

l'actualité chimique

recherche - industrie - enseignement

Mensuel Décembre
2000

n° 12



■ **Réflexions sur la formulation**

■ **La recherche en France
sur les matériaux carbonés**

■ **Tournesol et chimie verte**



**Intégrité, dynamisme, esprit d'équipe.
Développons ensemble les valeurs de notre chimie.**

Intégrité, dynamisme, esprit d'équipe, voici les principes qui nous animent, voici les valeurs sur lesquelles vous pouvez compter. Nos compétences en chimie fine et synthèses multi-étapes vous sont déjà acquises et font constamment leurs preuves dans les secteurs pharmaceutique et agrochimique. Choisir ISOICHEM et SNPE Chimie, c'est choisir plus qu'un partenaire : c'est élargir votre équipe.

GRUPE SNPE - 12, Quai Henri IV - 75181 Paris Cedex 04 - France
Tél.: +33 (0)1 48 04 68 44 - Fax : +33 (0)1 48 04 68 87
e.mail : dircom@snpe.com

SNPE *Chimie*  **ISOICHEM**
GRUPE SNPE GRUPE SNPE

LE CHIMISTE DES SCIENCES DE LA VIE

SOMMAIRE



Champ de tournesol (voir article p. 3) et col en carbone/carbone (voir article p. 8) de la tuyère du moteur à propergol solide du lanceur Ariane 5 (SNECMA Moteurs, Bordeaux). DR.



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

ÉDITORIAL

- Quelle stratégie pour les « produits de niches » ?, par B. Sillion 2

RECHERCHE

- Valorisation non alimentaire de l'huile de tournesol oléique : quelles opportunités ?, par P. Satgé de Caro, A. Gaset 3
- Les matériaux carbonés, par P. Delhaès 8
- Stratégie et synthèse organique, par P. Compain 12

INDUSTRIE

- La formulation : de l'art à la science du compromis. L'histoire et l'actualité de la formulation, par G. Schorsch 20

INTERNET

- Recherche par Internet sur le thème : « Sécurité, environnement, laboratoire, enseignement, chimie », par V. Viossat, J. Ben-Aim 25

HISTOIRE DE LA CHIMIE

- Contribution historique de deux manuels d'enseignement à la construction de la science chimique, par M. Terrien, J. Fournier 33

INFORMATIONS GÉNÉRALES

MANIFESTATIONS

ACTIVITÉS DE LA SFC

BOURSE DE L'EMPLOI

INDEX 2000

Rédaction

Rédacteur en chef : Bernard Sillion

Rédacteur en chef adjoint : Thérèse Chaudron

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

Secrétariat : Roselyne Messal

Comité de rédaction : E. Bordes (div. Cat.), J. Buendía (SCI), J.-L. Butré, M. Carréga (div. Matér. polym.), G. Chambaud (com. interdiv. Enseignement), N. Cheymol (CPGE), J.-B. Donnet (ancien président de la SFC), R.-E. Eastes (ENS), J.-P. Foulon (UDP), J. Fournier (club Histoire), J.-F. Gruson (IFP), P.-C. Lacaze (div. Chim. phys.), J.-F. Lambert (div. Cat.), J.-C. Mendelsohn (Elf Atochem), G. Ourisson (ULP, Strasbourg), A. Picot (Prévention des risques chimiques), A. Proust (div. Chim. coord.), D. Rutledge (div. Chim. anal.), J.-M. Schmuck (club de jeunes), G. Schorsch (SFC), F. Sécherresse (div. Chim. coord.), P. Vermeulin (CNRS), J.-N. Verpeaux (div. Chim. orga.), C. Viel (club Histoire), D. Vivien (div. Chim. solide).

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

Édition

Société Française de Chimie.

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

Imprimerie : SPEI, BP 26, 54425 Pulnoy.

ISSN 0151 9093

Commission paritaire n° 0402 G 75884

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

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

Index des annonceurs

Tarifs 2000

L'Actualité Chimique (11 numéros par an)

- Particuliers/Institutions
 - France 1 100 FF
 - Étranger 1 325 FF

- Étudiants*
 - France 420 FF
 - Étranger 660 FF

* Sur présentation de la carte d'étudiant

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

Abonnement

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

Prix de vente au numéro : 120 FF

© SFC, 2000 - Tous droits réservés - Dépôt légal : décembre 2000

BASF p. 60
Institut Français du Pétrole III^e de couv.
Maison de la Chimie IV^e de couv.
Répertoire français des ingénieurs p. 40

SNPE II^e de couv.
Société de Secours aux Ingénieurs Chimistes p. 11
Sanofi p. 7

Quelle stratégie pour les « produits de niches » ?

J'ai participé dans la semaine du 13 novembre à un petit colloque au CNRS sur les polymères aromatiques et hétérocycliques. L'idée des organisateurs était de faire apparaître les résultats significatifs dans la synthèse et la caractérisation, de recenser qui fait quoi en France et

d'identifier les utilisations actuelles et potentielles de ces produits. Les participants et intervenants, une centaine environ, venaient du monde industriel et universitaire.

Quelques lignes tout d'abord, pour situer le domaine, qui seront suivies de quelques réflexions.

Pour les non-spécialistes, ces polymères composés de motifs aromatiques et hétérocycliques sont caractérisés par une grande rigidité moléculaire qui permet de conserver des propriétés dans un large intervalle de température. Ces propriétés ont été mises à profit pour produire des vernis d'émaillage de conducteurs électriques, des matériaux structuraux en aéronautique. Des recherches sont en cours pour étudier des matériaux utilisables en électronique, optoélectronique, pour la perméation gazeuse et, plus récemment, des membranes polyélectrolytes pour piles à combustible...

D'une manière générale, à l'exception des vernis d'émaillage et peut-être dans l'avenir des membranes pour piles à combustible, il s'agit de « marché de niches » à relativement haute valeur ajoutée.

Quelles réflexions peut-on tirer de ces journées ? réflexions qui, sans doute, dépassent le cadre du domaine ciblé par le colloque :

- L'organisation de la recherche en France sur ces sujets qui ne passionnent pas l'industrie chimique n'est absolument pas structurée, à l'inverse de ce qui se passe aux États-Unis et au Japon.
- Tous les intervenants utilisateurs de ces matériaux polymères ont souligné la nécessité, pour développer de nouvelles technologies, de disposer d'échantillons autres que des « produits de labo ».
- On comprend que ces marchés de niches très diversifiés n'attirent pas la grande industrie chimique (bien que DuPont aux États-Unis, Japan Synthetic Rubber ou Nissan au Japon soient très actifs dans ces domaines).
- On comprend que les industries utilisatrices (électronique ou technique de séparation par exemple) ne se sentent pas très à l'aise dans le développement de produits chimiques (bien que Hitachi au Japon soit un exemple contraire).

Cependant, tous les spécialistes s'accordent pour penser que des percées technologiques importantes peuvent être réalisées grâce à ces produits de tonnage modeste. Mais que faire ?

En réalité, deux échelons sont nécessaires.

- Pour valider une idée : il faut la production de petits échantillons (en quart de grand) mais obtenus avec des méthodes compatibles avec un développement ultérieur (attention aux méthodes de laboratoire non extrapolables).
- Pour qualifier dans l'industrie utilisatrice : les opérations sont coûteuses et le développement ne peut être entrepris que sur la base d'une production dans des conditions industrielles (réacteurs spécifiques, traitements, contrôle qualité...).

Comment mettre en œuvre cela ? Mieux structurer la recherche et le développement au niveau européen ? Imaginer des « start-up » avec participation des industries utilisatrices ? Le problème n'est pas simple, mais si l'on n'y prend garde, l'innovation technologique qui dans certains cas dépend de la chimie continuera d'être importée d'Amérique ou du Japon.

Bernard Sillion
Rédacteur en chef

Valorisation non alimentaire de l'huile de tournesol oléique : quelles opportunités ?

Pascale Satgé de Caro* ingénieur, Antoine Gaset* professeur, directeur de laboratoire

Summary : *Non-food use of oleic sunflower oil : which opportunities ?*

In a context unceasingly subjected to new technical and economic data, the development of the markets often remains difficult to foresee.

Whereas the success of oleic sunflower had been widely predicted, this raw material still arouses some questions, particularly about the adequation of the derived products to present and futur needs of the oleochemistry. What are the abilities of oleic sunflower to meet the market requirements ? Which impulse to give to the chain value ? Only a proximity work with actors of the field enables to identify the assets and the weak points of this raw material.

Mots clés : *Huile végétale de tournesol oléique, acides gras, débouchés, lipochimie.*

Key-words : *Oleic sunflower oil, fatty acids, outlets, oleochemistry.*

Depuis 1997, les surfaces cultivées en tournesol oléique sur jachère industrielle font plus que doubler chaque année (tableau I) et les prévisions affichent le chiffre de 35 000 ha d'ici 5 ans [1]. Les débouchés non alimentaires du tournesol oléique sont incontestablement en voie de développement puisque la demande est actuellement évaluée au moins égale à deux fois l'offre. Mais il faut reconnaître que cette filière est confrontée à plusieurs difficultés qui sont en passe d'être maîtrisées.

Tout d'abord, la mise au point de variétés performantes de tournesol oléique ne date que de quelques années et les sélectionneurs poursuivent encore leur amélioration. Il existe par ailleurs des contraintes d'ordres politiques et économiques (pourcentage de surface en jachère variable en fonction des années, importations en provenance d'Amérique latine ou d'Ukraine...) qui créent des conditions d'incertitude.

L'ensemble de ces facteurs, ajoutés aux contraintes d'isolement de parcelles, contribue à maintenir le prix de commer-

Tableau I - Jachère industrielle en tournesol oléique (l'estimation faite pour toute l'Europe correspond sensiblement aux surfaces cultivées en France).

	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Surface (ha)	1 381	659	4 949	2 640	2 618	7 206	17 000

Source Prolea.

cialisation de l'huile de tournesol oléique à un niveau souvent jugé trop élevé.

C'est ce contexte qui, dès 1995, a modéré l'engouement suscité par le tournesol oléique, les transformateurs en lipochimie s'étant ponctuellement découragés.

Les années 1997 et 1998 ont probablement constitué un tournant dans le développement de cette filière : à la demande des industriels de la lipochimie, des coopératives agricoles se sont regroupées pour assurer une interface efficace entre producteurs et industriels [2]. Des accords directs ont ainsi été passés entre les deux parties. Cette démarche a pour objectif de garantir à l'industrie lipochimique une source d'approvisionnement à un coût raisonnable pour des besoins définis à l'avance. Il s'agit également d'assurer aux agriculteurs un débouché non alimentaire pour des cultures hors jachères selon une rémunération au moins équivalente à celle de l'alimentaire.

Critères de sélection d'une huile végétale

Pour s'approvisionner en huiles et dérivés, lipochimistes et transformateurs se basent sur un certain nombre de critères auxquels la filière a dû progressivement s'adapter.

- Une **bonne disponibilité** de la matière première est importante pour assurer un approvisionnement régulier.

- Les fluctuations du **cours de la graine** doivent être limitées.

- La **composition en acides gras** doit être dotée d'une bonne reproductibilité de façon à obtenir une qualité dite standard.

Ces trois points ont fait souvent l'objet de critique vis-à-vis du tournesol oléique, mais la situation s'est nettement améliorée et continue d'évoluer favorablement.

Une matière première est également jugée sur le **juste prix d'intérêt** qu'elle présente, en tenant compte des débou-

* Laboratoire de Chimie agro-industrielle, UMR 1010 INRA, ENSCT, 118, route de Narbonne, 31077 Toulouse Cedex 04. Tél. : 05.62.88.57.24. Fax : 05.62.88.57.30. E-mail : lccatar@cict.fr

chés potentiels. Pour le tournesol oléique, ce prix peut être estimé de 10 à 20 % supérieur à celui du prix du suif ou du palme, c'est-à-dire autour de 5 francs. Cette marge peut être éventuellement dépassée pour la formulation de produits à haute valeur ajoutée. D'ici quelques années, on peut raisonnablement penser que la différence de prix avec les sources habituelles d'approvisionnement n'excédera plus les 10 %.

Les exigences en matière de **distribution spécifique** en acides gras dépendent du domaine d'application visé. Par exemple, la teneur d'acides gras saturés conditionne en grande partie la valeur du titre (en °C) de la matière première, c'est-à-dire son point de cristallisation. Le *tableau II* montre que la **variété oléique du tournesol** se caractérise par une teneur élevée (> 80 %) en chaînes grasses mono-insaturées associée à une faible teneur en chaînes saturées et poly-insaturées.

Outre la composition en acide gras, le choix d'une oléine obéit à des critères de couleurs (fonction du grade de distillation) ainsi qu'à des critères olfactifs. Sur ce dernier point, les dérivés du tournesol oléique sont davantage appréciés que ceux du suif ou de l'olive.

Spécificité de l'huile de tournesol oléique

Des travaux récents ont montré que l'extraction de l'huile de tournesol oléique à partir de la graine pouvait être réalisée selon des procédés compétitifs conduisant à une huile de haute qualité [3-4].

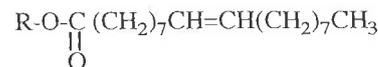
Les compositions en acides gras des différentes sources d'approvisionnement riches en fraction oléique sont comparées dans le *tableau III*. La fraction oléique majoritaire représente de 35 % à 88 % des compositions, ce qui constitue un large éventail de choix.

La valorisation chimique des triglycérides du tournesol oléique est réalisée selon les procédés classiques développés en lipochimie, pour conduire notamment aux acides gras ou esters méthyliques (*schéma 1*). La spécificité du motif oléique intervient davantage lors de réactions de fonctionnalisation ultérieures, pour conduire à des dérivés dits de « deuxième génération ».

Rappelons que l'image positive dont bénéficient les **formulations à bases végétales** repose notamment sur leurs qualités d'éco-compatibilité en matière d'impact environnemental et sanitaire [5-6]. Haute biodégradabilité, innocuité biologique, mais aussi sur un plan technique, protection des matériaux oxydables, bonne solubilité des additifs... sont des caractéristiques reconnues des esters naturels.

L'huile de tournesol oléique et ses dérivés lipochimiques possèdent quelques atouts supplémentaires tels que : une stabilité accrue vis-à-vis des réactions de

dégradation thermique et d'oxydation [7], des indices de viscosité et des points éclair élevés. La chaîne oléique présente de plus un compromis intéressant entre stabilité et réactivité chimique, grâce à la symétrie en C9 autour de la double liaison.



Motif oléique en C18:1

En définitive, le profil « tournesol oléique » correspond aux spécifications qui intéressent une part importante des industriels de la lipochimie (*tableau IV*).

Tableau II - Profils en acides gras des deux variétés de tournesol.

	Tournesol traditionnel	Tournesol oléique
% acides gras saturés	13	8
% acides gras mono-insaturés	16	83
% acides gras poly-insaturés	71	9
Indice d'iode	120-134	84-86

Tableau III - Composition en acides gras de différentes huiles végétales et du suif.

