC (port inclus).

### • ABC DE LA CHIMIE THÉORIQUE, POSTULATS ET APPLICATIONS (Par R. Lissilour, A. Botrel, F. Corre et F. Texier-Boullet)

Premier postulat et probabilité : probabilité de présence ; densité de probabilité ; les fonctions hydrogénéoïdes ; état : fonction 1s ; états excités de l'électron : fonction 2s et 2p.

Deuxième postulat et mesure : les opérateurs ; le deuxième postulat ; interprétation de la mesure ; les inégalités de Heisenberg.

Postulats de Planck, Einstein et de Broglie : les postulats fondamentaux ; principe de correspondance ; écriture des opérateurs ; l'équation de Schrödinger.

Annexes et bibliographies.

63 pages : 28 FF TTC (port inclus).

Les commandes sont à adresser, avec le chèque correspondant, à la SOCIÉTÉ FRANÇAISE de CHIMIE, 250, rue Saint-Jacques - 75005 PARIS. Tél. (1) 43.25.20.78. (Il n'est pas délivré de facture pour une somme inférieure à 100 F).



Adhésion

# Demande d'adhésion à la SFC

Formulaire à renvoyer à

Société française de Chimie

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

Nom \_\_\_\_\_ Prénom \_\_\_\_\_

Adresse \_\_\_\_\_

Code postal \_\_\_\_\_ Ville \_\_\_\_\_

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

À \_\_\_\_\_ le \_\_\_\_\_

Signature \_\_\_\_\_

# Bulletin d'abonnement

## L'Actualité Chimique

Tarifs 1995 7 numéros par an

### L'Actualité Chimique

	France	Export	
Particuliers	950 FF	1100 FF	
Étudiants*	360 FF	500 FF	* Joindre une photocopie de la carte étudiant
Membres de la SFC**	Tarif préférentiel		** Contacter directement la SFC

Nom \_\_\_\_\_ Prénom \_\_\_\_\_

Adresse \_\_\_\_\_

Code postal \_\_\_\_\_ Ville \_\_\_\_\_ Pays \_\_\_\_\_

- Je désire m'abonner pour 1994
- Je désire recevoir une facture pro-forma
- Paiement joint
- Veuillez débiter la somme sur ma carte de crédit (Visa, Eurocard, Mastercard)

N° \_\_\_\_\_

Date d'expiration \_\_\_\_\_ Signature \_\_\_\_\_

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

# Activités de la Société Française de Chimie

## Opération

### «Aide à la recherche d'emploi»

• Suite à un premier contact entre le président de la Société Française de Chimie et le président de la Chambre syndicale des industries chimiques d'Ile de France, le club des jeunes de Paris démarre une opération **Aide à la recherche d'emploi** pour nos adhérents. Il a été convenu que chaque personne intéressée enverrait son CV (2 pages), accompagné d'un résumé de 4 lignes, précisant le profil du candidat, à l'adresse suivante :

Club des jeunes de Paris,  
250, rue Saint-Jacques,  
75005 Paris.

Fax uniquement : (1) 43.25.87.63.  
A l'attention d'Alexandre Bouchy.

Ces documents seront transmis à la Chambre syndicale qui les diffusera auprès de ses adhérents (PME, PMI) :

- dans un premier temps, le résumé seulement,
- dans un deuxième temps, le CV complet aux entreprises intéressées.

• Nous engageons vivement les sections et clubs de jeunes régionaux à conduire une opération similaire dans leur région.

## GROUPE DE TRAVAIL INTERDIVISIONS «ENSEIGNEMENT»

Ce groupe de travail, présidé par G. Montel, rassemble des représentants de toutes les divisions de la SFC : il a été créé par le Président Julia au début de l'année 1995. Il s'est réuni le 2 février, le 4 avril et le 14 juin.

### Opérations conduites par le groupe de travail ou à son initiative

1 - Présentation à toutes les divisions de la SFC des actions conduites, en liaison ou non avec la SFC, par les organisations industrielles et celle de l'enseignement secondaire, en vue de promouvoir la chimie et l'industrie chimique dans les enseignements primaires et secondaires (diffusion des fiches descriptives des actions).

2 - Présentation à toutes les divisions des opérations conduites à l'échelle européenne (Cefic-EIP, Congrès de Dresde, actions coordonnées des musées...).

3 - Présentation des nouveaux programmes de chimie du secondaire et des classes préparatoires, et des difficultés rencontrées dans leur mise en œuvre.

A partir de cette information, les actions suivantes ont été entreprises :

a) Intervention auprès des présidents de l'UIC et de la SFC pour leur signaler les oppositions rencontrées au moment de la publication des nouveaux programmes des classes préparatoires. Les deux présidents sont intervenus auprès des pouvoirs publics. Les textes sur la nouvelle structuration des classes préparatoires sont aujourd'hui publiés. Les programmes le seront très prochainement.

b) Contribution au lancement, en liaison avec le président des Olympiades nationales de la chimie, d'une opération en direction des directeurs d'IUFM, visant à officialiser la participation des stagiaires des IUFM à l'encadrement des Olympiades en tant qu'élément de leur formation (adaptation des futurs professeurs certifiés de sciences physiques à l'enseignement des nouveaux programmes de chimie). Après accord de principe du ministre, M. Boyer doit lancer cette action en septembre.

c) Lancement, en liaison avec l'Inspection générale, d'une action visant à une plus impor-

tante prise en compte des nouveaux programmes de chimie par les Mafpen (formation continue des professeurs en poste).

d) Lancement d'une réflexion interdivisions visant à favoriser la prise en compte des nouveaux programmes du secondaire dans l'enseignement de la chimie en premier cycle universitaire.

Les premières conclusions ont été dégagées le 14 juin.

e) Lancement d'une mobilisation interdivisions visant à la réalisation de films pédagogiques en chimie, en liaison avec le CNDP et avec l'industrie chimique.

Les premiers résultats de ces travaux seront détaillés dans *L'Actualité Chimique*.

## DIVISION Chimie de coordination

### JOURNÉES DE LA DIVISION,

Versailles, 14-15 décembre 1995

Les Journées de la division Chimie de coordination auront lieu les 14 et 15 décembre 1995 à l'université de Versailles-Saint-Quentin (bât. Lavoisier, 45, avenue des États-Unis, 78035 Versailles Cedex).

- Renseignements : R. Guillard, Université de Bourgogne, Laboratoire d'ingénierie moléculaire pour la séparation et les applications des gaz, Limsag (UMR 9953), Faculté des sciences Gabriel, 6, bd Gabriel, 21100 Dijon.  
Tél. : 80.39.61.11. Fax : 80.39.61.17.

## DIVISION Chimie physique

### NOUVEAU BUREAU

Le bureau de la division Chimie physique vient d'être renouvelé. Il se compose maintenant des membres suivants :

- Président : Pierre-Camille Lacaze  
(P.-C. Lacaze, Itodys, 1, rue Guy de la

Brosse, 75005 Paris. Tél. : (1) 44.27.68.05.  
Fax : (1) 44.27.68.14).