	Olive	Palme	Tall oil	Tournesol oléique	Colza oléique	Suif
Palmitique C16:0	8-20	43-46	< 1	2-3	nc	20-33
Stéarique C18:0	1-6	4-6	1-2	4-6	nc	14-29
Oléique C18:1	60-80	37-41	45-55	76-88	70-75	35-50
Linoléique C18:2	3-15	9-12	35-40	9-13	nc	2-5
Linoléinique C18:3	< 2	traces	-	traces	2,6 min	< 1,5

nc : non communiqué

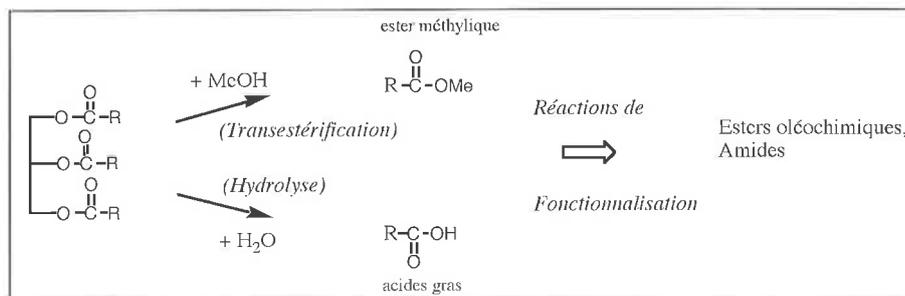


Schéma 1 - Exemples de valorisation chimique d'une huile végétale.

Tableau IV - Corrélation entre profil en acides gras et les propriétés physico-chimiques.

Spécifications	Propriétés types
• Teneur élevée en fraction oléique (> 80 %)	Bonne fluidité de la matière
• Faible teneur en linoléique (C18:2) et en linoléinique (C18:3) (< 10 %)	Meilleure stabilité thermique et résistance à l'oxydation
• Faible teneur en acides gras saturés (C18:0 < 2 %)	Amélioration des propriétés à froid

Positionnement du tournesol oléique

Le tournesol oléique entre en compétition avec d'autres sources de matières premières riches en acide oléique (tableau V).

La part de marché encore modeste des **dérivés issus du tournesol oléique** continue de progresser grâce aux atouts générés par la richesse en acide gras oléique et les propriétés originales qui en découlent. Or, les prix ne sont pas pour l'instant réellement représentatifs de ce qu'ils pourraient être si la culture était réalisée à plus grande échelle. En effet, la production en oléine¹ de tournesol oléique (OTO) et en ester méthylique (EMTO) est souvent réalisée à la demande. La pureté élevée de l'oléine issue du tournesol oléique dispense de faire appel à des opérations coûteuses de fractionnement, ce qui est favorable à l'abaissement du coût des produits transformés.

La part de marché du **suif** reste importante et dominante ($\approx 60\%$), même si elle est en phase de régression. Les avantages résident dans la disponibilité de la matière première, son prix et sa composition constante. En revanche, l'image marketing est entachée par l'origine animale et par le syndrome de l'ESB.

La part de marché du **palme** est à peu près stable. Le palme représente une alternative végétale au suif, à prix modéré. Le cours du palme en Europe est néanmoins sujet à des variations importantes, étroitement liées à la crise asiatique.

La part de marché du **tall oil**² est sensiblement identique à celle du palme. En dépit d'une pureté moyenne, le tall oil

est attractif de par son prix ; il s'agit en effet d'un produit fatal. Par contre, la composition en acides gras est variable selon l'origine et les ruptures d'approvisionnement sont fréquentes.

On trouve également des **oléines végétales** correspondant à des mélanges d'oléines de différentes origines. Leur part de marché est en augmentation. L'avantage est de pouvoir proposer des profils en acides gras à la carte, permettant aux raffineurs d'adapter leurs approvisionnements à l'évolution du cours des matières premières. Ces mélanges comportent une fraction de tournesol oléique plus ou moins importante. Leur niveau de prix reste pour l'instant supérieur à celui de l'oléine d'origine animale.

Les co-produits d'extraction de l'**huile d'olive** connaissent un succès croissant car ils constituent une alternative végétale au rapport qualité/prix attrayant, même si l'approvisionnement est géographiquement limité.

Il faut souligner que l'utilisation d'**oléine de pureté moyenne** reste largement majoritaire (palme, tall oil ou suif). En effet, de nombreuses formulations ont été à l'origine élaborées avec ce type de profil en acide gras. De plus, le surcoût généré par une plus grande pureté de l'oléine ne se justifie pas dans tous les cas.

Enfin, il est possible qu'à l'avenir une partie de la demande en oléine se porte également sur le colza oléique.

Dorénavant, les besoins sensiblement croissants en oléine s'accompagnent d'une **réorganisation des approvisionnements** ; la perte de vitesse du suif profite aux matières premières végétales, y compris celles à haute teneur oléique.

Quelle stratégie pour quels débouchés ?

On estime que les **débouchés prévisionnels** sont susceptibles de drainer 150 000 tonnes par an de tournesol oléique en Europe (source Cetiom). Dans ces conditions, on peut penser tripler la part de marché du tournesol oléique pour qu'environ 20 % des besoins en oléine soient issus du tournesol oléique.

Même si les pays producteurs de tournesol oléique (France, Italie, Espagne) sont les plus sensibilisés aux débouchés potentiels, la Belgique, l'Allemagne et l'Autriche, par l'intermédiaire de grands groupes comme Fina Oleochemicals, Henkel ou Mosselman, se montrent intéressés par l'acquisition de tonnages conséquents.

Actuellement, il s'avère qu'un grand nombre d'industriels de la chimie n'ont pas eu l'occasion d'essayer et de découvrir les possibilités offertes par une nouvelle matière première à haute teneur oléique, soit par manque d'opportunités, soit faute de moyens pour entreprendre une étude dans ce sens ou tout simplement par méconnaissance³. Parmi ces entreprises, une majorité reconnaît ne pas évaluer les avantages potentiels de l'oléine de tournesol par rapport à d'autres origines végétales, au regard de leurs activités. Un grand nombre cependant se déclare ouvert à l'idée d'explorer une voie de valorisation dans ce domaine.

Les sociétés déjà utilisatrices de dérivés de tournesol oléique sont conscientes des qualités à exploiter et poursuivent leur recherche pour développer de nouveaux produits ou pour élargir une gamme de formulations. C'est le cas de la société Steppan qui développe de nouveaux types d'adoucissants pour textile, ou bien de la société Petronaphte Fina, qui travaille à la mise au point d'huiles d'ensimage non polluantes destinées à l'industrie textile.

S'orienter vers l'**utilisation de matières premières dérivées du tournesol oléique** peut se concevoir de deux façons :

– La haute pureté en fraction oléique permet l'élaboration d'une **nouvelle génération de produits**. L'intérêt de cette stratégie est l'obtention de propriétés originales pouvant être associées à la

Tableau V - Composition de différents types d'oléines.

	Oléine de de suif	Oléine de stéarine de palme	Oléine de grignon d'olive	Oléine de Tall oil (TOFA)	Oléine de tournesol oléique	Oléine de tournesol hautement oléique	Oléine végétale
C16:0	7	0	7-16	1	4	0	3-6
C16:1	7	0	1 max	–	–	0	–
C18:0	0	0	1-3	2	5	0	< 2
C18:1	83,7	80,6	65-75	48-55	81	90,2	62-76
C18:2	7	19,4	4-15	30-40	8	9,8	7-14
C18:3	2,3	0	2 max	2 max	2	0	< 2
Indice d'iode	96,8	103	81-95	120-135	90	94,5	95

Sources : Daudruy, Seppic et RDT

mise au point de nouveaux procédés de fabrication.

– On peut également opter pour une démarche basée sur l'**adaptation de formulations existantes**. Dans ce cas, il faut étudier l'influence sur les propriétés du produit fini, de l'introduction d'un pourcentage défini d'un composant riche en motifs oléiques.

On notera que les dérivés du tournesol oléique trouvent plus facilement leur place en tant que composants d'appoint au sein d'une formulation, alors que leur utilisation en tant qu'huile de base, est probablement réservée à certaines applications du type huiles lubrifiantes.

A l'heure actuelle, l'application qui s'est la plus développée autour du tournesol oléique est la **mise au point de lubrifiants biodégradables** : en effet, les esters végétaux dotés de qualités naturelles d'anti-usure ont une carte à jouer face aux produits d'origine pétrolière [8-10]. L'utilisation de bases naturelles permet de plus de répondre aux préoccupations croissantes en matière d'environnement pour les applications dites de « lubrification perdue » dans les domaines de l'exploitation forestière [11], de l'industrie mécanique ou du transport ferroviaire. Le machinage agricole, le démoulage de matériaux de construction [12] ou le travail des métaux sont également des secteurs d'activité concernés par l'utilisation de lubrifiants « propres ». A titre d'exemple, la société toulousaine STL Tecnol commercialise avec succès depuis quelques années une gamme de lubrifiants à base d'huile de tournesol oléique sous la marque Hélianthe (lubrifiants pour moteurs quatre temps ou pour moteurs deux-temps, fluides hydrauliques, huiles de chaîne). La société Nyco quant à elle s'intéresse à l'ester méthylique de tournesol oléique (EMTO) comme base lubrifiante.

La mise au point d'additifs organiques dérivés des huiles végétales, destinés aux formulations lubrifiantes est également une voie de valorisation qui se développe et qui permet de renforcer les qualités environnementales du lubrifiant [13].

D'autres créneaux ont été identifiés comme étant particulièrement appropriés au développement de formulations à base de tournesol oléique. Le *tableau VI* indique de l'aptitude du tournesol oléique à répondre aux attentes de l'industrie chimique [14-15].

En fait, le profil en acides gras du tournesol oléique pourra être apprécié à sa juste valeur en étudiant l'impact au niveau des propriétés spécifiques à chacun des domaines concernés.

Conclusion

Créer un contexte favorable à la culture du tournesol oléique apparaît indispensable [23], c'est-à-dire rendre cette culture compétitive par rapport à celle du tournesol traditionnel (performances au niveau des rendements, résistances aux maladies, itinéraire cultural), mais également élaborer un dispositif spécifique au non alimentaire.

D'ores et déjà, l'augmentation significative des surfaces cultivées laisse à

penser qu'une demande est en train de se positionner sur le marché.

Sur un plan technique, la diffusion de données physico-chimiques (*tableau VII*) comme la fourniture d'échantillons, sont les moyens que l'on peut proposer de mettre en œuvre pour faire connaître auprès des lipochimistes les potentialités des composés issus du tournesol oléique (huiles/acides gras/esters méthyliques).

C'est par le biais de campagnes d'essais que pourront être explorées les possibilités offertes par ces nouvelles matières premières riches en fraction oléique. Des collaborations étroites entre producteurs, industriels de la transformation et lipochimistes sont indispensables pour générer un dynamisme visant à la valorisation astucieuse du tournesol oléique.

Tableau VI - Arguments favorables à l'utilisation de bases tournesol oléique comparée à d'autres sources végétales ou bien aux huiles minérales.

Produits	Motivations
Surfactants/émulgateurs industriels	– Performances – Stabilité à l'oxydation – Scission du motif oléique en C ₉
Tensioactifs [16]	– Base végétale non agressive – Fluidité de la matière première – Élargissement des gammes
Émollient/adoucissant Industrie cosmétique	– Tolérance biologique du produit – Fluidité de la matière première, texture adéquate – Autres propriétés : absorption des UV, agents vecteurs de substances actives, polarité, HLB...
Huile d'ensimage textile	– Éco-compatibilité – Élargissement des gammes – Stabilité thermique
Solvants [17]	– Biodégradabilité – Faible agressivité – Protection des matériaux
Adjuvants phytosanitaires [18-20]	– Éco-compatibilité – Solubilité et vectorisation des principes actifs
Chimie (intermédiaires de synthèses) [21-22]	– Modification de la réactivité – Nouvelles propriétés
Huiles de décoffrage (bâtiment, construction, génie civil)	– Bonne adhésion et répartition correcte de l'huile à la surface du moule

Tableau VII - Données physico-chimiques relatives à l'huile de tournesol oléique, de l'oléine et de l'ester méthylique dérivés.

	Huile de tournesol oléique	Oléine de tournesol oléique	Ester méthylique de tournesol oléique
Viscosité à 40 °C (cSt)	40	16,9	5,04
Point d'écoulement (°C)	– 11,6	titre < 4 °C	– 3
Point de trouble (°C)	– 8,5	10-22	+ 4
Point éclair (coupelle fermée) (°C)	265	> 150	185

Source : IFP et Sidobre Sinnova

Remerciements

MM. E. Poitrat et J.P. Gaouyer de l'ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie : direction de l'Agriculture et des Bioénergies, département valorisation non alimentaire des cultures) sont vivement remerciés de l'intérêt porté à cette étude.

Références

- [1] Claude S., Oleochemistry as an opportunity to consolidate the sustainable development of European oil crops - an updated prospect, *OCL*, **1999**, vol. 6 (5), p. 418-427.
- [2] Agravalor, Oléagineux industriels, **46**, janvier **1998**.
- [3] Dufaure C., Leyris J., Rigal L., Mouloungui Z., A Twin-screw extruder for oil extraction : I. Direct expression of oleic sunflower seeds, *JAACS*, **1999**, vol. 76 (9), p. 1073-1079.
- [4] Dufaure C., Mouloungui Z., Rigal L., A twin-screw extruder for oil extraction : II. Alcohol extraction of oleic sunflower seeds, *JAACS*, **1999**, vol.76 (9), p. 1081-1086.
- [5] Willing A., Oleochemical esters - environmentally compatible raw materials for oils and lubricants from renewable resources, *Lipid*, **1999**, 101 (6), p.192-198.
- [6] Bartz W.J., Lubricants and the environment, New Dir. Tribol. Plenary Invited Pap. World Tribol. Congr. 1st, **1997**, p. 103-119.
- [7] Dufaure C., Usman T., Mouloungui Z., Comparison of the thermal behaviour of some fatty esters and related ethers by TGA-DTA analysis, *Thermochimica acta*, **1999**, 338, p. 78-83.
- [8] de Caro P., Lubrifiants et Environnement : analyse de la situation relative à l'utilisation de lubrifiants d'origine naturelle en France comme en Europe, Rapport ADEME, cote AGBI 1525, **1997**.
- [9] Laland K., Carrick V., Performance testing of lubricants based on high oleic vegetable oils, 9th International colloquium, Ecological and economical aspect of tribology, Esslingen 11-13 janvier **1994**.
- [10] Eychenne V., Mouloungui Z., Gaset A., Les lubrifiants à base d'esters de néopentylpolyols, *OCL*, **1996**, vol. 3 (1), p. 57-63.
- [11] de Caro P., NGuyen the N., Réalisation d'une campagne d'essais de lubrifiants biodégradables d'origine végétale dans le domaine de l'exploitation forestière, Rapport ADEME, septembre **2000**.
- [12] de Caro P., Gaset A., Réalisation d'une campagne d'essais d'huiles de décoffrage biodégradables d'origine naturelle destinées au démoulage de matériaux de construction, Rapport ADEME, décembre **1999**.
- [13] de Caro P., Gaset A., Lubrifiants d'origine naturelle : quel avenir pour le développement de cette filière ?, *L'Actualité Chimique*, 10, **1999**, p. 9-14.
- [14] Oil & fat derived industrial product : global markets and potential applications, Hewin international inc, **1997**.
- [15] Lipid technologies and applications, edited by Frank D. Gunstone, Fred B. Padley.
- [16] Parant B., Utilisation des oléagineux de nature oléique - colza, tournesol - dans l'industrie de tensio-actifs, *OCL*, **1999**, vol. 6 (5), p. 393-394.
- [17] Desmarescaux Ph., Situation et perspectives de développement des productions agricoles à usage non alimentaire, Rapport remis au ministre de l'Agriculture et de la Pêche, déc. **1998**.
- [18] Mouloungui Z., Gauvrit C., Synthesis and influence of fatty esters on the foliar penetration of herbicides, *Ind. Crops Prod.*, **1998**, vol. 8, p. 1-15.
- [19] Agius D., Cecutti C., Roques C., Gaset A., Huile adjuvante : Devenir des esters méthyliques dans le sol, *OCL*, **1999**, vol. 6 (5), p. 396-400.
- [20] Charlemagne D., Apport de la lipochimie à l'industrie phytosanitaire, *OCL*, **1999**, vol. 6 (5), p. 401-404.
- [21] Mouloungui Z., Kimpiobi-Ninafiding B., Favre G., Dumas N., Preparation of a pyrimethamine lipophile by chemical modification : a comparative study of the action of pyrimethamine and N-2-oleyl pyrimethanimide derivative on *Toxoplasma gondii*, *OCL*, **1999**, vol.6 (3), p. 260-266.
- [22] Lacaze-Dufaure C., Mouloungui Z., Catalysed or uncatalysed esterification reaction of oleic acid with 2-ethyl hexanol, *Applied catalysis A*, General 5164, **2000**, p. 1-5.
- [23] CETIOM : Tournesol oléique : premiers facteurs de variation de la composition, *Oléoscope*, mai-juin **1993**, 15, p. 17-19.