- Vice-président : Christian Amatore.
- Secrétaire général : René Botter.
- Trésorier : Valérie Vénier.
- Délégué aux relations internationales : Clément Troyanowsky.
- Délégué à l'enseignement : Gilberte Cham-  
baud.
- Directeur scientifique du JCP : Rose Marx.
- Irène Nenner (président sortant).

## SECTION AQUITAINE

### PRIX JEUNES CHERCHEURS

Le prix « Jeunes chercheurs » de la section a été attribué cette année à Véronique Métaïl (URA 474, Laboratoire de physico-chimie moléculaire, Pau), pour ses travaux sur la synthèse en phase vapeur et caractérisation par spectroscopie photoélectronique à rayonnement UV de composés à basse coordinence d'atomes des groupes 14 et 15.

### LA NOMENCLATURE EN CHIMIE ORGANIQUE ET INORGANIQUE RÉÉDITÉE

Cette nomenclature de B. Bernard et D. Plouin destinée aux enseignants (du secondaire, des classes préparatoires, des premiers cycles universitaires, des IUT et des classes BTS), publiée par la SFC dans sa collection Dossier pour l'enseignement de la chimie, a été rééditée et est maintenant disponible à la SFC. Au sommaire :

- La nomenclature en chimie organique : hydrocarbures saturés et insaturés, acycliques cycliques et polycycliques, hétérocycliques ; fonctions oxygénées, azotées, soufrées ; composés organométalliques ; dérivés halogénés.
- La nomenclature en chimie inorganique : éléments, corps simples et composés, ions et radicaux, acides, sels, composés de coordination, composés non stoechiométriques.

De nombreux exemples sont traités.

74 p., 50 FF TTC (port inclus).

- SFC, 250, rue Saint-Jacques, 75005 Paris.  
Tél. : (1) 43.25.20.78. Fax : (1) 43.25.87.63.

La SFC ne délivre pas de facture pour une somme inférieure à 100 F.

## SECTION CHAMPAGNE - ARDENNES

### NOUVEAU BUREAU

La section régionale, lors de son assemblée générale tenue le 30 mars 1995 dans le cadre de sa réunion scientifique annuelle, a renouvelé son bureau. La composition du nouveau bureau est la suivante :

- Président : Charles Portella  
(Charles Portella, UFR sciences, BP 347, 51062 Reims Cedex. Tél. : 26.05.32.34. Fax : 26.05.31.66).
- Vice-président : Roland Barret (UFR pharmacie, Reims).
- Secrétaire : Danielle Guillerm (UFR sciences, Reims).
- Secrétaire adjoint : Jacques Dumonceau (UFR sciences, Reims).
- Trésorier : Jean-Jacques Lohmann (Zeneca Pharma, Reims).

## SECTION BOURGOGNE - FRANCHE-COMTÉ

### LES 4e JOURNÉES DE L'ÉCOLE DOCTORALE LOUIS PASTEUR

La section régionale «Bourgogne-Franche-Comté» de la Société Française de Chimie a organisé ces journées les 10 et 11 mai 1995. Elle les a placées cette année sous le patronage de Louis Pasteur et les a localisées à Dole, sa cité natale.

La première journée était consacrée à des exposés, présentés par :

- Patrick Batail, directeur de recherche à l'Institut des Matériaux (UMR 110) de Nantes : «Chimie moléculaire de la matière condensée».
- Alain Aspect, directeur de recherche à l'Institut d'Optique Théorique et Appliquée d'Orsay : «Refroidissement d'atomes par laser».
- Raymond Weiss, professeur à l'université Louis Pasteur de Strasbourg : «Synthèse et étude de radicaux-cation fer(IV)-oxo de porphyrines et d'hydroporphyrines : modèles des composés-I des peroxydases, catalases et de l'espèce à oxygène actif des cytochromes P-450».

- Évelyne Cohen de Lara, directeur de recherches, université de Paris VI : «Une molécule en cage : dynamique et interactions moléculaires dans les zéolithes».

- Claude Camy-Peyret, directeur de recherche à l'université Pierre et Marie Curie : «Chimie stratosphérique et troposphérique : le problème de l'ozone atmosphérique».

Une vingtaine de communications orales et une trentaine de communications par affiches ont été présentées. Un jury a, par ailleurs, attribué deux prix de thèse (10 000 F) créés par EDF et L'Air Liquide, à Hervé Chollet et Patrick Marquie.

Pendant la deuxième journée, plus particulièrement consacrée à l'École doctorale, les exposés ont été faits par des étudiants chercheurs de cette école. Les points forts des équipes locales apparaissaient cette année en chimie de coordination et chimie du solide à forte composante physique, en prenant en considération les aspects scientifiques des applications. Deux prix pour les meilleures affiches ont été attribués à Fabienne Bouvier et Laurence Simon.

Il était réconfortant de voir la qualité des résultats et de leur présentation. Une telle manifestation entre tout à fait dans le rôle de la SFC, puisqu'elle met en relation deux universités - celle de Dijon et celle de Besançon - mais aussi, comme d'habitude, les industriels et les universitaires, et enfin, ce qui est plus rare, les physiciens et les chimistes puisque ces deux disciplines étaient présentes lors de ces journées.

## SECTION NORD - PAS-DE-CALAIS

### JOURNÉE LOUIS PASTEUR DE LILLE

La section a organisé une journée scientifique Louis Pasteur le 1er juin dernier à l'université des sciences et technologies de Lille.

Louis Pasteur a été le 1er doyen de la faculté des sciences en 1854 nommé par décret impérial (Napoléon III), comme nous le rappelle André Mortreux président de la section Nord-Pas-de-Calais : il est resté à Lille trois ans, au cours desquels du cristal-



graphe qu'il était initialement (Strasbourg), il a fait évoluer ses travaux vers la fermentation alcoolique. A ce titre, on peut considérer que ce passage à Lille a constitué pour lui une évolution importante dans ses thématiques de recherches, pour aboutir à ce que l'on sait sur son apport à la médecine.

Deux conférences ont été présentées, l'une par P. Potier sur la Navelbine et le Taxotère (cf. *L'Actualité Chimique*, janvier-février 1995, p. 5), l'autre par Daniel Raichvarg qui a fait état de l'évolution de la pensée de Pasteur au travers d'un problème soulevé par l'un de ses étudiants chercheurs, M. Bigo-Danel, dont le père possédait une distillerie de betterave. C'est à partir de ce problème industriel que débutèrent ses travaux sur la fermentation.

Signalons à nos lecteurs que le dernier numéro de *L'Actualité Chimique* de l'année sera consacré à Louis Pasteur.

## GROUPE Formulation et formation

### JOURNÉE GÉNIE DU MÉLANGE APPLIQUÉ A LA FORMULATION

Paris, 15 septembre 1995

Programme

9 h 00 : accueil des participants.

9 h 15 : présentation de la journée (J.-P. Canselier, ENSIGC Toulouse).