Notes

¹Une oléine est une matière première composée essentiellement d'acide oléique, la proportion des autres acides gras étant variable selon l'origine de l'oléine.

²The tall oil (TOFA : tall oil fatty acid) est un mélange d'acides gras, co-produit de l'industrie papetière lors du traitement chimique et mécanique des bois résineux.

³Enquête réalisée en 1998 par le CATAR-CRITT Agroressources auprès d'un panel de 30 sociétés implantées en France et consommatrices d'huiles végétales et dérivés pour des applications industrielles.

SANOFI-SYNTHELABO

www.sanofi-synthelabo.fr

Les matériaux carbonés

Pierre Delhaès* directeur de recherche au CNRS et président du Groupe Français d'Étude des Carbones

Summary : *The carbon materials*

A short presentation of the French carbon group (GFEC) and his activities is drawn. During these last years, a change about research and development of carbon materials has been observed which is based on the increasing role played by the surface properties compared to the bulk ones. It appears indeed that the new forms of carbon recently discovered, as fullerenes and nanotubes, have lead to new research fields as for example in molecular chemistry and nanotechnologies.

Mots clés : *Carbone, graphite, diamant, fullerènes, nanotubes.*

Key-words : *Carbon, graphite, diamond, fullerenes, nanotubes.*

L'élément carbone de la classification périodique peut donner naissance à une grande variété de matériaux présentant des propriétés diverses et variées qui conduisent à utiliser le « pluriel » quand nous les désignons.

Ces matériaux offrent un grand nombre de propriétés et d'applications industrielles, traditionnelles ou récentes, qui font l'objet de l'activité du Groupe Français d'Étude des Carbones (GFEC), groupe thématique rattaché à la Société Française de Chimie.

Cet article est une présentation succincte de l'activité de ce groupe et de son évolution récente. En effet, il y a une vingtaine d'années, une présentation des produits carbonés fabriqués et utilisés en France et dans le monde avait permis de montrer leur importance industrielle [1]. Durant les deux dernières décennies, des évolutions significatives ont eu lieu tant en recherche fondamentale que finalisée : c'est ce que nous allons montrer après une brève présentation de l'activité du GFEC.

Le Groupe Français d'Étude du Carbone (GFEC) a été fondé en 1960 sous l'impulsion de MM. les professeurs M. Letort et A. Pacault par un groupe comprenant à la fois des univer-

sitaires et des industriels. La vocation essentielle de ce groupe est de favoriser la communication entre ses différents membres, principalement à l'occasion de réunions annuelles où se rassemble l'ensemble des scientifiques intéressés par les problèmes fondamentaux et appliqués touchant aux matériaux carbonés. Une équipe ou un laboratoire organise tous les ans un séminaire, au mois de septembre, centré sur un thème spécifique et comprenant des exposés pédagogiques généraux et de mise au point, et des communications spécifiques données souvent par les étudiants en cours de thèse. Cette démarche a également pour but d'encourager l'interaction entre recherche fondamentale et recherche finalisée par l'intermédiaire d'échanges informels.

Actuellement, une vingtaine de laboratoires universitaires et CNRS sont membres actifs notamment à Bordeaux (Centre de Recherche Paul Pascal, Laboratoire des composites thermostrostructuraux), Clermont-Ferrand (Laboratoire de chimie des matériaux inorganiques), Grenoble (École Nationale Supérieure d'Électrochimie), Louvain (Unité de physico-chimie et physique des matériaux), Lyon-Villeurbanne (INSA et université C. Bernard), Montpellier (groupe de Dynamique des Phases Condensées), Mulhouse (Institut de Chimie des Surfaces et Interfaces et Laboratoire de gestion des risques et environnement), Nancy (Laboratoire de

chimie du solide minéral), Orléans (Centre de Recherche sur la Matière Divisée), Paris (Laboratoire de physique quantique/ESPCI, Laboratoire d'optique des solides, université P. et M. Curie), Perpignan (Institut des Sciences et Génie Matériaux et des Procédés), Toulouse (Centre d'Élaboration des Matériaux et Études Structurales).

Les laboratoires industriels participant régulièrement sont localisés à Forbach (Centre de pyrolyse de Marienau, HDG SA), Genevilliers (Le Carbone-Lorraine), Gif-Sur-Yvette (CEA, Laboratoire matériaux absorbants), Monts (CEA/DAM, département Matériaux), Passy (SGL Carbon SA), Saint-Jean de Maurienne (Aluminium-Pechiney), Saint-Médard en Jalles (Aérospatiale-Matra-Lanceurs), Le Haillan (SNECMA), Vénissieux (Carbone Savoie), Vierzon (Charbons actifs PICA), Villeurbanne (SNECMA-Messier Bugatti-Carbone industrie).

Dans le cadre européen et mondial, nous organisons des journées thématiques avec d'autres groupes nationaux, ces dernières années avec la Grande-Bretagne, le Japon et l'Espagne. Nous avons également organisé avec nos collègues allemands une conférence internationale à Strasbourg (juillet 1998) et constitué une association avec les autres groupes européens : ECA (European Carbon Association).

* Centre de Recherche Paul Pascal, CNRS, Université de Bordeaux I, avenue A. Schweitzer, 33600 Pessac. Tél. : 05.56.84.56.02. Fax : 05.56.84.56.00. E-mail : delhaes@crpp.u-bordeaux.fr

Principaux thèmes de recherche

Le carbone à l'état condensé présente un diagramme de phase à l'équilibre thermodynamique très riche (figure 1). Différentes variétés allotropiques existent à partir de l'état thermodynamique stable à température et pression ambiantes, le graphite hexagonal. En effet, d'autres variétés peuvent exister à l'état métastable tel le graphite rhomboédrique ou l'ensemble des carbones prégraphitiques, solides partiellement cristallisés. L'exemple le plus connu d'état métastable est celui du diamant cubique, mais il existe aussi un diamant hexagonal (la lonsdaléite) et des phases mal cristallisées ou adamantines. Une dernière variété de solide décelée mais mal connue car peu stable est appelée carbyne ; c'est un polymère d'atomes de carbone [2].

Outre ces solides présentant un nombre de coordination variable, une nouvelle famille de composés à été découverte. Ce sont des structures carbonées tricoordonnées de type graphène sur une surface courbe finie : les fullères et les nanotubes. Notons qu'en présence d'une surface avec une courbure convexe et non plus concave, une dernière famille, appelée schwarzène, a été prévue théoriquement mais pas encore trouvée expérimentalement (figure 2).

Prenant en compte les anciens et les nouveaux carbones, les principaux sujets de recherche actuellement développés sont respectivement les suivants :

1) Les propriétés de surface avec les études sur les réactivités chimiques et électrochimiques et des utilisations en catalyse hétérogène. Ce sont également les processus de dopage (modification par introduction d'atomes variés B, N ou Si), de formation de solutions solides, d'oxydation (talon d'Achille des carbones par ailleurs chimiquement inertes) ou d'insertion (nombreux composés d'intercalation).

2) Les transformations physico-chimiques : dans le cas des matériaux de type graphitiques, ce sont les étapes thermiques de pyrolyse, de carbonisation et de graphitisation. Elles sont importantes pour les carbones industriels, mais elles existent dans le cas des charbons naturels, domaine de la géo-

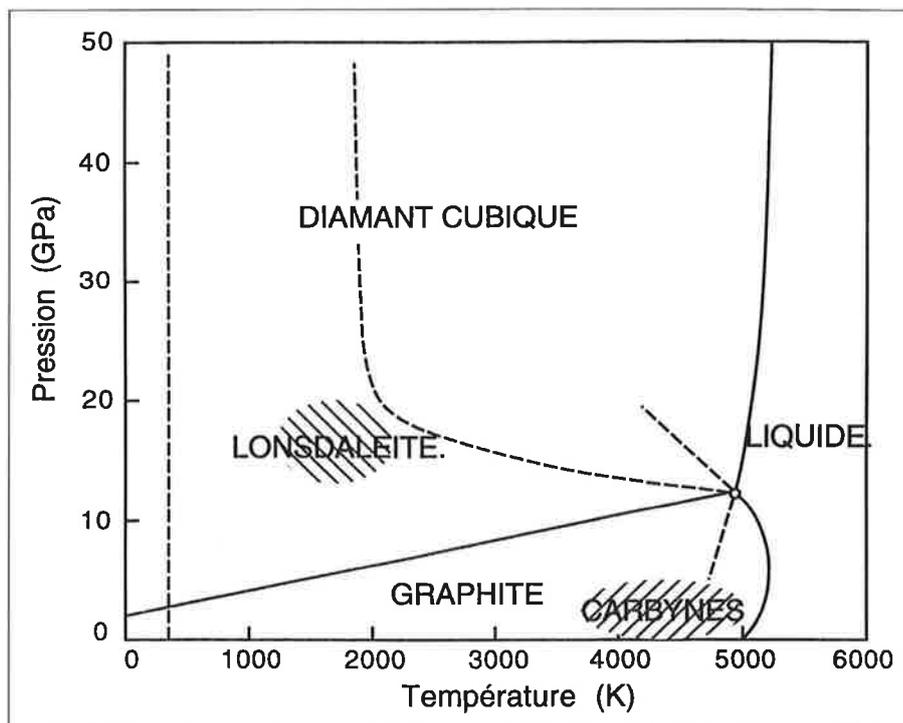


Figure 1 - Diagramme d'état (pression, température) des phases carbonées classiques.

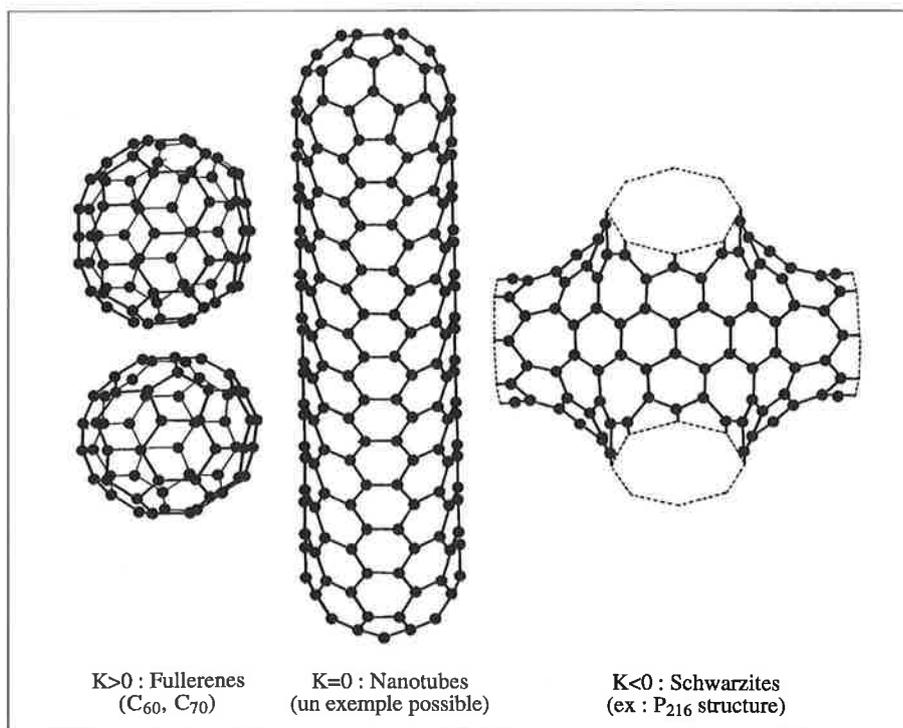


Figure 2 - Exemples de structures graphènes courbes, classées en fonction de leur courbure gaussienne K .

chimie, et dans les milieux interstellaires où l'on trouve également de petites particules carbonées. L'origine naturelle ou artificielle des diamants et l'étude de leur formation et transformation en graphites sont également des domaines actifs de recherche.

3) Les nouveaux types de nanoparticules, en particulier par nucléation et

croissance en phase vapeur, ou par catalyse : outre la formation déjà connue des suies, on fabrique des fullères de différentes masses moléculaires et des nanotubes de diamètres variés, mono- ou multifeuilletés de graphène. Ainsi, leur séparation et leur purification constituent un point clé pour un futur développement technologique.

Les principaux secteurs d'applications

Les propriétés chimiques et physiques des carbones à l'état solide (graphites et diamants) sont très intéressantes ; ils sont inertes, chimiquement légers et résistants, et présentent un caractère réfractaire, de bonnes propriétés thermiques et électriques (pour le graphite seulement).

Cet ensemble de caractéristiques exceptionnelles a été exploité dès la deuxième partie du XIX^e siècle avec les premières applications de l'électricité, et notamment le développement de l'électrometallurgie. Les grands domaines d'applications des graphites peuvent être schématiquement présentés en deux parties [3] :

1) Les matériaux monolithiques

- Les anodes d'électrolyse pour l'aluminium et l'acier,
- Les balais de machines électriques, d'axes électriques,
- Les creusets moules et résistors,
- Les échangeurs thermiques, les modérateurs neutroniques,
- Les biomatériaux (prothèses).

2) Les matériaux granulaires et filamentaires

- Noirs de carbone pour pneumatiques, piles électriques classiques,
- Fibres de carbone dans des composites divers pour des applications thermosturales allant des moyens de transport spatiaux, aériens, terrestres et maritimes aux articles de sports et de loisirs.

Cette industrie du carbone, à laquelle il faut ajouter la fabrication synthétique du diamant, représente une production d'une vingtaine de millions de tonnes par an, pour un marché de plusieurs milliards d'euros ou dollars US.