9 h 20 : Problèmes posés par le génie du mélange à travers les équipements (J. Bertrand, ENSIGC Toulouse).

10 h 35 : Formulation assistée par la rhéologie (L. Choplin, Ensic-Gemico, Nancy).

11 h 30 : Le mélange des poudres (B. Castel, Montpellier).

12 h 25 : déjeuner libre.

14 h 00 : Mélange des polymères : vue générale (J. Terrisse, École d'Application des Hauts Polymères, Strasbourg).

15 h 15 : Techniques de mélange et formulation de polymères (G. Mur, Rhône-Poulenc, Aubervilliers).

16 h 00 : Impact des processus de mélange sur la qualité des émulsions de bitume (L. Navascues, Elf Atochem, Levallois).

16 h 30 : Dispersion de particules solides (peintures, etc.) (H. Grondin, société Coatex, Genay).

17 h 00 : conclusion de la journée.

- Renseignements et inscriptions : Florence Foucaud, Association Progep, 18, chemin de la Loge, 31078 Toulouse Cedex. Tél. : 62.25.23.80. Fax : 62.25.23.18.

## GROUPE Electrochimie

### LES JOURNÉES D'ÉLECTROCHIMIE 1995

Ces Journées, parrainées par le groupe Electrochimie, ont eu lieu du 29 mai au 1er juin 1995 à Strasbourg, au Parc d'Innovation d'Illkirch.

Comme de coutume, cette manifestation a rassemblé la majorité des électrochimistes francophones (près de 420 inscrits).

La ville de Strasbourg accorde un grand intérêt au développement de l'usage des véhicules électriques. Aussi, pendant la durée du congrès, 12 voitures électriques étaient mises gracieusement à la disposition des électrochimistes.

Le prix «Électrochimie 1995» du groupe a été remis pendant ces journées, au cours de la réception des congressistes organisée, au Pavillon Joséphine, avec le concours de la Communauté urbaine de Strasbourg.

Le jury a eu à classer une quinzaine de candidats. Devant la grande qualité de nombre de dossiers, il a été décidé d'attribuer deux prix :

– Le prix «mention : électrochimie fondamentale», d'un montant de 5 000 F, a été attribué à M. Philippe Hapiot, chargé de recherche au CNRS, URA 438, pour ces études de mécanismes réactionnels en électrochimie moléculaire.

– Le prix «mention : application de l'électrochimie», d'un montant de 5 000 F, a été attribué à Mlle Martine LARGERON, chargée de recherche au CNRS, URA 1310, pour ses travaux sur les molécules à intérêt pharmacologique.

- D. Devilliers, UPMC, Laboratoire d'électrochimie, BP 51, 4, place Jussieu, 75252 Paris Cedex 05. Tél. : (1) 44.27.36.77. Fax : (1) 44.27.38.34.

# Union européenne

## A PROPOS DE L'ECS (EUROPEAN CHEMISTRY SOCIETY)

La création d'une Société Chimique Européenne a souvent été évoquée au sein des diverses sociétés chimiques des pays concernés. Une telle création est partout reconnue comme nécessaire à l'heure où l'Europe politique et économique se construit. Cependant, aucun essai en ce sens n'a jusqu'ici débouché sur un résultat concret. Il faut reconnaître que les discussions entre les différentes sociétés chimiques européennes butent sur des traditions et des représentativités fort différentes d'un pays à l'autre.

La Fédération Européenne des Sociétés Chimiques (FECS) et le Conseil Européen des Communautés Chimiques (ECCC) avaient entrepris de se rapprocher l'un de l'autre dès le milieu de 1994 dans le but d'une

fusion ultérieure.

Un groupe de "Jeunes chimistes" a fondé, à l'extérieur des circuits traditionnels, "l'European Chemical Society" dont le président est le professeur Istvan E. Marko de Louvain-la-Neuve, le correspondant pour la France est le docteur G. Bertrand.

Cette initiative mérite notre attention et notre intérêt. Elle a comme atouts la dynamique et l'absence a priori de la jeunesse. La SFC a engagé un dialogue avec ses initiateurs pour étudier ensemble les nombreuses questions qui ne manquent pas de se poser.

Une importante question, en particulier, est celle de ses relations avec les sociétés chimiques nationales.

Le Bureau de la SFC

# IUPAC

## Nomenclature des carbohydrates/Nomenclature of carbohydrates

Commission mixte IUPAC-IUBMB de nomenclature en biochimie

Ces recommandations développent et mettent à jour les règles provisoires de nomenclature des carbohydrates de 1969, à la lumière des développements de la chimie des carbohydrates et de l'usage de la nomenclature actuelle. Elles s'inspirent des derniers documents concernant la nomenclature conformationnelle, les dérivées en chaînes branchées, les monosaccharides, oligosaccharides et polysaccharides insaturés. On trouvera de nouveaux paragraphes sur les monosaccharides substitués (remplacement de H ou OH et leurs conséquences stéréochimiques) ; les monosaccharides considérés comme des substituants ; les radicaux, anions ou cations des carbohydrates ; les structures cycliques avec un oxygène remplacé par d'autres éléments et des structures contenant des cycles supplémentaires. On trouvera aussi une liste des noms ordinaires avec leurs équivalents. Ce document comprend presque 100 pages contenant une foule d'exemples et des structures de tous les carbohydrates.

*Les commentaires de ce document sont les bienvenus et doivent être adressés, avant le 1er octobre 1995, au Dr A.D. Mc Naught, Royal Society of Chemistry, Thomas Graham House, Science Park, Milton Road, Cambridge CB4 4WF, Grande-Bretagne.*

## Glossaire des termes de base en science des polymères/A glossary of basic terms in polymer science

La définition claire et non ambiguë des termes de base dans un domaine scientifique a une signification particulière. La nomenclature qui en résulte doit faire référence aux termes de base définis antérieurement et le plus grand soin est évidemment requis au moment de sa préparation ainsi que lors de sa révision.

En 1974, la Commission a publié un document intitulé «Définitions de base en terminologie des polymères» et qui a été publié dans *Pure and Appl. Chem.*, sous la référence 1974, 40, 479-491 (traduit par le GFP et publié dans la revue *Die Makromolekulare Chemie*, 1979, 180, 9). Ces définitions ont servi de base au travail de la Commission et ont engendré un

grand nombre d'autres documents de nomenclature.

La majorité des termes du document de base conviennent très bien. Les progrès en science des polymères et le besoin de nouvelles définitions, dont une formulation précise aurait contredit certains des termes de base, ont révélé de façon croissante la nécessité de modifier certains des termes de base.

Environ 20 ans après la parution du premier document, la Commission publie maintenant une série de termes de base révisée et allongée.

Le nouveau glossaire des termes a été proposé par la Commission avec le concours et l'aide de plusieurs chercheurs et de rédacteurs de journaux bien connus. Ceci conduit à 135 définitions et 187 termes définis.