L'émergence de nouveaux matériaux carbonés ces dernières années est venue de la combinaison entre des propriétés de volume déjà mentionnées et des fonctionnalités de surface spécifiques, chimiques ou électrochimiques, physico-chimiques (énergie de surface) et état géométrique (rugosité). En effet, une feuille monoatomique de graphène présente une surface spécifique de $2\,630\text{ m}^2\cdot\text{g}^{-1}$, mais n'a plus « d'atomes de volume », c'est l'opposé d'un graphite monolithique caractérisé par un

volume avec une surface négligeable. Toute application spécifique va combiner un rapport surface-volume fonction des combinaisons souhaitées et les carbones sont des matériaux parfaitement ajustables en jouant sur leur symétrie extérieure de forme et la distribution en taille de leur porosité ouverte ou fermée. Pour ce faire, les techniques de fabrication sont essentielles et ce sont elles qui ont permis de créer les nouveaux matériaux actuels.

Procédés de fabrication et domaines d'activités

L'ensemble des procédés qui ont été développés sont essentiellement fonction de deux paramètres : la nature de la phase initiale et la technique expérimentale qui va associer la transformation chimique ou physique par un apport énergétique. La phase résultante est métastable, présentant un excès d'énergie ou d'enthalpie libre [4].

Un synoptique de ces procédés est donné dans le *tableau I*. Deux points significatifs peuvent en être extraits :

- D'une part, ce sont les techniques de dépôts chimiques en phase vapeur (DCPV), très performantes notamment pour les revêtements de films minces et les techniques d'infiltration associées, beaucoup développées ces dernières années pour gagner en efficacité et compétitivité dans la fabrication de ces composites.

- D'autre part, ce sont toutes les techniques d'évaporation par plasma ou par laser de puissance à partir d'un carbone pur. Dans cette technique, en

contrôlant les paramètres expérimentaux, il est possible de fabriquer aussi bien les carbones massifs (graphites, diamants), pulvérulents (noirs de carbone) que les carbones surfaciques (fullerènes, nanotubes).

En outre, du point de vue économique, il est important de noter parmi les précurseurs l'importance des produits naturels comme le bois, mais aussi ceux dérivés de la houille ou du pétrole [3].

Enfin, pour terminer, nous avons rassemblé dans le *tableau II* les principaux thèmes de recherche actuels avec, d'une part, les composites filamenteux et, d'autre part, les matériaux poreux ou granulaires. L'ensemble de ces applications concerne des domaines touchant à l'énergie ou à l'environnement. Elles résultent d'une combinaison entre des propriétés volumiques intrinsèques des carbones que nous avons déjà signalées et des caractéristiques spécifiques de leurs surfaces ou interfaces. Deux exemples peuvent être cités : le premier est relatif aux composites C/C utilisés pour les freins d'avions ou de voitures de course. Dans ce cas, il faut combiner des problèmes tribologiques associés à des phénomènes d'oxydation de surface avec de bonnes propriétés thermiques de volume pour évacuer la chaleur. Un autre exemple concerne les phénomènes d'absorption dans les charbons poreux et les nanotubes qui peuvent être utilisés pour stocker un gaz (H_2 , CH_4) ou conduire à une perméabilité sélective de certains gaz ou encore à la micro-infiltration en phase liquide, à condition de les exploiter dans un milieu support adapté mécaniquement.

Tableau I - Principaux procédés de mise en forme des matériaux carbonés.

Nature de la phase initiale	Procédé expérimental (excès d'énergie / enthalpie)	Phase résultante métastable
- gazeuse : hydrocarbures	DCPV DCPV assisté par plasma réactif Infiltration de substrats poreux	Noirs de carbone Films minces (pyrocarbones, diamants) Composites C / C
- liquide : brais (houille, pétrole) goudrons, aromatiques	Pyrolyse - carbonisation (sous pression, catalyseurs ...)	Graphites polycristallins Composites C / C (par imprégnation) Charbons actifs
- solide : carbone pur (ou solution solide/mélange) polymères synthétiques ou naturels (bois...)	Evaporation thermique Ion - plasma (décharges) Faisceaux électrons ou photons Pyrolyse - carbonisation	Films minces graphitiques et adamantins Agréats, fullerènes et nanotubes Pyrocarbones et diamants Films minces et poudres carbonées Fibres (ex-polyacrylonitrile) Aérogels

Tableau II - Principaux pôles d'activités actuels.

Matériaux	Propriétés de surface et d'interface	Applications
1 - Composites filamentaires		
Fibres de carbone / matrice de carbone	Mouillage (nucléation et croissance) Ablation Tribologie (frottement, lubrification)	Matériaux thermostructuraux (avions, fusées...) Freinage de véhicules
Fibres de carbone / matrice polymère	Adhésion, interactions Fibres (<i>nanotubes</i>) / matrice	Conteneurs pour fluides cryogéniques, sport et loisirs
2 - Milieux granulaires et poreux		
Noirs de carbone et graphites expansés	Résistances thermiques et électriques Réactivité chimique	Isolants thermiques Support de catalyse
Charbons actifs et nanoparticules	Adsorption gazeuse (sélectivité, réversibilité)	Traitement des gaz Stockage H ₂ , CH ₄ (piles à combustibles)
Carbones à porosité contrôlée	Interactions électrochimiques Transformations thermochimiques	Batteries ion-lithium supercondensateurs (véhicules électriques)
Particules et tissus actifs	Adsorption liquide	Purification de l'eau Traitement des composés volatils

Conclusion

Les matériaux carbonés sont divers et variés car cet élément « caméléon » peut prendre plusieurs formes structu-

rales et texturales. Dans les applications industrielles classiques, c'est un matériau de grande diffusion comme le verre, le ciment ou l'acier, indispensable dans beaucoup de secteurs depuis

plus d'un siècle. Après la découverte des fibres de carbone et des composites, il y a plus de trente ans, un développement plus technologique a eu lieu qui s'est amplifié ces dernières années avec les découvertes des fullerènes et des nanotubes. Les applications actuelles mettant en jeu des propriétés interfaciales sont ainsi tournées vers des produits sophistiqués, à haute valeur ajoutée, mais sans gros tonnage. Elles couvrent des domaines variés allant jusqu'aux nouvelles nanotechnologies en plein essor.

Références

- [1] Bonnetain L., *Informations chimie*, octobre 1981, 218, p. 3-7.
- [2] Bernier P., Lefrant S., *Le carbone dans tous ses états* (chapitres 1 et 2), Ed. Gordon and Breach, 1997.
- [3] Legendre A., *Le matériau carbone*, Ed. Eyrolles, 1992.
- [4] Delhaès P., Carmona F., *Chemistry and Physics of Carbon*, Ed. P.L. Walker, P.A. Thrower, 1981, 17, p. 89-174.

La Société de Secours aux Ingénieurs Chimistes

Créée en 1937, la Société de Secours aux Ingénieurs Chimistes a pour but de venir en aide à des ingénieurs chimistes ou à leur famille dans le besoin. Elle peut attribuer un secours non remboursable ou un prêt sans intérêt jusqu'à 20 000 francs sur une période de deux à trois ans.

La présentation de la demande est faite de préférence par l'intermédiaire de l'association des anciens élèves de l'école de chimie de l'intéressé.

Conditions d'obtention d'un secours ou d'un prêt sans intérêt :

- être de nationalité française,
- avoir exercé pendant plusieurs années la profession d'ingénieur chimiste ou de chimiste,
- être privé d'emploi ou traverser une période difficile, souhaiter développer ou créer une activité nouvelle même en dehors de la chimie,
- ou être dans le besoin pour d'autres raisons.

Vous pouvez aider la Société de Secours :

- en la faisant connaître à des camarades en difficulté (les demandes sont étudiées avec la plus grande discrétion) ;
- en y adhérant. La cotisation annuelle minimale est de 150 francs (un reçu fiscal est envoyé).

Société de Secours aux Ingénieurs Chimistes, Maison de la Chimie, 28, rue Saint-Dominique, 75007 Paris.
<http://www.sfc.fr/Services.htm>

Stratégie et synthèse organique

Philippe Compain* chargé de recherche au CNRS

Summary : *Strategy and organic synthesis*

Strategy seems to be a pivotal concept in organic synthesis if we see the wide use of this term in scientific literature. The strong analogy between the two disciplines is analyzed and illustrated by various examples and by strategists or chemists's quotations. The strategic thought applied to the complex nature of organic chemistry could be a useful and heuristic guide for the scientist but also for the teacher.

Mots clés : *Synthèse organique, stratégie, modèle scientifique, épistémologie.*

Key-words : *Organic synthesis, strategy, scientific model, epistemology.*

Depuis la Seconde Guerre mondiale, la notion de stratégie a peu à peu quitté les champs de bataille pour être associée à de nombreux domaines de l'activité humaine tels que le sport ou l'économie. Cette dérive sémantique a progressivement fait perdre à la stratégie sa signification précise et son sens historique le plus profond.

Dans son ouvrage de référence, *The Logic of Organic Synthesis* [1], E.J. Corey met en avant le rôle fondamental de la logique qui permet la synthèse totale d'une molécule par l'analyse rétrosynthétique rationnelle de sa complexité. Mais s'il est question de logique, il est également question de stratégie et il est frappant de constater l'importance accordée à cette notion. Le mot stratégie est en effet utilisé plus de deux cents fois en seulement cent pages alors que le mot logique ne l'est que vingt fois. On retrouve également de nombreux termes empruntés au champ lexical militaire. Le chimiste organicien a des objectifs qu'il essaie d'atteindre par l'utilisation tactique de groupements fonctionnels. Un réactif attaque sélectivement la face prochirale d'une molécule devenue cible. Plus que dans toute autre science, le mot stratégie est très fortement associé à la synthèse organique à travers le concept de

stratégie de synthèse qui est indissociable de la synthèse totale ou de l'hémisynthèse. L'abondance de métaphores guerrières dans un domaine scientifique comme celui de la chimie organique suscite une interrogation qui peut se décomposer en plusieurs questions : qu'est-ce que la stratégie ? Est-il vraiment justifié de parler de stratégie en synthèse organique ? La synthèse organique peut-elle s'enrichir de la pensée stratégique ? Cette pensée peut-elle fournir un cadre de réflexion et de questionnement fructueux ? Un premier élément de réponse est donné par le stratège chinois Sun Tzu qui écrivait il y a vingt-cinq siècles : « Rien n'est plus difficile que l'art de la manœuvre. La difficulté en cette matière consiste à faire d'une voie tortueuse la route la plus directe et à changer la malchance en avantage » [2].

Stratégie

Origine

L'essence de la stratégie se retrouve dans ses origines, dictées par l'étymologie. Le terme stratégie vient du grec *strategos* qui désignait dans les républiques de l'Antiquité le chef de guerre. Au mot *stratos*, armée, est associé le verbe *agein* qui signifie avancer, pousser en avant. La stratégie dans son sens primitif est donc l'art de conduire une armée et l'étymologie du mot est fortement liée à la notion de mouvement [3].

L'Art de la Guerre est le premier traité de stratégie actuellement connu. Il a été écrit au V^e siècle avant notre ère par un chef de guerre chinois Sun Tzu. Dans les treize petits chapitres de ce livre se trouvent concentrés toutes les bases et les principes de la démarche stratégique. Aucun autre traité n'a à ce jour égalé la simplicité et la finesse de l'analyse du stratège chinois. La stratégie y est représentée comme « une intelligence en action » [4], en mouvement, ce qui rapproche la pensée de Sun Tzu de la racine gréco-latine du mot.

Principes permanents de la guerre

A partir du XVII^e siècle, parallèlement au progrès de la pensée scientifique, les stratèges ont tenté de rationaliser la complexité de leur art en cherchant les principes immuables de la guerre dans le but de définir des théories stratégiques universelles. Parmi les différents principes avancés, trois semblent décisifs pour vaincre : le principe de concentration des efforts, de la liberté d'action et de l'économie des forces. Ils peuvent se résumer, comme l'a montré clairement le général G. Fievet, à trois verbes fondamentaux : vouloir, pouvoir et savoir [4] (*tableau I*).

Les deux premiers principes de la guerre sont contradictoires : concentrer ses forces, c'est d'abord réduire le temps et l'espace, alors que la liberté d'action se traduit par l'extension du temps et de l'espace. Pour faire conver-

* Institut de Chimie organique et analytique, UMR 6005 du CNRS, Université d'Orléans, BP 6759, 45067 Orléans Cedex 2. Tél. : 02.38.49.48.55. Fax : 02.38.41.72.81. E-mail : philippe.compain@univ-orleans.fr

Tableau I – Les trois principes permanents de la stratégie.

Concentration des forces	vouloir	« <i>Ce qui m'a fait gagner tant de combats, c'est que, la veille de la bataille, je faisais converger toutes mes forces sur le point que je voulais forcer</i> » Napoléon [5].
Liberté d'action	pouvoir	« <i>L'art de la guerre est en définitive l'art de garder sa liberté</i> » Xenophon [6].
Économie des forces	savoir	« <i>De même que le flot qui coule évite les hauteurs et se presse sur les terres basses, une armée évite la force et frappe la faiblesse</i> » Sun Tzu [2].

ger ces deux principes, il faut réaliser le « *concept central* » [7] de la stratégie, celui de l'économie des forces. Ce principe est l'art d'imposer sa volonté aux moindres frais en répartissant ses troupes de façon optimale. Réaliser l'économie des forces, c'est savoir : savoir quels sont ses moyens, ceux de l'ennemi, leurs places et répartitions ; c'est savoir comment articuler l'action. Tout l'art et la difficulté de la stratégie résident dans l'application de ces principes dans la réalité.

Politique-stratégie-tactique : de la pensée à l'action

Il existe une hiérarchisation dans la conduite de la guerre représentée par la trilogie politique-stratégie-tactique. Celle-ci est parfois mal comprise surtout au niveau du couple stratégie-tactique, les deux notions étant parfois employées sans différenciation [8]. Comme il existe une « flèche du temps », on peut dire qu'il existe une flèche de la stratégie qui va de la petite tactique, tout en acte, à la grande politique, tout en concept. « *La tactique est le moyen de la stratégie ; donc le moyen ultime de la politique* » [9]. La politique est le domaine de la pensée pure qui cherche à imposer un dessein général, une fin. La tactique est le domaine de l'action, au plus proche du terrain et du combat. Elle va se fixer des objectifs multiples et limités pour permettre de concrétiser la fin définie par la politique. La stratégie est à la jonction de ces deux notions. Elle va rendre possible cette transformation, cette transmutation de la pensée en action. Ainsi, l'essence de la stratégie réside dans la dialectique pensée/action, dans la traduction et la concrétisation de la pensée du stratège qui doit devenir une « *pensée en acte* » malgré la volonté adverse et l'incontournable

principe de réalité. Pour H. Von Moltke, de façon générale, la stratégie est « *un savoir transporté dans la vie réelle* » [10]. Pour W. Rüstow, la traduction tactique de la pensée stratégique, c'est « *l'incorporation de l'idée* » [11]. De même pour Napoléon : « *La guerre, c'est la pensée dans le fait* » [5].