*Les commentaires de ce document sont les bienvenus et doivent être adressés, avant le 30 novembre 1995, au Prof. R.F.T. Stepto, Polymer Science and Technology Group, Manchester Materials Science Centre, University of Manchester and UMIST, Grosvenor Street, Manchester, M1 7HS, Grande-Bretagne.*

## Définition des termes relatifs à la dégradation et au vieillissement des polymères et aux transformations chimiques correspondantes/Definitions of terms relating to degradation, aging and related chemical transformations of polymers

Les réactions chimiques sur polymères sont très importantes du point de vue de leur modification chimique parce qu'elles permettent d'améliorer leurs propriétés et d'induire des changements de structure et de propriétés physico-chimiques tant au cours de leur synthèse et de leur mise en œuvre, que lors de l'application ou encore sous l'action d'agents chimiques ou de microorganismes.

Cependant la terminologie a été développée seulement sur des bases destinées à leur seul usage par les différentes communautés professionnelles.

Ce document présente donc une liste alphabétique des termes relatifs à la dégradation et au vieillissement des polymères et aux transformations chimiques correspondantes ; il propose une terminologie définie selon une logique propre à ce domaine pour favoriser la communication et éviter les confusions. Quelques unes

des définitions générales sont modifiées par un ou plusieurs préfixes ou adjectifs décrivant le type ou la cause. Les définitions relatives aux termes de base tels que vieillissement, dégradation et stabilité, recouvrent des commentaires additionnels reliés à des cas spécifiques. Ainsi, par exemple, les définitions des différents types de vieillissement (artificiel, terrestre, broyage, sous radiation) apparaissent sous le terme général de «vieillessement». Les termes modifiés par des adjectifs, qui sont fréquemment utilisés pour eux-mêmes, sont définis séparément : biodégradation, photostabilisant, inhibiteurs antioxydants, sont des exemples typiques.

Un index figure à la fin du document pour aider le lecteur.

*Les commentaires de ce document sont les bienvenus et doivent être adressés, avant le 30 novembre 1995, au Prof. K. Hatada, Department of Chemistry, Faculty of Engineering Science, Osaka University, Toyonaka, Osaka 560, Japon.*

## Nomenclature pour chromatographie non linéaire/Nomenclature for non-linear chromatography

Ces recommandations élargissent la terminologie et les définitions dans le cas des séparations par chromatographie qui ont été présentées dans la Nomenclature en chromatographie (*Pure and Applied Chemistry*, 1993, 65, p. 819-873) et qui postulaient une chromatographie idéale et une partie linéaire de l'isotherme de distribution. Toutefois, en pratique, les séparations sont souvent réalisées dans des conditions non linéaires dans lesquelles l'isotherme de distribution entre les phases mobile et stationnaire dépend de la concentration. Cela conduit à des pics qui présentent un front ou une traînée.

*Les commentaires de ce document sont les bienvenus et doivent être adressés, avant le 1er janvier 1996, au Dr R.M. Smith, Department of Chemistry, Loughborough University of Technology, Loughborough, Leicestershire, LE11 3TU, Grande-Bretagne.*

- Toute personne souhaitant contribuer à la critique de ce document, avant sa parution au titre de «Recommandations définitives», peut obtenir une copie du texte intégral auprès de : Françoise Rouquerol, Centre de Thermodynamique et de Microcalorimétrie, 26 rue du 141e RIA, 13331 Marseille Cedex 3. Tél. : 91.28.20.75.

# Manifestations

## GIAM X

ELSENEUR (Danemark)  
6-12 août 1995

GIAM X : 10th International Conference on global impacts of applied microbiology and biotechnology.

- Renseignements : Annelise Kjoller, Dept. of General Microbiology, University of Copenhagen, DK-1307 Copenhagen K, Danemark. Fax : + 45 3532 2040.

## INDUSTRY-EDUCATION INITIATIVES IN CHEMISTRY

YORK (Grande-Bretagne)  
27 août-1 septembre 1995

Cette conférence internationale est patronnée par le comité Enseignement de la chimie de l'IUPAC et par les divisions Enseignement et Industrie de la Royal Society of Chemistry.

- Renseignements : Miranda Mapletoft, Chemical Industry Education Centre, Dept. of Chemistry, University of York, York YO1 5DD, Grande-Bretagne. Fax : +44 (904) 432516.

## LIQUID AND AMORPHOUS METALS

CHICAGO (États-Unis)  
27 août-1er septembre 1995

Cette 9e Conférence internationale est patronnée par l'IUPAC. Les sujets suivants seront couverts : métaux et alliages, transitions métaux-non métaux, clusters, matériaux composites, quasicristaux, mélanges métaux/sels fondus.

- Renseignements : John van Zytveld, Physics Department, Calvin College, 3201 Burton SE, Grand Rapids, MI 49546, États-Unis. Tél. : +1 (616) 9576340. Fax : +1 (616) 9576501.

## 24th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOLUTION CHEMISTRY

LISBONNE (Portugal)  
29 août-2 septembre 1995

- Renseignements : C.A.N. Viana, Instituto Bento da Rocha Cabral, FCUL, Calçada Bento da Rocha, Cabral, 1200 Lisboa, Portugal. Tél. : +351 (1) 3859628/608823. Fax : +351 (1) 7977837.

## 5th WORKSHOP ON PREPARATIVE HPLC

SALZBOURG (Autriche)  
10-13 septembre 1995

Ce 5e atelier sur les applications de la chromatographie liquide haute performance préparative est organisé par E. Merck et la Société Chimique Autrichienne.

- Renseignements : Rudolf F. Hazmuka, E. Merck, Frankfurterstr. 250, D-64271 Darmstadt, Allemagne. Tél. : +49 (6151) 72 74 23. Fax : +49 (6151) 78 13 39.

## 50e CONGRÈS ATI

SAINT-VINCENT (Italie)  
10-15 septembre 1995

Le congrès est organisé par l'Associazione Termotecnica Italiana, avec la participation de la Société Française des Thermiciens.

- Renseignements : Dipartimento di Energetica-Politecnico/corso Duca degli Abruzzi 24, Torino, Italie. Tél. : +39 (11) 564.4477/4407/4400. Fax : +39 (11) 564.4499.

## EURO-FILLERS 95

MULHOUSE  
11-14 septembre 1995

Les comités Moffis et Filplas organiseront cette conférence internationale sur les charges et les polymères chargés.

- Renseignements : Dr B. Haidar, CRPCSS, 24, avenue du Président

Kennedy, 68200 Mulhouse.  
Tél. : 89.42.01.55.  
Fax : 89.32.09.96.

## INTERN. WORKSHOP ON CHEMICAL PROCESS HAZARDS

MADRAS (Inde)  
11-15 septembre 1995

- Renseignements : T.S.K. Mahadevan Dy, Central Leather Research Institute, Adyar, Madras 600 020. Tél. : +91 (44) 41 52 48/26 16. Fax : +91 (44) 41 15 89.