Analogies

Le chiasme stratégique

Le général G. Fievet a su définir de façon synthétique la stratégie par une formule unificatrice [4]. Il a pour cela utilisé la figure philosophique du chiasme, du grec *khiasma*, le croisement, dans laquelle quatre notions opposées deux à deux s'entrelacent pour former une croix. Le concept que l'on cherche à illustrer et à comprendre est alors défini par le centre de la double antithèse. Ainsi, la stratégie se situe au cœur de la double dialectique pensée/action, passé/futur. La synergie de la pensée et du passé définit les *principes* permanents, celle de l'action et du passé symbolise la prise en compte du changement, de *l'évolution* des situations. De même, la synergie de la pensée et du futur définit la *prospectivité*, celle de l'action et du futur génère la *création* nécessaire à toute action stratégique (*figure 1*).

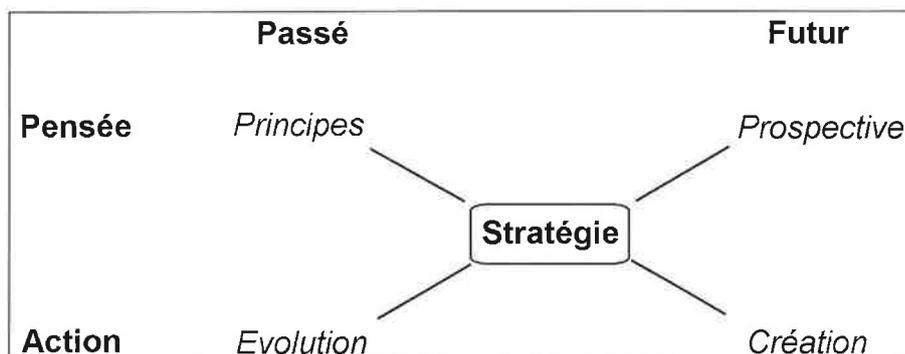


Figure 1 - Le chiasme stratégique selon G. Fievet [4].

L'essence de la stratégie, souvent qualifiée par C. Clausewitz de « *caméléon insaisissable* » [12], est révélée avec force et clarté par l'image unificatrice du chiasme. Mais cette image révèle surtout une remarquable homologie entre la stratégie et les sciences empiriques et, plus précisément, la synthèse organique. Les deux disciplines cherchent à appliquer une pensée rationnelle dans une réalité contingente et complexe ; pour vaincre, le chimiste, comme le stratège, doivent parvenir à « *conjuguer la pensée et l'action dans le temps* » [4].

Stratégie de synthèse : un dialogue entre la pensée et l'action

Le dialogue difficile entre théorie et réalité a été remarquablement illustré par le poète P. Valéry : « *La tactique ruine la stratégie. La bataille d'ensemble gagnée sur la carte est perdue en détail sur les coteaux* ». Le but ultime de la stratégie comme de la chimie peut être décrit dans les mêmes termes et le chimiste pourrait reprendre à son compte la réflexion du général L. Poirier : « *La pensée stratégique est une pensée pour agir, pour faire, pour transformer un matériau ou un état de chose* » [13]. En effet, une des problématiques majeures de la synthèse organique est de réaliser la transposition d'une stratégie de synthèse théorique sur le papier en fait expérimental à la paillasse, permettant de conduire à quelques milligrammes de molécule cible. Ce processus capital constitue le centre de gravité de la chimie organique. Selon E.J. Corey : « *The time, effort and expense required to reduce a synthetic plan to practice are generally greater than are needed for the conception of the plan* » [1]. Ce passage va

généraliser ce que C. Clausewitz appelait des forces de frictions qui seront multiples et qui se situeront à différents niveaux. Ces forces vont creuser un fossé et parfois un gouffre entre le souhaitable et le possible, la conception et l'exécution, l'intention initiale et la réalisation. Pour reprendre les mots du grand stratège allemand, ce qui va gripper les rouages de la belle machine stratégique, ce sont « *d'innombrables petits détails dont on ne tiendrait jamais compte sur le papier, qui entravent l'action et nous retiennent très en deçà du but fixé* » [12]. Ces principes de retardement sont dus tout d'abord au milieu dans lequel s'exerce l'action. Ce milieu est décomposé par C. Clausewitz en quatre éléments : le danger, l'effort physique, l'incertitude et le hasard. Pour le stratège, le milieu se traduit par l'orage inattendu, un ordre qui n'arrive pas, pour le chimiste cela peut être une erreur de manipulation, la peur d'une réaction dangereuse, un manque de moyens techniques ou un sous-produit imprévu. La diversité et le nombre des paramètres expérimentaux mis en jeu dans une réaction chimique sont autant de promoteurs de « *ce frottement excessif qui, partout en contact avec le hasard, engendre des phénomènes qui sont imprévisibles* » [12].

Les forces de frictions sont également produites par les hommes. Ils sont en effet, comme le soulignait le stratège d'inspiration confucéenne Dào Duy Tù, la troisième composante de la stratégie après le ciel (l'essence de l'art militaire) et la terre (le combat). Celui qui conçoit une synthèse est rarement celui qui l'exécute à la paillasse. A chaque niveau de la hiérarchie, le message va invariablement être ralenti, transformé et déformé. La réponse des militaires à cette problématique est le principe de subsidiarité selon lequel chaque niveau hiérarchique va agir et décider à son niveau de responsabilité, et seulement à son niveau de responsabilité. Le niveau supérieur va fixer au niveau inférieur des objectifs, mais sans intervenir dans la préparation et la réalisation de ceux-ci. L'application de ce système va apporter la fluidité nécessaire par la responsabilisation de l'ensemble des forces morales. De même qu'un général ne peut et ne doit commander à chacun de ses lieutenants l'attaque de chaque piton, un chef de laboratoire ne peut à

la fois concevoir et imaginer des synthèses innovantes et diriger chaque manipulation de ses étudiants. S'il intervient à un niveau inférieur de responsabilité, le risque est grand pour le chercheur d'échouer à tous les niveaux et pour ses collaborateurs d'être démotivés et peu créatifs. L'intervention ne doit se faire que si le problème rencontré dépasse les compétences du niveau hiérarchique subordonné.

L'arme préconisée par C. Clausewitz pour lutter contre les forces de frictions est l'application d'une volonté constante et la prise de conscience, lors de la phase de conception, de ces frottements inhérents à l'action humaine. Ainsi, le stratège doit essayer d'appliquer la belle formule de rhétorique du philosophe H. Bergson : « *Il faut agir en homme de pensée et penser en homme d'action* ». [14]. En concevant sa stratégie de synthèse, le chimiste organicien doit déjà se projeter dans la réalité concrète et ses difficultés. Inversement, il doit toujours avoir un recul intellectuel sur l'action en cours.

Une autre réponse aux forces de friction apportée par le stratège est la recherche d'une souplesse totale dans le plan et les objectifs mis en œuvre pour atténuer le caractère aléatoire de l'action de guerre. Selon la métaphore saisissante du stratège anglais B.H. Lidell Hart : « *Un plan, comme un arbre, doit posséder des branches si l'on veut qu'il porte des fruits ; un plan ne comportant qu'un but unique se révélera aussi stérile qu'une perche* » [15]. De même, les grands acteurs de la synthèse totale recherchent en permanence les stratégies de synthèse les plus générales ou celles qui permettent de nombreuses variantes. Dans les sept critères permettant d'évaluer la force d'une stratégie de synthèse, K.C. Nicolaou et E.J. Sorensen soulignent l'importance de ces deux aspects : « *Flexibility of modification in case of pitfalls ; adaptability to the synthesis of the other members of the structural family* » [16].

Connaissance et innovation : un dialogue entre passé et futur

Le chimiste organicien se retrouve également au cœur d'un dilemme, partagé, comme le stratège, entre le passé et le futur, entre l'utilisation des

connaissances accumulées et le nécessaire besoin d'innovation. Cette tension engendre une nouvelle fois le paradoxe. Plus une voie de synthèse fera appel à des faits connus, plus elle aura de chance d'aboutir, mais moins elle sera novatrice et donc utile au progrès général de la chimie organique. Face à ce dilemme, certains grands chimistes se tournent délibérément vers le futur. Ainsi, D.H.R. Barton, plutôt que de choisir une voie de synthèse bien balisée et prévisible, préfère la nouveauté et une grande originalité. Il résume sa philosophie ainsi : « *If you know how to do it, you shouldn't do it. Instead, you should try to find things that you don't know and solve those problems* » [17]. E.J. Corey a également montré la voie en concevant des stratégies de synthèse dans lesquelles il restait à découvrir et à développer de nouvelles réactions lors des étapes clés. Ainsi, dès 1967, le futur prix Nobel de chimie, réalisa la première synthèse stéréospécifique d'une hormone d'insecte, la JH-I, en utilisant pas moins de quatre nouvelles méthodes de synthèse ! [18]. En utilisant le savoir accumulé, tout en gardant son esprit ouvert à des transformations non encore existantes, mais à l'utilité urgente, E.J. Corey a montré comment le chimiste organicien pouvait concilier passé et futur, savoir et création. Le présent du chimiste créateur comme du stratège rejoint alors celui du philosophe F. Nietzsche « *Fertiliser le passé et produire l'avenir, tel est pour moi le présent* » [19].

L'innovation est aussi parfois commandée par une ardente nécessité. Une seule étape déficiente peut en effet ruiner tous les efforts d'une longue synthèse jusque là réussie. Cette véritable épée de Damoclès rapproche encore une fois le stratège du chimiste. « *A la guerre, un objectif raté de peu reste un échec total* » disait déjà, au VI^e siècle, l'empereur byzantin Maurice. La synthèse organique est donc une science éminemment volontariste qui ne peut se permettre de voir réduit à néant l'investissement intellectuel, financier et humain que représente une synthèse totale (la synthèse de la vitamine B₁₂ par R.B. Woodward et A. Eschenmoser a mobilisé une centaine de chercheurs !). C'est dans cette position difficile d'échec imminent que le chimiste va parvenir à mettre en évidence des

réactivités inattendues et va innover pour contourner l'obstacle. Dans son article au titre évocateur, *The Battle of Calicheamicin* γ^1 , K.C. Nicolaou relate la compétition intense qu'a représentée la synthèse de ce produit naturel extrêmement complexe [20]. Un an avant d'arriver au but, le groupe de Nicolaou maîtrisait la synthèse de la partie oligosaccharidique de la calicheamicine γ^1 (plus de 50 étapes), mais ne parvenait pas à synthétiser la partie aglycone. La situation était exactement inverse dans le groupe de S. Danishefsky. Un des problèmes majeurs rencontrés par K.C. Nicolaou dans la préparation de la Calicheamicinone s'est présenté lors de l'étape clé d'obtention du cycle β -enediène (figure 2). Contrairement aux études modèles, l'alcool secondaire obtenu par addition intramoléculaire de l'alcyne sur l'aldéhyde **1** avait la mauvaise stéréochimie. Toutes les tentatives d'inversion de configuration par des réactions classiques de type Mitsunobu échouèrent et après quelques 75 étapes, la synthèse était compromise. La solution élégante qui fut trouvée, pris la forme d'une S_N2 intramoléculaire *via* l'assistance interne de l'ester méthylique pour donner la lactone **2**. Le manque de réactivité du système lors des tentatives d'inversion de configuration intermoléculaire fut donc contourné brillamment en recherchant un procédé intramoléculaire. Encore une quinzaine d'étapes et la première synthèse totale de la calicheamicine γ^1 était accomplie.

Stratégie en synthèse organique et principes stratégiques

Les trois grands principes de la guerre ne sont pas des recettes toutes faites applicables sans jugement. Ils définissent un esprit stratégique et sont un guide pour le stratège. Pour le chimiste, ils fournissent une grille d'analyse et de lecture des grandes stratégies de synthèse organique. Prenons l'exemple de deux méthodes d'obtention de composés énantiopurs qui semblent opposées : la synthèse asymétrique pure et la « chiron approach » qui a été théorisée par S. Hanessian [21]. Dans un cas on cherche à créer tous les centres asymétriques de la cible *via* des méthodologies de synthèse asymétrique ; dans l'autre, on utilise la chiralité

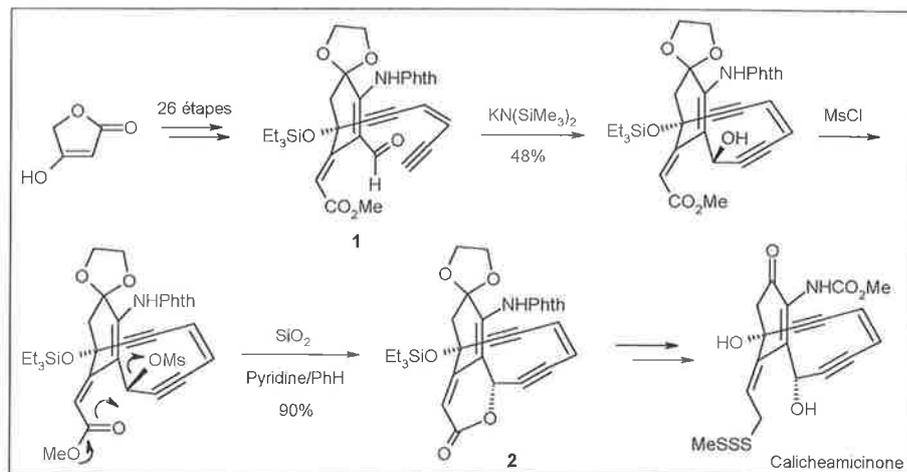


Figure 2 - Synthèse de la calicheamicinone par K.C. Nicolaou et al. [20].

d'une molécule présente dans le réservoir chiral (sucres, acides aminés, terpènes...) (tableau II).

Le tableau II permet de souligner que la « chiron approach » peut se révéler très efficace dans des cas limités. En revanche, la synthèse asymétrique, bien que plus difficile à réaliser, autorise une liberté d'action seulement limitée à l'imagination du chimiste.

En prenant modèle sur la pensée stratégique, il faudrait accentuer l'étude des grandes synthèses organiques victorieuses pour essayer d'en dégager et d'en définir les invariants tactiques et stratégiques. Cette tâche est d'une redoutable complexité, mais les principes permanents qui seraient ainsi trouvés permettraient de guider la pensée et l'imagination créatrice du chercheur. Cette approche nécessite une recherche pluridisciplinaire et notamment des outils mathématiques, statistiques et informatiques. Quelques exemples ont montré l'intérêt d'une telle approche. Ainsi, dans les années 1980, des chimistes sont parvenus, en se fondant sur la théorie de l'information, à trouver des méthodes semi-quantitatives de détermination de la complexité d'une molécule cible [22]. Cet outil a été utilisé lors d'une étude générale pour

comparer différentes stratégies de synthèse de polyquinanes. Cette recherche a été riche d'enseignements. Elle a permis par exemple de définir le concept d'holosynthon (*holos* signifie global en grec) et de montrer son importance. Ce synthon va permettre de réaliser un changement structural important en une seule étape. L'approche fondée sur la recherche d'un holosynthon dans la molécule cible permet de réaliser des synthèses souvent plus rapides et plus efficaces que les stratégies classiques de construction liaison par liaison.

En analysant 17 synthèses totales de l'hirsutène, M. Chanon *et al.* ont montré nettement que moins les intermédiaires de synthèse étaient complexes et plus le rendement global était élevé [22]. Malheureusement, tout n'est pas si simple. Ce principe n'est pas général et il ne s'applique plus à la synthèse de la corioline, possédant un squelette presque similaire à celui de l'hirsutène, mais beaucoup plus riche en groupements fonctionnels.