## CONTROLE DE LA QUALITÉ DES EAUX

BASTIA  
12-15 septembre 1995

Cette école d'été de l'École Européenne de Chimie Analytique est consacrée au micropolluants minéraux organiques :  
- analyse de traces et spéciation (12 et 13 septembre),  
- analyse des micropolluants organiques (14 et 15 septembre).

- Renseignements : EECA, M.-C. Croguennec, 16, rue Claude-Bernard, 75231 Paris Cedex 05. Tél. : (1) 47.07.18.99. Fax : (1) 47.07.33.17.

## ENVIRONNEMENT : CEPEC 95

BEIJING (Chine)  
12-16 septembre 1995

L'Union européenne a accordé son soutien à ce salon qui est organisé sous le patronage de la NEPA (National Environmental Protection Agency), avec l'assistance du RIET (Regional Institute of Environmental Technology) à Singapour, de l'IMAG/MMI (Munich) et de la CAEPI (China Association of Environmental Protection Industry).

- Renseignements : Imag, Theresienhöhe 13, Postfach 12 07 09, D-80033 München, Allemagne. Tél. : +49 (89) 5 00 61-0. Fax : +49 (89) 5 02 84 97.

## EUROPEAN BIOTECHNOLOGY SYMPOSIUM'95

AMSTERDAM (Pays-Bas)  
13-14 septembre 1995

Les bioproduits pharmaceutiques, les réactifs et les protéines sont les sous-thèmes du symposium. Seront traités : les réglementations CEE et FDA, les biotransformations, la bioanalyse, les bioséparations, la sécurité et l'agrobiotechnologie.

- Renseignements : Ms. Irene Goding, European Biotechnology Symposium, c/o BioConferences International, 4405 East-West Highway #501, Bethesda, MD 20814, États-Unis. Tél. : +1 (301) 652 3072. Fax : +1 (301) 652 4951.

## JOURNÉES D'ÉTUDES DES POLYMÈRES

TOULOUSE  
17-22 septembre 1995

Organisées sous l'égide du GPF et de la division Matériaux polymères et élastomères de la SFC, à l'intention des jeunes chercheurs, les Jépo XXIII réuniront chimistes, physiciens, ingénieurs sur tous les thèmes concernant les polymères. Des conférences plénières sont destinées à faire le point dans différents domaines spécialisés. Le programme et la fiche d'inscription sont à demander d'urgence.

- Renseignements : Jépo XXIII, CEMES-CNRS, Josiane Sutra, 29, rue Jeanne Marvig, BP 4347, 31055 Toulouse Cedex. Tél. : 62.25.78.00. Fax : 62.25.79.99.



### SÉMINAIRE GALERNE 1995

NOUAN-LE-FUZELIER  
17-22 septembre 1995

En 1995, le séminaire se tiendra dans le Loir-et-Cher. Il est destiné principalement aux jeunes chercheurs, postdoc, doctorants en fin de thèse ou toute personne voulant s'initier aux techniques du rayonnement synchrotron et aux sciences de la matière.

- Renseignements : Secrétariat Galerne 95, Lure, bât. 209 D, Centre universitaire Paris-Sud, 91405 Orsay Cedex. Tél. : (1) 64.46.80.02.. Fax : (1) 64.46.41.02.

### CHROMATOGRAPHY OF POLYMERS

BRATISLAVA (Slovaquie)  
18-22 septembre 1995

- Renseignements : D. Berek, Polymer Institute of the Slovak Academy of Sciences, Dúbravská cesta 9, Sk-842 36 Bratislava, Slovaquie. Tél. : +42 (7) 3782306. Fax : +42 (7) 375923.

### MANUFACTURING AND TRANSPORTATION

STUTTGART (Allemagne)  
18-22 septembre 1995

Au programme des conférences : applications des peintures et revêtements poudre dans l'industrie automobile, gestion de la qualité totale...

- Renseignements : The Isata Secretariat, 42 Lloyd Park avenue, Croydon, CRO 55B, Grande-Bretagne. Tél. : +44 (181) 681 3069. Fax : +44 (181) 686 1490.

### CONGRÈS-EXPOSITION EUROCOAT

LYON  
19-20 septembre 1995

La manifestation est consacrée aux peintures, vernis, encres, colorants et adhésifs. Le congrès comportera une partie générale regroupant peintures et adhésifs. et des sessions spécialisées.

- Renseignements : CNRS, Laboratoire des matériaux organiques à propriétés spécifiques, BP 24, 69390 Vernaison. Tél. : (1) 78.02.22.22. Fax : (1) 78.02.71.87.

### GAZ ET ÉLECTRICITÉ EN EUROPE

PARIS  
19-20 septembre 1995

Quels enjeux, quelles perspectives ?, telles seront les questions posées à ce 4e Euroforum.

- Renseignements : Euroforum, 35, rue Greneta, 75002 Paris. Tél. : (1) 44.88.14.88. Fax : (1) 44.88.14.99.

### 5e CONGRÈS FRANÇAIS DE GÉNIE DES PROCÉDÉS

LYON  
19-21 septembre 1995

Organisé par CPE Lyon sur le thème de la maîtrise de la complexité rencontrée dans les procédés, le congrès est organisé autour de 6 conférences plénières, 44 communications orales et 139 communications par voie d'affiche, et de deux tables rondes.

- Renseignements : CPE Lyon, BP 2077, 69616 Villeurbanne Cedex. Tél. : 72.43.13.35. Fax : 78.93.13.96.

### POLYPROPYLÈNE, VERS LA HAUTE PERFORMANCE

CALUIRE-ET-CUIRE  
22 septembre 1995

Ce symposium est organisé par l'Association scientifique Paul Neumann, dans le cadre du 5e congrès du GFGP (Groupe Français de Génie des Procédés). Thèmes : les procédés modernes de polymérisation, la fonctionnalisation du polypropylène en cours de process, les nouvelles technologies de mise en œuvre du polypropylène.

- Renseignements : Madame D. Deloison. Tél. : (1) 40.81.43.07. Inscriptions : CPE Lyon, BP 2077, 69616 Villeurbanne Cedex.

### COFEM 95 CHIMICA ORGANICA FISICA E MECCANICISTICA

PÉROUSE (Italie)  
24-27 septembre 1995

- Renseignements : Dipartimento di chimica, Laboratorio di chimica organica, Università di Perugia, via Elce di Sotto, 8 06100 Perugia. Tél. : +39 (75) 585.5538/48. Fax : +39 (75) 585.5538/99.

### CONASTA 44 CONFERENCE

BRISBANE (Australie)  
24-29 septembre 1995

Cette conférence annuelle de l'Association des Enseignants de Chimie (Conasta) devient internationale. Thème retenu : l'enseignement scientifique : une perspective internationale.

- Renseignements : Kim Doherty, Continuing Education, The University of Queensland, QLD 4072, Australie.