Complexité et combinatoire

La réalité et l'infinité des possibles que doit affronter la pensée stratégique comme celle du chimiste organicien

Tableau II - Deux grandes stratégies de synthèse à la lumière des principes stratégiques.

	Chiron approach	Synthèse asymétrique
Concentration des forces (vouloir)	manipulation et conservation des centres asymétriques	création des centres asymétriques
Liberté d'action (pouvoir)	limitée au réservoir chiral	théoriquement illimitée
Économie des forces (savoir)	reconnaître un chiron dans la molécule cible	réactivité, conformations, effets stériques et électroniques

présentent une redoutable et inextricable complexité. Car c'est bien l'infinité des combinaisons et des objets moléculaires qui est offerte à l'imagination du chimiste. Certains estiment que l'on pourrait théoriquement construire 10^{200} molécules organiques différentes de poids moléculaire inférieur à 850 [23]. Ce chiffre extraordinaire dépasse de loin l'entendement humain. En considérant que l'univers est une sphère de quinze milliards d'années lumière de rayon, son volume est alors de $1,2 \times 10^{88} \text{ mm}^3$. A l'heure actuelle, environ vingt millions de molécules (2×10^7) sont décrites dans les *Chemical Abstracts* (CA). Par comparaison, on arrive à la conclusion à peine croyable que le volume de notre univers chimique connu n'est même pas celui d'un électron dans l'univers des molécules qu'il reste à créer et inventer ! Selon J.-M. Lehn, si la biologie est caractérisée par une complexité extrême mais limitée, c'est devant le chimiste créateur que s'ouvre la perspective d'une diversité de molécules et donc de propriétés infinies [24].

Face à la diversité complexe des objets, des méthodes et des situations, on peut distinguer dans la stratégie comme dans les sciences chimiques une même volonté d'ordonner le chaos apparent : « *Faire la guerre, c'est réfléchir, c'est combiner des idées, prévoir, raisonner profondément, employer des moyens. Ces derniers sont en si grand nombre qu'ils renferment presque toutes les connaissances humaines... Pour former des projets, la stratégie combine le temps, les lieux, les moyens et met en considération tout... ce qui est du ressort de la dialectique, c'est-à-dire de la faculté la plus sublime de l'esprit, du raisonnement* » (colonel J. de Maizeyroy) [25]. De la même façon, concevoir la synthèse d'une molécule complexe, c'est combiner un très grand nombre de structures, de réactions connues ou inconnues, de connaissances théoriques, de moyens humains et financiers. La difficulté réside également dans l'interdépendance de tous les facteurs mis en jeux. Le choix judicieux de tel groupement protecteur peu sensible à la troisième étape d'une synthèse totale peut gravement compromettre la dernière.

Le génie du chimiste organicien comme celui du stratège, réside dans son « *habilité à extraire d'une multitude*

infinie d'objets et de circonstances, par un jugement instinctif, le plus important et le plus décisif » (C. Clausewitz) [12]. Concevoir une stratégie de synthèse, c'est trouver le lien architectural caché entre différentes structures ; c'est voir le résultat d'une réaction clé, c'est retrouver le squelette d'un produit naturel dans une molécule complexe. Cette faculté rapproche le chef de guerre de l'artiste-savant comme le soulignait P. Valéry dans son *Introduction à la méthode de Léonard de Vinci* : « *Le secret, celui de Léonard comme celui de Bonaparte, est, et ne peut-être, que dans les relations qu'ils trouvèrent, qu'ils furent forcés de trouver, entre des choses dont nous échappe la loi de continuité* ».

La brillante et rapide synthèse totale de l'aspidophytine par E.J. Corey *et al.* est un exemple de cette faculté à trouver un lien non évident par la pensée, puis par la synthèse entre différentes architectures moléculaires (figure 3). La structure du tétracycle C, D, E, F de la molécule cible est contenue presque entièrement dans le dialdéhyde **3**. Le lien devient évident après seulement une étape, mais quelle étape [26] !

Desseins, buts et objectifs en chimie organique

La pensée stratégique concerne l'utilisation des moyens, mais c'est également une réflexion sur la finalité de

l'action. La question du but et de l'objectif est capital en synthèse organique. Dans cette discipline, ce n'est pas la difficulté qui est forcément le critère de qualité. Refaire la synthèse de la brévétoxine B en suivant les modes opératoires publiés serait sans aucun doute extrêmement long et difficile mais aurait un impact scientifique quasiment nul. Le chimiste doit constamment se poser la question de l'intérêt de son objectif sans se laisser aveugler par des problèmes tactiques inutiles et une difficulté stérile. T. Hudlicky estime que le plan de synthèse d'une molécule moyennement complexe ne devrait jamais excéder 25 étapes, le chimiste-stratège devant tout faire et tout imaginer pour ne pas dépasser cette limite [27]. Cet objectif n'est pas utopique ; en 1985, le groupe de Y. Kishi réalisa la première synthèse totale de l'histrionicotoxine racémique en 35 étapes [28a]. Cet alcaloïde avait résisté plus de dix années aux assauts répétés des chimistes, les deux problèmes majeurs rencontrés étant la formation du squelette azaspiranique et des chaînes *cis*-ényne. Mais il restait à réaliser la synthèse en série homochirale. En 1990, Stork et Zhao, par l'utilisation habile de deux nouvelles méthodologies, réalisèrent la première synthèse de la (-)-histrionicotoxine énantio pure en seulement 14 étapes (figure 4) [28b]. L'exigence de T. Hudlicky était non seulement atteinte mais dépassée !

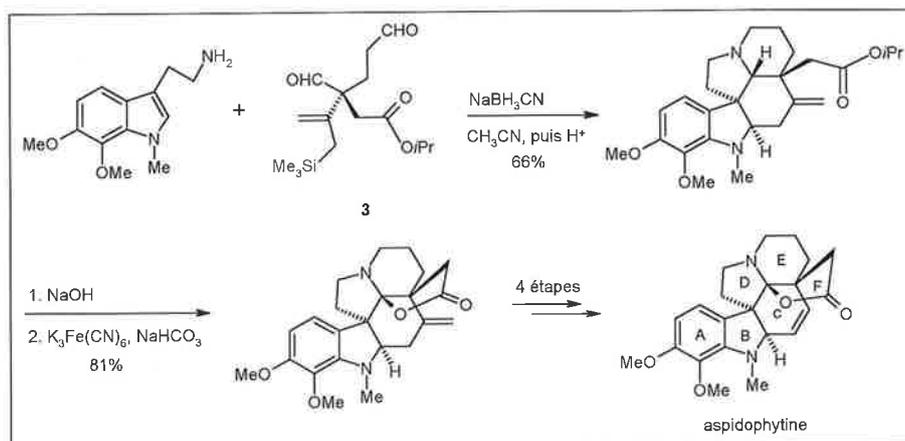


Figure 3 - Synthèse totale de l'aspidophytine par Corey et al. [26].

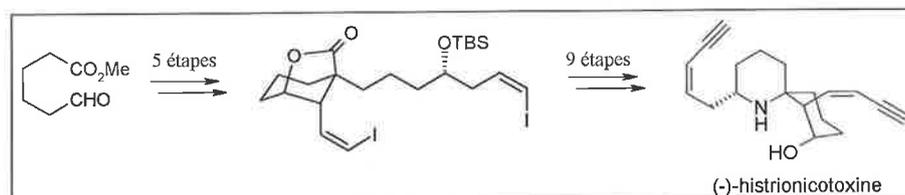


Figure 4 - Synthèse de la (-)-histrionicotoxine par Stork et Zhao [28b].

D'un point de vue plus fondamental, et comme l'a montré l'étude historique de B. Bensaude-Vincent et I. Stengers, la chimie, par sa nature et son espace scientifique, est constamment à la recherche de son identité. A la fois une industrie et un art, c'est aussi une science centrale, à l'interface de la physique, de la biologie, de la médecine, de la géologie, de l'astronomie et de la science des matériaux. La chimie « *est partout et nulle part à la fois* » [29]. Les prix Nobel de chimie qui se trouvent être également biologistes, physiciens ou mathématiciens témoignent d'une définition floue des frontières des sciences chimiques. La recherche d'un grand dessein pourrait ainsi permettre d'aider à définir ou redéfinir une identité et « *un espace épistémologique* » pour la chimie [30]. L'article « *Organic Synthesis - Where Now ?* » publié par D. Seebach en 1990 est à cet égard un remarquable exemple de réflexion prospective [31].

On peut définir trois grands desseins en chimie organique. Ces desseins sont les asymptotes d'une fin peut-être inaccessible mais que le chimiste cherche à approcher et qui constitue un puissant moteur de recherche. Ces desseins sont regroupés dans le *tableau III* et sont décomposés en buts puis en objectifs à travers quelques exemples.

Le premier dessein est une frontière. Cette frontière est magistralement représentée par J.-M. Lehn. C'est une frontière entre l'animé et l'inanimé dont la compréhension et l'étude permettrait d'arriver à des « *objets artificiels vivants* » [24], objets capables de s'auto-assembler, de s'auto-organiser et de stocker de l'information. C'est le monde de la chimie supramoléculaire. Cette quête s'accompagne d'un but complémentaire qui est la recherche de l'origine moléculaire de la vie. La compréhension de cette émergence serait en effet une remarquable source d'inspiration pour le chimiste qui pourrait alors

comprendre le passage de la matière inerte à la vie. Le deuxième dessein concerne les nanotechnologies, technologies à l'échelle moléculaire. De gigantesques quantités d'informations pourraient ainsi être stockées sur de minuscules supports. Cette miniaturisation ultime ouvre des possibilités immenses dans de nombreux domaines comme l'électronique ou l'informatique. Enfin, la dernière frontière serait la possibilité de synthétiser facilement n'importe quelle molécule complexe en une étape, avec une grande sélectivité et une parfaite économie d'atome. Ceci nécessite la mise au point de nouvelles stratégies de synthèses *via* des réactions tandems en un pot et l'élaboration de méthodologies de synthèse générales et catalytiques. Paradoxalement, l'atteinte d'un tel but qu'Eric N. Jacobsen juge possible [32], marquerait la fin de la synthèse organique en tant que science, celle-ci devenant une technologie puissante mais sans surprise.

Une des conclusions que l'on peut tirer du *tableau III* est que, quelle que soit l'ambition, quelle que soit la fin visée, le but tactique est identique et reste une molécule à synthétiser. Ceci montre l'importance de la synthèse organique et de la recherche de nouvelles méthodologies de synthèse. Cette recherche est parfois qualifiée de redondante si elle est peu innovante et déconsidérée si l'application est jugée trop lointaine. Pourtant malgré les trois cent mille réactions connues, nous sommes encore à des années lumières de la sélectivité des enzymes, et il reste des continents entiers à explorer.

Un art et une science, ou les deux visages de la stratégie et de la synthèse organique

Une des composantes de la dialectique pensée/action se retrouve dans la

double nature intrinsèque de la stratégie comme de la synthèse organique, double nature qui a été maintes fois soulignée par les auteurs des deux camps [35]. En effet, la stratégie et la synthèse organique peuvent être à la fois considérées comme une science et un art ; science par la pensée : l'élaboration de concepts et la recherche des invariants ; art dans l'action : l'exécution et la création. Art aussi si l'on considère la beauté d'une manœuvre, d'un plan ou d'une molécule.

La chimie est bien une science artistique car selon la pensée limpide de M. Berthelot « *la chimie crée son objet. Cette faculté créatrice, semblable à celle de l'art lui-même, la distingue essentiellement des sciences naturelles et historiques* » [36]. Cette pensée rejoint quelques cent trente ans plus tard celle de J.-M. Lehn : « *Pour la chimie, les cieux sont grand ouverts, parce que si elle est une science, elle est aussi un art. Par la beauté de ses objets, évidemment, mais aussi par son essence même, par son aptitude à inventer le futur et à se recréer soi-même, sans fin* » [24]. Cette propriété de création est l'une des caractéristiques fondamentales de la chimie. C'est même sa spécificité. A partir des atomes, briques de constructions naturelles, le chimiste a le pouvoir d'inventer de nouvelles structures non naturelles, c'est-à-dire de nouvelles propriétés, qui sans lui n'auraient sans doute jamais existé sur la surface de la terre. Cet acte est parfois un acte de double création où le chimiste, pour réaliser de nouvelles architectures moléculaires, doit aussi créer de nouveaux outils sous la forme de nouvelles méthodologies de synthèse. Le chimiste est donc bien un artiste. On peut appliquer ici cette pensée de Napoléon soulignant l'importance du génie en matière de stratégie : « *Les généraux en chef sont guidés par leur génie. Apprend-on dans la grammaire à composer un chant de l'Illiade, une tragédie de Corneille ?* » [37]. De même, ce n'est pas par la simple connaissance du tableau périodique des éléments que l'on invente les caténanes, le dodécahédrane ou des machines moléculaires [34].

A l'origine, l'alchimie, qui n'était pas encore devenu la chimie, était qualifiée d'art divin ou de grand art, art à la recherche de l'absolu. Depuis sa nais-

Tableau III - Desseins, buts et objectifs en synthèse organique.

Politique/Desseins	Stratégie/buts	Tactique/objectifs
Frontière animé/inanimé Origine de la vie	Hélicates [24] ou acides hexonucléiques [33]	Synthèse organique
Nanotechnologie	Moteurs moléculaires [34b]	Synthèse organique
« Supersynthèse » organique	Époxydation asymétrique générale	Synthèse organique

sance, célébrée par la synthèse de l'urée par F. Wohler en 1828, la chimie organique s'est peu à peu affranchie de ses origines ésotériques en introduisant une dimension de plus en plus scientifique à sa démarche. Mais ce n'est qu'après la Seconde Guerre mondiale que d'art elle est devenue une science à part entière en augmentant sa force de prédiction et en rationalisant la grande quantité des résultats empiriques accumulés. Le concept de conformation par D.H.R. Barton et O. Hassel, la théorie Woodward-Hoffmann de conservation de la symétrie des orbitales moléculaires, ont constitué par exemple des sauts épistémologiques importants. En ce qui concerne la synthèse organique, l'année 1967 a marqué symboliquement le passage entre deux époques. Pour la première fois, la synthèse multi-étapes de molécules organiques complexes a été codifiée et rationalisée grâce à l'approche méthodique de E.J. Corey concernant l'analyse rétrosynthétique des molécules cibles [38]. Lors de la remise du prix Nobel, S. Gronowitz pouvait alors déclarer : « *Corey's contributions have turned the art of synthesis into a science...* » [39]. La preuve la plus tangible du caractère scientifique de la synthèse organique, comme le souligne R.B. Woodward, est sa capacité de prédiction, matérialisée par la synthèse totale de molécules complexes : « *The synthesis of substances occurring in Nature [...] provides a measure of the condition and power of the science... It can scarcely be gainsaid that the successful outcome of a synthesis of more than thirty stages provides a test of unparalleled rigor of the predictive capacity of the science* » [40].