### 12e JOURNÉES DE CHIMIE ORGANIQUE DU CAMPUS JUSSIEU

PARIS  
25-26 septembre 1995

Les communications de ces Journées, organisées en association avec les laboratoires Merck-Schuchardt, sont faites par des étudiants en cours de thèse (régulièrement inscrits à l'université P. et M. Curie) qui souhaitent faire part à la communauté scientifique des résultats de leurs travaux.

Chacune de ces journées sera marquée par la présence d'un conférencier étranger, en 1995 : John Brown (université d'Oxford, Grande-Bretagne) et Stefano Colonna (université de Milan, Italie).

- Renseignements : A. Alexakis, tour 44-45, 2e étage, 4, place Jussieu, Paris 75005. Tél. : (1) 44.27.55.67. Fax : (1) 44.27.71.50.

### EUROPEAN SCHOOL ON ELECTROCHEMICAL ENGINEERING

TOULOUSE

25-29 septembre 1995

Cette école européenne est préparée par le groupe de travail génie électrochimique de la Fédération Européenne du Génie Chimique et par le CNRS. Elle est destinée aux étudiants diplômés et aux chercheurs et ingénieurs.

- Renseignements : prof. A. Savall, Laboratoire de génie chimique et électrochimie, université Paul Sabatier, 118, route de Narbonne, 31062 Toulouse. Tél. : 61.55.61.10. Fax : 61.55.61.39.

### RECYCLAGE DES POLYMÈRES

PARIS  
26 septembre 1995

Au cours de cette manifestation, les industriels de la filière polymères viendront témoigner de leur expérience et tracer les perspectives d'avenir pour un matériau qui peut connaître une seconde vie dans le bâtiment ou d'autres applications.

- Renseignements : Robert Copé, CSTB Grenoble. Tél. : 76.76.25.25.

### COBALT 95 CONFERENCE

WASHINGTON (DC, États-Unis)  
26-28 septembre 1995

La conférence sera consacrée à l'approvisionnement, à la demande, au grutage.

- Renseignements : Melanie Briggs, Gorham/Intertech Consulting, 411 US Route One, Portland, ME 04105 États-Unis. Tél. : +1 (207) 781-9800. Fax : +1 (207) 781-2150.

### JOURNÉE SCIENTIFIQUE RENÉ DABARD

RENNES  
29 septembre 1995

Le Laboratoire de chimie organométallique et biologique de Rennes I organise cette journée en l'honneur du professeur René Dabard, directeur de l'Insa de Rennes et ancien président de l'université Rennes 1.

Des conférences seront présentées par H. Kagan

(Orsay), R. Corriu (Montpellier), F. Mathey (Palaiseau), R. Guillard (Dijon), D. Astruc (Bordeaux), H. des Abbayes (Brest), G. Jaouen (Paris), P. Dixneuf et H. Patin (Rennes).

- **Renseignements :** G. Simonneaux et J.-R. Hamon, Rennes I, campus de Beaulieu, 35042 Rennes Cedex. Tél. : 99.28.62.61. ou 99.28.62.85. Fax : 99.28.16.46.

## IMAGE ET SCIENCE

PARIS

29 septembre-10 octobre 1995

Organisées sous l'égide du CNRS, les 12e Rencontres internationales de l'audiovisuel scientifique se tiendront à la tour Eiffel. Au programme huit manifestations : congrès mondial des producteurs de films et d'émissions scientifiques, le prix télévision jeunesse, le festival international de l'émission scientifique de la télévision, le prix Jules Vernes, le prix Camera, le prix IAMS (International Association for Media in Science), le prix Möbius décerné par la CCE, et une rétrospective 120 ans de cinéma scientifique.

Par ailleurs, 70 musées français et 20 partenaires étrangers relaieront l'événement auprès du grand public. Le Muséum National d'Histoire Naturelle présentera, à cette occasion, le 1er Salon des médias de la science.

- **Renseignements :** Dominique Dellac, CNRS, 27, rue Paul Bert, 94204 Ivry-sur-Seine. Tél. : (1) 49.60.41.20. Fax : (1) 49.60.41.56.

## LES STRESS OXYDANTS ET PHOTO-OXYDANTS

PARIS

2-3 octobre 1995

Le colloque est organisé par la Société Française de photobiologie.

- **Renseignements :** Dr Christine Vever-Bizet, Laboratoire de biophysique, Muséum National d'Histoire Naturelle, 43, rue Cuvier, 75231 Paris Cedex 05. Tél. : (1) 40.79.37.08. Fax : (1) 40.79.37.05.

## L'ANALYSE PHARMACEUTIQUE

CHATENAY-MALABRY

3 octobre 1995

Dans le cadre des Actualité de chimie analytique placées sous le patronage de la division Chimie analytique de la SFC, du Syndicat National de l'Industrie Pharmaceutique et de la Société des Sciences et Techniques Pharmaceutiques, cette journée sera consacrée à l'analyse pharmaceutique : directions et applications nouvelles.

- **Renseignements :** Madame D. Baylocq-Ferrier, Laboratoire de chimie analytique, Faculté de pharmacie, 1, rue J.-B. Clément, 92296 Châtenay-Malabry Cedex. Tél. : (1) 46.83.54.58.

## JOURNÉE TECHNIQUE ASFILAB 1995

GRIGNON

3 octobre 1995

Cette journée, organisée par l'Asfilab (association des responsables de la qualité et fiabilité analytique), a pour sujet l'adultération et la contamination des denrées alimentaires : problèmes réglementaires et analytiques.

- **Renseignements :** Asfilab, 191, avenue Aristide Briand, 94237 Cachan Cedex. Tél. : (1) 41.24.88.09.

## CHEMTRANS ASIA 95

SINGAPOUR (Singapour)

3-5 octobre 1995

La conférence et l'exposition traiteront, en particulier, de l'impact de la croissance rapide de l'industrie chimique sur le stockage et la distribution dans la région.

- **Renseignements :** Baltic Conventions, The Baltic Centre, Great West road, Brentford TW, 9 8BU, Grande-Bretagne. Tél. : +44 (181) 847 2446. Fax : +44 (181) 569 8688.

## POLLUTEC 95 INDUSTRIE

PARIS

3-6 octobre 1995

Cette 11e édition de Pollutec constituera la vitrine internationale, à la Porte de Versailles, de solutions technologiques aux problèmes rencontrés par les industriels pour prévenir et traiter les pollutions. Couplé avec Ademe Energies 95, le salon de la maîtrise de l'énergie et des énergies renouvelables, de nombreux colloques et conférences accompagneront ces expositions parmi lesquels :

**Le 3 octobre 1995**

*Colloque recyclage*

organisé par la Federec (Annick Turpault, tél. : (1) 47.56.52.01. Fax : (1) 47.56.21.20).

*Pratique de la dépollution industrielle*

conférence organisée par le Nancie et l'IRH (Valérie Dautrement, tél. : 83.15.87.87. Fax : (1) 83.15.87.99).

*Qui fait quoi sur un site pollué* deux tables rondes organisées par le Forum de l'Environnement (Vincent Sol, tél. : (1) 44.05.80.00. Fax : (1) 44.05.80.54).