Conclusion

Dans *Siegfried*, la pièce de Jean Giraudoux, on voit passer de temps en temps des généraux à la recherche d'une formule mathématique de la guerre qui permettrait l'accès à des stratégies toujours décisives. Mais cette quête est naturellement vaine et utopique car la nature de la stratégie, comme de la synthèse organique, est éminemment complexe et paradoxale. La chimie organique est un fascinant

mélange d'art et de science, de hasard et de conception, d'inattendu et de prévisible, de pensée et d'action [41]. Le modèle classique des sciences semble ne s'appliquer que partiellement à la synthèse organique, le paradigme cartésien fondé sur l'analyse des causes étant en effet plus adapté à des systèmes parfaitement prévisibles. Par-delà les métaphores que le chimiste empreinte au stratège, les points de contact entre les deux mondes, *a priori* si distants, ont été nombreux et présents à tous les niveaux. Le modèle stratégique axé sur l'analyse des moyens et des finalités est une représentation proche de l'espace épistémologique de la synthèse organique. Ce modèle s'applique à des systèmes difficilement prévisibles où il convient de raisonner en terme d'enjeux. Il permet de mieux appréhender la nature multiple et paradoxale de la démarche du chimiste organicien. Il existe bien sûr des limites à l'analogie comme la définition d'un ennemi non rationnel, qui pourrait être la nature, ou bien le rôle du hasard, négatif pour le stratège, mais souvent riche en découverte pour le scientifique. Néanmoins, le modèle stratégique fournit un cadre de réflexion, d'analyse et de questionnement qui, en structurant la pensée et l'action, peut devenir un outil à fort potentiel heuristique, un guide pour l'imagination créatrice. Ce modèle peut également se révéler utile comme instrument pour la didactique et la vulgarisation scientifique. En approfondissant la métaphore stratégique, le chimiste aurait alors un nouvel angle d'attaque pour communiquer sa passion au plus grand nombre, passion toujours intacte, plus de cent cinquante ans après la naissance de la chimie organique. Les paroles d'un pionnier, le prix Nobel F.W. Ostwald (1853-1932), sont en effet toujours d'actualité : « *La chimie organique d'alors ensorcela tout le monde et fit prendre conscience des inépuisables possibilités de cette science* ».

Remerciements

Je tiens à remercier Jacques Goré, Valérie Breuil-Desvergnès et Sabine Chierici pour leurs conseils avisés et leur aide lors de la rédaction de cet article.

Notes et références

- [1] Corey E.J., Cheng X.-M., *The logic of organic synthesis*, Wiley, New York, 1989.
- [2] Sun Tzu, *L'art de la guerre*, Flammarion, 1972.
- [3] Couteau-Bégarie H., *Traité de stratégie*, Economica, Paris, 1999.
- [4] Fievet G., *De la stratégie. L'expérience militaire au service de l'entreprise*, Interéditions, Paris, 1993.
- [5] Napoléon cité par Regenbogen L. dans *Napoléon a dit*, Les belles lettres, Paris, 1996.
- [6] Foch F., *Des principes de la guerre*, Berger-Levrault, Paris, 1903.
- [7] Beaufre A., *Introduction à la stratégie*, Hachette, Paris, 1998.
- [8] « *La stratégie est comme le spectre solaire. Elle a un infrarouge qui est le royaume de la politique et elle a un ultraviolet, qui est celui de la tactique. Et de même le spectre se raccorde à ses parties invisibles par des gradations insensibles, de même la stratégie se joint à la politique et à la tactique en s'altérant progressivement pour se fondre en elle* », Castex R., *Théories stratégiques*, tome I, Economica, Paris, 1997.
- [9] L. Poirier cité par P. Reyssset et T. Widemann dans *La Pensée stratégique*, PUF, Paris, 1997.
- [10] Von Moltke H., *Sur la stratégie*, École supérieure de guerre, Paris, 1871, voir réf. [3].
- [11] « *L'armée est un organisme composé ; à chaque instant de son action, nous la voyons poursuivre une pensée stratégique qu'elle traduit tactiquement ; cet ordre tactique, c'est l'incorporation de l'idée* », Rüstow W., *L'Art militaire du XIXe siècle. Stratégie-histoire militaire*, Librairie militaire Beaudoin, Paris, 1881.
- [12] Clausewitz C., *De la guerre*, Édition de minuit, Paris, 1955.
- [13] Poirier L., *Le chantier stratégique - Entretiens avec Gérard Chaliand*, Hachette, 1997.
- [14] Bergson H., *Écrits et paroles*, PUF, Paris, 1957.
- [15] Lidell Hart B.H., *Histoire mondiale de la stratégie*, Plon, Paris, 1963.
- [16] Nicolaou K.C., Sorensen E.J., *Classics in total synthesis*, VCH Publishers, New York, 1996.
- [17] Chatgialoglou C., Snieckus S., *Chemical synthesis, gnosis to prognosis*, Kluwer academic publishers, Netherland, 1996.
- [18] Corey E.J., Posner G.H., *J. Am. Chem. Soc.*, 1967, 90, p. 3911 ; Corey E.J., Katzenellenbogen J.A., Gilman N.W., Roman S.A., Erickson B.W., *J. Am. Chem. Soc.*, 1968, 90, p. 5618.
- [19] Nietzsche F. cité par G. Fievet réf. [4].
- [20] Nicolaou K.C., *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* 1993, 32, p. 1377.
- [21] Hanessian S., *Total synthesis of natural products : The « chiron » approach*, Pergamon Press, Oxford, 1983.
- [22] Chanon M., Barone R., Baralotto C., Julliard M., Hendrickson J.B., *Synthesis*, 1998, p. 1559 et références citées.
- [23] Czarnik A.W., *Acc. Chem. Res.*, 1996, 29, p. 112.

- [24] Lehn J.-M., *La Chimie supramoléculaire, concepts et perspectives*, De Boeck Université, Paris, 1997.
- [25] de Maizeroy J., *Théorie de la guerre*, 1776.
- [26] Feng H., Yunxin B., Altor J.D., Corey E.J., *J. Am. Chem. Soc.*, 1999, 121, p. 6771.
- [27] Hudlicky T., *Chem. Rev.* 1996, 96, p. 3.
- [28] a) Carey S.C., Aratani M., Kishi Y., *Tetrahedron Lett.*, 1985, 26, p. 5887 ; b) Stork G., Zhao K., *J. Am. Chem. Soc.*, 1990, 112, p. 5875.
- [29] Bensaude-Vincent B., Stengers I., *Histoire de la chimie*, La découverte, Paris, 1993.
- [30] Barlet R., *L'Act. Chim.*, 1999, 4, p. 23.
- [31] Seebach D., *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.*, 1990, 29, p. 1320.
- [32] Gettys N.S., *J. Chem. Educ.*, 1998, 75, p. 666.
- [33] Groebke K., Hunziker J., Fraser W., Peng L., Diederichsen U., Zimmermann K., Holzner A., Leumann C., Eschenmoser A., *Helv. Chim. Acta.*, 1998, 81, p. 375.
- [34] Exemples de moteurs moléculaires : a) Asfari Z., Vicens J., *L'Act. Chim.*, 2000, 3, p. 5 ; b) Kelly T.R. *et al.*, *Nature*, 1999, 401, p. 150, c) Feringa B.L. *et al.*, *Nature*, 1999, 401, p. 152.
- [35] Les théoriciens militaires ont longtemps débattu sur la nature profonde de la stratégie pour finalement s'accorder sur le fait que cette discipline est à la fois une science et un art. Pour la chimie organique, voir par exemple les titres évocateurs de deux articles récents faisant le bilan d'un siècle de chimie organique : « *The Art and Science of Total Synthesis at the Dawn of the Twenty First Century* » et « *The Art and Science of Organic and Natural Products Synthesis* » (Nicolaou K.C. *et al.*, *Angew. Chem., Int. Ed.*, 2000, 39, p. 44. ; Nicolaou K.C. *et al.*, *J. Chem. Educ.*, 1998, 75, p. 1226). Un autre exemple est le sous-titre choisi par W.A. Smit *et al.* pour leur livre : « *Organic Synthesis, The Science behind the Art* », The Royal Society of Chemistry, Cambridge, 1998.
- [36] Berthelot M., *Chimie organique fondée sur la synthèse*, Mallet-Bachelier, Paris, 1860.
- [37] *Commentaires de Napoléon I*, Imprimerie impériale, tome VI, Paris 1867.
- [38] Corey E.J., *Pure and Appl. Chem.*, 1967, 14, p. 19 ; Corey E.J., Wipke W.T., *Science*, 1969, 166, p. 178.
- [39] *Nobel Lectures : chemistry 1981-1990*, World Scientific, New Jersey, 1992, p. 677.
- [40] Woodward R.B., *Perspective in Organic Chemistry*, Interscience, New York, 1956.
- [41] Compain P., *L'Act. Chim.*, 1997, 11, p. 26.

Chers collègues L'Actualité Chimique

est votre journal. Vous connaissez nos rubriques :

- Recherche
- Enseignement
- Industrie
- Histoire de la chimie
- Hygiène-sécurité
- Francophonie

et nos efforts pour réaliser des numéros spéciaux.

Adressez-nous

- des projets d'articles généraux d'actualité
- ou toute idée de numéros à thème.

Merci.

La rédaction

L'Actualité Chimique

250, rue Saint-Jacques, 75005 Paris. Tél. : 01.40.46.71.65.

La formulation : de l'art à la science du compromis

L'histoire et l'actualité de la formulation

Gilbert Schorsch*

Introduit depuis une quinzaine d'années, le mot formulation tente de s'imposer dans le jargon technique à côté de mots tels que matériaux, biotechnologies, ou plus récemment technologies de la communication.

Ces mots se veulent génériques. Ils ne le sont qu'en apparence. Ils désignent en général des domaines fort complexes par leurs contenus scientifique et technique et toujours mystérieux pour le grand public.

Mais contrairement aux autres mots, la formulation n'est pas reconnue comme une activité prestigieuse. Elle n'a pas la connotation de haute technologie ou de nouvelle économie, obligatoire aujourd'hui pour être porteur de développements futurs, sinon de rêves.

Pourquoi ce déficit d'image ou ce manque de reconnaissance ?

1 - Les trois grandes étapes

Les alliages métalliques, les céramiques ou les caoutchoucs dans les matériaux, l'encre de Chine ou une peinture automobile, une poudre lessiviale ou un shampoing, un comprimé d'aspirine ou une bouillie de traitement de céréales dans les spécialités, sont autant d'exemples concrets de formulations de notre vie courante.

L'histoire des civilisations et des techniques montre clairement que la formulation (voir *encadré*) est une activité ancestrale. En fonction des matières premières et des technologies disponibles, l'humanité a pratiqué et pratique toujours l'art du mélange.

• Du néolithique au second Empire :

la formulation de matières premières d'origine naturelle couvre les besoins essentiels de l'humanité

Très tôt, nos ancêtres ont recours à la formulation pour satisfaire leurs besoins essentiels. Poterie crue dès le néolithique, terres cuites ou amphores ensuite - pour conserver et transporter huiles et graines - et faïences et porcelaines, vernissées ou émaillées - pour décorer habitations et tables - jalonnent l'évolution des expériences acquises dans le domaine des céramiques.

L'histoire de la mise au point initiale de la porcelaine de Chine - puis des tentatives d'imitation - illustrent parfaitement le difficile choix des matières minérales et du dosage des mélanges à base de kaolin pour atteindre le meilleur compromis entre facilité de façonnage de la pâte au tour, sa tenue à la cuisson et l'aspect translucide des objets fabriqués.

L'invention du bronze coulé, dès le milieu du 2^e millénaire, en Chine encore, conjugue adaptation progressive du mélange à base d'argile et de loess (pour fabriquer le moule dans lequel le bronze se coulera facilement) et reconnaissance rapide de l'intérêt de l'alliage à base d'étain et de cuivre pour obtenir la dureté et la résistance à la corrosion spécifiques au bronze.

Par la suite, le développement des alliages métalliques procède de la même stratégie d'adaptation constante des matières premières disponibles aux propriétés recherchées.

Nos ancêtres s'acharnaient donc depuis longtemps à trouver le meilleur compromis possible entre facilité de mise en œuvre, performance et durabilité des matériaux qu'ils fabriquaient.

Plus près de nous, des poudres parfumées - très en vogue à Versailles - et des eaux de toilette étaient préparées à partir de matières premières d'origine végétale.

La fonctionnalité multiple de telles formulations - nettoyage, masquage des odeurs et personnalisation - est détectée très tôt.

Dans le domaine de la conservation des aliments, des formulations très diversifiées et efficaces sont pratiquées depuis longtemps : l'addition de miel puis de sucre pour la conservation des fruits en Égypte, de sels ou de graisses pour la conservation des viandes et poissons, ou d'épices pour la préparation des aliments.

A l'opposé de la stratégie de mélange décrite jusqu'à présent, c'est l'extraction qui est pratiquée pour préparer infusions, décoctions et onguents pour se soigner. Les solutions aqueuses ou les huiles extraient et solubilisent ainsi directement les matières actives. Nous reviendrons plus loin sur l'intérêt de cette pratique.

Durant toute cette période, les technologies de mélange appliquées restent relativement simples ; elles font appel à l'énergie mécanique : le creuset et le pilon ou la meule pour broyer, des bassines et des agitateurs pour remuer, et à l'énergie thermique : pour chauffer, faire fondre ou solubiliser.

Le savoir-faire se construit par une démarche d'essai/erreur et se transmet de bouche à oreille. Sauf dans le domaine pharmaceutique où les formules sont consignées dans la pharmacopée apparue au milieu du XIV^e siècle.

L'apothicaire dans son officine avec ses pots et son trébuchet pourrait symboliser cette période.

* E-mail : cgschorsch@aol.com

• A partir du second Empire :

la demande de produits de substitution entraîne l'essor de l'industrie chimique

Le second Empire marque le tournant que les chimistes connaissent bien. Les industries métallurgiques et textiles se développent. Il faut teindre taffetas et satins qui parent les crinolines ! Les matières colorantes naturelles ne permettent plus de faire face à la demande. Une chaire de chimie tinctoriale est créée au CNAM dès 1852 et la synthèse de la mauvéine est décrite par Perkin en 1856. Par chance, certaines structures préparées se révèlent avoir une activité médicinale.

Rapidement l'industrie chimique identifie, puis fabrique par synthèse totale dans la deuxième moitié du XIX^e siècle, parfums, médicaments, détergents de synthèse, issus successivement de la carbochimie, plus tard de la pétrochimie.

Avec les deux guerres mondiales et l'effort de reconstruction, la demande de produits se fait plus pressante encore. De nouveaux matériaux, avec une plus grande facilité de mise en œuvre, sont introduits : des fibres et des polymères synthétiques, de nouveaux matériaux de construction, des ciments aux bétons.

Pour se substituer et déplacer les matériaux traditionnels, la formulation des élastomères - par des charges renforçantes - et celle des matières plastiques - par des stabilisants thermiques pour le PVC, ou par des anti-oxydants pour les polyoléfines à titre d'exemple - s'avère impérative.

Mais, fait plus significatif pour l'évolution ultérieure de la formulation, l'industrie chimique développe, pour les applications industrielles, divers auxiliaires qui simplifient notablement les opérations de formulation : des bases et des acides de plus en plus caustiques pour dissoudre les produits minéraux récalcitrants, des solvants de plus en plus polaires pour solubiliser des produits organiques, des tensio-actifs pour associer composés hydrophiles et lipophiles, des complexants à structure de plus en plus élaborée pour solubiliser des ions métalliques insolubles.

En résumé, la demande de produits de substitution consacre l'âge d'or de la chimie de synthèse.