*La sécurité dans les laboratoires, adéquation des personnels aux risques*

demi-journée organisée par *L'Actualité Chimique* (Miren Helou, tél. : (1) 43.25.20.78. Fax : (1) 43.25.87.63).

**Le 4 octobre 1995**

*Management environnemental* conférence organisée par l' Afite (Corinne Noël, tél. : (1) 40.23.04.50. Fax : (1) 40.23.05.39).

*Déchets et santé*

colloque organisé par l'Asprodet (Isabelle Conche, tél. : (1) 44.01.47.01. Fax : (1) 40.54.03.28).

*L'avenir des fuels lourds et du charbon dans l'industrie face aux contraintes d'environnement*

conférence organisée par l'ATEE (Patricia Cottura, tél. : (1) 49.85.15.07. Fax : (1) 49.85.06.27).

**Le 5 octobre 1995**

*Comment maîtriser le coût de vos déchets industriels spéciaux* conférence organisée par l' Afite (Patricia Cottura, tél. : (1) 49.85.15.07.

Fax : (1) 49.85.06.27).

*Les boues industrielles. Opportunité ou fatalité*

conférence les 5 et 6 octobre, organisée par le GFGP et la SCI (SCI, tél. : (1) 45.55.69.46. Fax : (1) 45.55.40.33).

*Sites et sols pollués. Situation et évolutions en France en 1995*

colloque organisé par l'AGHTM (M. Touzé, tél. (1) 53.70.13.53. Fax : (1) 53.70.13.40).

*SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, dioxines, métaux lourds. Comment épurer les fumées industrielles*

conférence organisée par Uniclisma (tél. : (1) 47.17.62.92. Fax : (1) 47.17.64.27.).

**Le 6 octobre 1995**

*Actualité réglementaire en environnement industriel*

colloque organisé par le CFDE (Laurence Chabanne-Pouzynin, tél. : (1) 45.62.21.51. Fax : (1) 43.59.62.21).

*Le règlement pour le transport des matières dangereuses par route. Le cas des déchets industriels spéciaux*

colloque organisé par le SNCDL (Finsa, tél. : 48.06.80.81. Fax : (1) 48.06.43.42).

*Performance des collectes sélectives multimatériaux.*

*Indicateurs et méthodes*

conférence organisée par l'Ademe (Pierrette Jarrault, tél. : (1) 47.65.21.89. Fax : (1) 46.45.52.36).

- **Renseignements :** Sepfi-TechnoExpo Blenheim, 70, rue Rivay, 92532 Levallois-Perret Cedex. Tél. : (1) 47.56.21.15. Fax : (1) 47.56.21.20.

## SEMAINE DE L'ÉLECTRONIQUE ET DE LA PHYSIQUE

PARIS

3-6 octobre 1995

Cinq salons spécialisés se tiendront à la Porte de Versailles : Forum mesure et test électronique, Capteurs, Physique, Solutronic et Energie Expo.

- **Renseignements :** CEP Expositum, 1, rue du Parc, 92593 Levallois-Perret Cedex. Tél. (1) 49.68.51.00. Fax : (1) 47.37.74.38.

**L'Actualité Chimique organise  
le 3 octobre 1995  
une demi-journée d'étude sur**

**la sécurité dans les laboratoires :  
adéquation des personnels  
aux risques**

**Salon Pollutec, Paris, Porte de Versailles,  
Hall 7, salle 736**

Plusieurs conférences auront pour but de dégager les besoins des industries, notamment des PME-PMI, en matière de formation à la sécurité des personnes qu'elles embauchent pour leurs laboratoires.

Seront aussi développés : la réglementation, les principaux risques et la prévention.

Une table ronde finale permettra aux enseignants (lycées techniques, écoles de chimie, universités...) d'éclairer l'assistance sur la manière dont la formation à la sécurité est assurée (programmes, initiatives propres aux établissements...), sur les difficultés rencontrées et sur la manière d'ajuster la formation aux besoins.

Renseignements : Miren Helou, L'Actualité Chimique, 250, rue Saint-Jacques, 75005 Paris. Tél. : (1) 43.25.20.78. Fax : (1) 43.25.87.63.

**QUALITECH**

PARIS  
3-7 octobre 1995

Qualitech est un salon voué à la qualité en fabrication. Les participants pourront assister aux chaînes de la qualité, à des mini-ateliers didactiques où sera démontré en temps réel comment intégrer les processus de la qualité.

• Renseignements : Sofetec, 20, rue de la Saucière, 92100 Boulogne. Tél. : (1) 48.25.35.00. Fax : (1) 48.25.90.54.

**CHIMIE ET PROPRIÉTÉS  
DES POLYMÈRES**

L'ARBRESLE  
9-11 octobre 1995

Ce 2e colloque franco-roumain sur les polymères est organisé sous le patronage du Groupe Français des Polymères et de l'Asociația Romana de Stiinta Polimerilor.

• Renseignements : Jean-François Gérard, Laboratoire des matériaux macromoléculaires, INSA, bât 403, 69621 Villeurbanne Cedex. Tél. : 72.43.85.48. Fax : 72.43.85.27.

**JADH'95**

LA COLLE SUR LOUP  
15-20 octobre 1995

Les 8e Journées d'étude sur l'adhésion comprennent une partie formation, une partie colloque.

• Renseignements : Section Française de l'Adhésion, division de la Société Française du Vide, 19, rue du Renard, 75004 Paris. Tél. : (1) 42.78.15.82. Fax : (1) 42.78.63.20.

**ICAST'95**

AMSTERDAM (Pays-Bas)  
16-20 octobre 1995

Ce 1er Congrès international sur la science et la technologie de l'adhésion est organisé par VSP International Science Publishers, éditeur du *Journal of Adhesion Science and Technology*.

• Renseignements : J.R.F.Th. Groesbeek, PO box 346, 3700 AH Zeist, Pays-Bas. Tél. : +31 3404 25790. Fax : +31 3404 32081.

**ANALYSE THERMIQUE  
SUR LES POLYMÈRES ET  
COMPOSITES**

RUEIL MALMAISON  
19-20 octobre 1995

Cet atelier est organisé par TA Instruments, le Polymeric Composites Laboratory (université de Washington) et l'Institut Française du Pétrole. Il a pour objectif de couvrir les principes de l'analyse thermique et techniques associées pour la mise en œuvre et l'évaluation des composites et polymères haute performance.

• Renseignements : Jacques Cattiaux, TA Instruments, 18, avenue Jean Bart, parc d'activité de la Grande Ile, 78960 Voisins-le-Bretonneux. Tél. : (1) 30.48.94.60. Fax : (1) 30.48.94.51.

**43e JOURNÉES DE L'UDP**

DIJON  
20-23 octobre 1995

Le congrès annuel de l'Union des Physiciens se tiendra cette année à la faculté Gabriel de l'université de Dijon. Le programme comportera deux journées de conférences, une journée de travail en ateliers scientifiques et pédagogiques en parallèle avec les expositions de matériels, ouvrages et logiciels scientifiques et une journée de visites de sites industriels et touristiques.

• Renseignements : J. Adamski, Udp-Bourgogne, 43, impasse de la Gaîté, 71100 St Rémy. Tél. : 85.48.51.71. Fax : 85.93.29.08.

**SCIENCES ET CITOYENS**

JAUNAY-CLAN  
3-5 novembre 1995

Ces 5e Rencontres se tiendront au Futuroscope de Poitiers. Elles réuniront des jeunes européens et des chercheurs. Parmi les thèmes de réflexion retenus : certitudes et incertitudes dans les sciences, la vie devait-elle exister ?, la science et l'argent, la réalité virtuelle...

• Renseignements : J.-L. Buscaylet, CNRS-MIDST, 3, rue Michel-Ange, 75794 Paris Cedex 16. Tél. : (1) 44.96.46.34 (par Minitel : 3614, CNRS, rubrique Sciences et citoyens).

**Tarif préférentiel  
d'abonnement à  
L'Actualité Chimique  
pour les membres  
de la SFC**

Formulaire à renvoyer à la Société Française de Chimie

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

Nom \_\_\_\_\_ Prénom \_\_\_\_\_

Adresse \_\_\_\_\_

Code postal \_\_\_\_\_ Ville \_\_\_\_\_

- Je souhaite m'abonner à *L'Actualité Chimique* (n° de sociétaire SFC:.....), Sociétaires en activité : 500 F. Autres catégories (jeunes, retraités...) : 250 F.
- Je souhaite recevoir une facture.

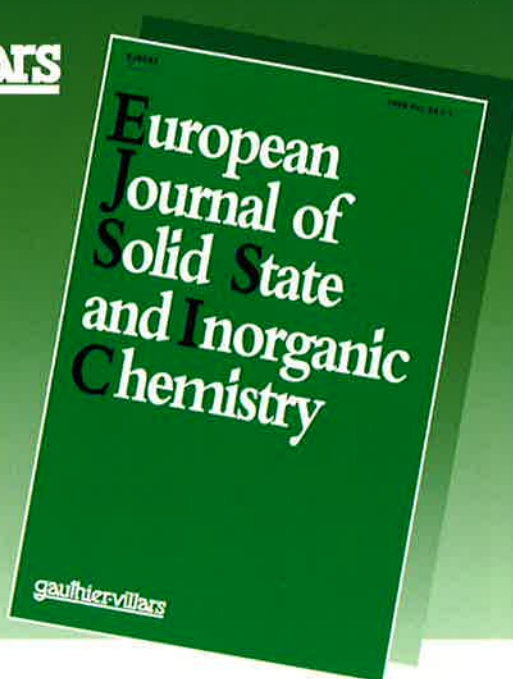
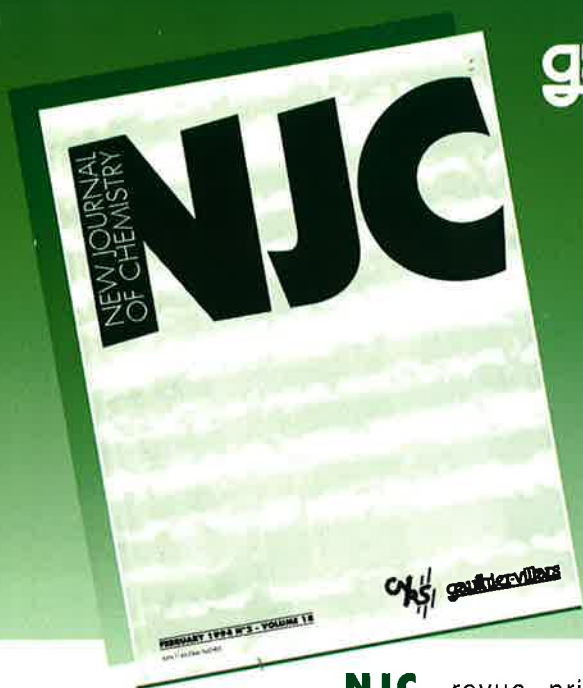
A \_\_\_\_\_ le \_\_\_\_\_

Signature



# UNE AUDIENCE INTERNATIONALE POUR VOS RÉSULTATS DE RECHERCHE EN CHIMIE

**gauthier-villars**



**NJC**, revue primaire internationale éditée en collaboration avec le CNRS, publie des articles, des courtes communications et des mises au point, dans tous les domaines de la chimie.

**VOS RÉSULTATS PUBLIÉS TRÈS RAPIDEMENT !**

**NJC** vous rappelle qu'il met à votre disposition son service de publication rapide de courtes communications. Ces communications, qui ne doivent pas dépasser cinq pages dactylographiées (figures comprises) sont traitées de façon privilégiée et gratuite : arbitrées sous huit jours et imprimées en priorité absolue !

**NJC** est indexé dans *Current Contents*, *Chemical Abstracts*, *Inspec Database* et *Inist Pascal Database*.

**EJSSIC**, revue primaire internationale, s'intéresse à tous les domaines de la chimie inorganique et de l'état solide sans exception.

Elle propose régulièrement des numéros thématiques. Le seul critère de sélection des articles est celui de la qualité et de l'originalité. **EJSSIC** garantit des délais de publications rapides pour les articles acceptés, et ce gratuitement.

**EJSSIC** est indexé dans *Current Contents*, *Inspec Database* et *Inist Pascal Database*.

**NJC** • 1995 - Vol. 19

11 numéros par an • ISSN 1144-0546

TARIFS D'ABONNEMENT

	France	Export
Institutions	2 100 F	2 600 FF
Particuliers	650 F	950 FF

**EJSSIC** • 1995 - Vol. 32

11 numéros par an • ISSN 0992-4361

TARIFS D'ABONNEMENT

	France	Export
Institutions/Particuliers	1 550 F	1 950 FF
Etudiants	950 F	1 200 FF

## BULLETIN D'ABONNEMENT

Nom .....

Organisation .....

Spécialité .....

Adresse .....

Ville .....

Code ..... Date .....

- Veuillez enregistrer mon abonnement à **NJC** pour 1995.
- Veuillez enregistrer mon abonnement à **EJSSIC** pour 1995.
- Paiement joint.
- Veuillez m'envoyer une facture *pro forma*.
- Veuillez débiter ma C.B. (VISA/EUROCARD/MASTERCARD)

pour un montant de ..... F.

N°

Date d'expiration

Signature

A retourner à votre agence d'abonnement ou à la CDR :  
Centrale des Revues • 11, rue Gossin  
92543 MONTROUGE Cedex • Fax (33 1) 46 57 40 69

En application de l'article 27 de la loi 78-17 Informatique et Liberté, vous disposez d'un droit d'accès et de rectification pour toute information vous concernant sur notre fichier. Dunod Editeur peut être amené à communiquer ces informations aux organismes qui lui sont liés contractuellement sauf opposition de votre part notifiée par écrit.