Durant cette période, les technologies de formulation s'inspirent de celles de

l'industrie chimique : réacteurs sous pression ou sous vide, broyeurs à billes, extrudeuses, extracteurs... L'industrie traite des lots de plus en plus importants. Les installations s'agrandissent et s'automatisent.

Le formateur type de cette période mélange pigments, charges, liants, modificateurs de rhéologie et solvants pour fabriquer des peintures décoratives.

• A partir de 1975,

l'offre de service est privilégiée

Avec les remises en cause et les événements qui ont marqué 1968 et les deux

chocs pétroliers, la saturation des marchés des produits chimiques et la compétition mondiale forcent l'industrie chimique à revoir sa stratégie.

A l'initiative des industries de grande consommation en contact direct avec les marchés - pharmacie, détergence ménagère ou produits de soins, matériaux de construction... -, des offres nouvelles sont proposées aux consommateurs :

- tantôt des formulations très spécifiques qui traitent de manière ciblée maux ou défauts bien identifiés : médicaments, produits de traitement des façades ou des sols ; hydrofugeants ou anti-mousses ;

La formulation

Sens du mot

Au mot « formuler », l'édition du *Larousse Classique* de 1957 donnait deux exemples et introduisait deux notions différentes que nous rapportons intégralement car elles traduisent, fort à propos, les exigences actuelles en matière de formulation :

- *formuler une ordonnance médicale, c'est-à-dire rédiger d'après une formule (NDLR : au sens d'une prescription dressée par le médecin),*
- *formuler une objection, c'est-à-dire exprimer d'une manière précise.*

En intégrant ces deux sens, le mot formuler désigne deux actions complémentaires et concomitantes :

- la sélection et le dosage des ingrédients qui réclament davantage une connaissance précise du mode d'action que celle de la formule chimique de chacun d'entre eux. C'est le médecin qui fixait la nature et le dosage des principes actifs et c'est le potard qui en réalisait le mélange dans l'arrière boutique de l'apothicaire ;
- la prise en compte précise du besoin réel de l'utilisateur, c'est-à-dire du malade dans notre cas.

Ce retour étymologique nous permet de bien prendre conscience des orientations actuelles de l'industrie. Elle doit prendre en compte totalement les besoins concrets des utilisateurs en matière de mise en œuvre, d'efficacité et de sécurité des formulations.

Le développement de partenariats entre clients et fournisseurs illustre d'ailleurs clairement cette évolution.

Mais aussi ambiguïté du mot

Ce double sens, relevé dans le dictionnaire, permet aussi d'expliquer l'ambiguïté de la connotation du terme formulation.

S'il ne désigne que l'acte pur et simple de mélange, synonyme de cuisine, il mérite bien l'ignorance, voire le dédain, de certains milieux universitaires envers cette activité.

Si, au contraire, nous l'acceptons dans sa totalité, comme les industriels doivent la pratiquer, c'est-à-dire avec une maîtrise parfaite des interactions entre les ingrédients, une bonne connaissance du mode d'action des produits et une réponse précise au besoin réel de l'utilisateur, la formulation mérite bien ses lettres de noblesse.

Au même titre que la cuisine qu'Hervé Thys anoblit en gastronomie moléculaire, la formulation mérite d'être réhabilitée.

- tantôt des formulations à fonctions multiples, qui nettoient et traitent simultanément. Sous le nom générique « 2 en 1 », des formulations de plus en plus élaborées sont mises au point : des poudres lessiviellles, qui nettoient et entretiennent les textiles, des shampoings anti-pelliculaires en passant par les dentifrices antitartre ou les pâtes gingivales ;

- tantôt des formulations qui s'utilisent et s'appliquent facilement : une bouillie de traitement de printemps, des céréales ou un mortier auto-lissant.

L'industriel propose même le système d'application pour faciliter la vie de l'utilisateur et pour optimiser l'efficacité des produits : cartouches pour délivrer le mastic de vitrage ou la mousse à raser, inhalateur pour le traitement de l'asthme...

Mais les industries de grande consommation se tournent aussi simultanément vers l'amont, c'est-à-dire vers leurs fournisseurs pour leur demander de leur livrer des formulations faciles à appliquer ou des dispositifs à intégrer directement dans leurs chaînes de production. Les exemples ne manquent pas :

- un compound de PVC contenant stabilisant et lubrifiant que le fabricant de canalisation d'eaux ou de plinthes pour bâtiment utilisera directement dans ses extrudeuses,

- un mortier ou un béton fabriqué en centrale, contenant les adjuvants qui lui confèrent le caractère auto-plaçant voire autolissant lors de sa mise en œuvre,

- l'industrie automobile ne réclame pas seulement l'élastomère de la courroie mais tout le système de transmission, y compris le tondeur.

Dans tous les cas, le développement de ces types de spécialités repose sur un marché implicite : le partage équitable des gains de productivité. En contrepartie d'une commodité d'application, d'une meilleure efficacité ou d'une plus grande fonctionnalité, l'utilisateur final, industriel ou particulier, est prêt à payer plus cher le coût du service.

L'industrie est à présent entrée dans l'ère du service et du client roi. Avec l'obligation impérieuse de bien connaître le mode d'action des formulations qu'elle vend et de s'assurer qu'elles répondent à un vrai besoin.

Durant cette dernière période, les

technologies innovantes apparaissent. La mise en émulsion fait appel aux homogénéiseurs HP ou UHP, aux membranes... De nouvelles technologies - atomiseur, foisonneur, encapsulation...-, ou de nouvelles présentations - microémulsions, mousses ou aérosols, nanoparticules...-, sont mises en œuvre.

Unilever pour ses deux activités majeures, la détergence et l'agroalimentaire, ou Hutchinson dans le domaine des formulations industrielles à base de caoutchoucs techniques pour l'amortissement ou l'isolation phonique, peuvent fort bien représenter le formulateur type de cette période.

2 - Les leçons de l'histoire

La formulation : une nécessité, qui exige aujourd'hui une grande réactivité

Que ce soit pour assurer des fonctions multiples ou pour franchir une barrière biologique, seul un mélange de produits permet d'apporter une réponse à un coût acceptable. Un produit n'est jamais utilisé seul. Un pigment n'a d'intérêt qu'associé au minimum avec un liant et un additif rhéologique.

Mais cette démarche d'optimisation est inhérente à tout développement de produits dans l'industrie. Chaque profession adapte depuis longtemps composition et structure aux besoins du marché. Toutes les professions pratiquent donc la formulation comme M. Jourdain pratiquait la prose.

Dès lors la formulation touche des domaines trop nombreux, avec des contenus scientifiques trop divers, pour qu'elle puisse être considérée et respectée comme un domaine scientifique cohérent.

Il est intéressant aussi de constater que l'objectif général de la formulation n'a guère varié au fil du temps. Il n'a fait que s'adapter aux moyens et aux besoins locaux - population concernée, niveau de performance et exigences de sécurité exprimées.

Par contre, avec la compétition internationale, c'est la réactivité qui prime. C'est le temps de réponse aux besoins exprimés qui doit impérativement être raccourci. D'où la nécessité

de mieux organiser et de savoir mieux utiliser connaissances et expériences disponibles.

C'est donc dans l'élaboration des concepts unificateurs en matière de technologies de mélange ou d'application, de physique ou de physico-chimie, de caractérisations des structures, que la formulation doit trouver sa cohérence et son identité. Ce sont ces concepts que les diverses professions devront mieux identifier, clarifier et partager pour progresser ensemble.

La formulation : l'art de gérer des incompatibilités

La compatibilité des produits à mélanger constitue par conséquent le facteur critique à prendre en compte.

Les mélanges solubilisés à l'échelle moléculaire, par extraction à l'eau ou aux huiles, ou par l'utilisation de bons solvants, de tensio-actifs voire de complexants, ne posent guère de problèmes.

Pour mieux cerner et segmenter le champ d'action de la formulation, n'y aurait-il pas lieu de distinguer deux grandes familles de formulations fluides ? :

- celle des solutions, des eaux de toilettes ou parfums, par exemple, qui ne posent que la question de trouver le bon solvant et dont l'évaluation se fait par des tests mis en place par chacune des professions,

- celle des « pseudo-solutions », des émulsions aux dispersions en passant par les mousses ou les aérosols, bref des systèmes colloïdaux, essentiellement métastables ou des milieux complexes, par nature fragiles. Ces systèmes posent des problèmes communs de préparation, de stabilité et de caractérisation de leur morphologie et de leur comportement sous contraintes mécaniques ou thermiques.

Une communauté scientifique s'est constituée autour de la récupération assistée du pétrole à partir de 1975. Le Colloque Systèmes Moléculaires Organisés qui s'est tenu à Bordeaux en 1991, sous l'égide du CNRS, a donné une nouvelle jeunesse à cette thématique.

Par ailleurs, ces problèmes d'incompatibilité se trouvent encore exacerbés dans le domaine des matériaux et plus particulièrement dans celui des multi-

matériaux (polymères chargés, matériaux composites, panneaux sandwich, bétons armés...). Ils posent des problèmes communs de caractérisation des interfaces et de leurs relations avec les propriétés mécaniques de surface - en première approximation d'adhésion et de masse - et - en première approximation de renforcement.

En bref, la préparation, la caractérisation et l'origine des propriétés mécaniques et optiques de matériaux hétérogènes à partir de matériaux somme toute assez traditionnels - tels que les métaux, les ciments ou les polymères - sont encore insuffisamment maîtrisés.

La prise de conscience de problématiques scientifiques communes à partager dans ce domaine est plus récente. Un colloque, organisé à Lyon en décembre 1997 par le CNRS, a tenté d'esquisser des Programmes Matériaux Transversaux, un peu éloignés encore des préoccupations concrètes des industriels.

La formulation : un métier global

En dépit d'une approche très empirique, nos ancêtres ont cependant procédé à des avancées qui dénotent d'intuitions géniales de phénomènes physico-chimiques essentiels que nous n'expliquons que depuis moins d'un siècle, comme la stabilité des milieux colloïdaux (encre de Chine) ou l'inversion de phase (fabrication du beurre ou de margarine).

Des travaux récents ont montré aussi que, dans la période initiale, nos ancêtres ne se contentaient pas de mélanger ou d'extraire purement et simplement des produits naturels. Ceux-ci pouvaient subir des traitements thermiques - les pigments à base d'hématite dans les peintures rupestres ou à base de céruse dans les fards en Égypte -, voire des biotransformations par fermentation - pour la préparation du pastel.

L'intérêt de la solubilisation des diverses matières actives pour faciliter la formulation et l'importance des notions d'hydrophilie et d'hydrophobie, a été entrevu très tôt dans le domaine des médicaments, de l'hygiène corporelle et de la peinture.

Ces intuitions montrent qu'une expérience pratique et concrète des

problèmes peut conduire aussi à des résultats intéressants et ne doit pas être dédaignée.

La formulation s'avère donc une activité globale qui, du développement à la mise sur le marché d'un produit, exige non seulement des connaissances théoriques, mais aussi une expérience pratique et une intuition des besoins des marchés. Elle exige donc une réelle aptitude à travailler en équipe, car toutes ces exigences se trouvent rarement réunies dans une même personne ou une même équipe.

La formulation : pas seulement de la chimie

L'offre de service vers laquelle s'orientent les industries de consommation appelle une double orientation :

- L'industrie chimique doit de mieux en mieux connaître non seulement les technologies de mélangeage et d'application des produits qu'elle ou ses clients utilisent (broyage, injection, moulage, encapsulation...), mais aussi comprendre parfaitement leur mode

d'action pour développer des partenariats actifs avec les industries en aval. Faute de quoi elle risque de se voir transformée en simple sous-traitante de ses clients.

- A une époque où les propriétés d'usage des produits prennent le pas sur leur disponibilité, la compétition s'est déplacée de la synthèse vers la maîtrise de la performance des produits formulés. Cela implique que les compétences en physique (de la mécanique à la microélectronique en passant par l'optique dans le secteur industriel) ou en biologie (de la biochimie à la biologie moléculaire dans les sciences de la vie) seront aussi déterminantes que celles de synthèse chimique. La métallurgie, les matériaux de construction, des verres aux ciments, l'industrie électronique ne se réfèrent déjà plus à la chimie et se développent de manière autonome.

La scission entre chimie et sciences de la vie dans les grands groupes chimiques accélère encore cette prise d'indépendance.

L'absence de crédibilité, du moins

Moulage de céramiques par coulage-coagulation... grâce à la formulation

Conférence présentée aux 8^e Journées de Formulation (Besançon, 17-19 octobre 2000)

Une équipe de l'École Nationale Supérieure des Céramiques Industrielles de Limoges vient de présenter une avancée récente et intéressante, en transposant la technique du moulage par coulage, illustrée au début de cet article par la fonte, à la mise en forme des céramiques.

Dans un premier temps, l'introduction d'un dispersant très efficace - un catéchol disulfonate - permet de préparer une dispersion concentrée - 60 % en volume à pH 9 - et très fluide d'alumine, qui épousera parfaitement les formes du moule.

De l'acétate d'aluminium - $(\text{CH}_3\text{CO}_2)_2\text{AlOH}$ - est ajouté simultanément mais introduit un effet retardé doublement intéressant. Par décomposition thermique, le pH est abaissé vers le point isoélectrique de l'alumine et l'ion Al^{3+} libéré désorbe le dispersant sulfoné.

Le figeage de la suspension est instantané. Il conduit à des pièces crues denses d'une cohésion suffisante pour être démoulées rapidement, séchées et traitées thermiquement et dont le retrait est très faible (1 %).

Ce procédé de fabrication a pu voir le jour grâce à une étude méthodique des mécanismes moléculaires à la base du contrôle de la stabilité de la dispersion : les forces d'interaction entre les particules et la décomposition thermique retardée du coagulant.

Une belle illustration de maîtrise en temps réel de deux phénomènes strictement opposés : dispersion et coagulation.

• Contact : c.pagnoux@ensci.fr

pour les marchés boursiers, des sociétés de spécialités chimiques va dans le même sens et confirme que les activités en contact direct avec le marché ont une meilleure visibilité et offrent de meilleures chances de développement de produits innovants.

La roue tourne car, il y a à peine une quarantaine d'années, on attendait avec la même curiosité et la même frénésie la nouvelle fibre élastique ou le nouveau polymère thermostable, qu'actuellement la nouvelle génération de téléphones WAP !

Il en résulte que, pour l'enseignement de la chimie, une place plus importante devra être réservée à l'exposé des relations structure/propriétés physico-chimiques et propriétés physico-chimiques/propriétés d'usage qui prennent de plus en plus d'importance au détriment de l'enseignement de la synthèse. Il est actuellement difficile d'identifier ou de localiser un tel enseignement sur les tensio-actifs ou les polymères solubles, pourtant très utilisés dans le domaine des formulations.

Une place plus grande doit donc être réservée aux enseignements de physique ou de biologie, c'est-à-dire à la multidisciplinarité, car les emplois actuels se trouvent déjà en majorité dans les industries en aval de la chimie.

L'orientation présagée devrait entraîner une plus grande différenciation des enseignements dans les écoles de chimie.

3 - L'actualité et les opportunités de la formulation

Depuis le milieu des années 1970, et avec les excès du tout chimique dénoncé par les écologistes, la méfiance s'est installée dans le grand public. Les règles de sécurité se renforcent avec un double impact, dont les effets s'opposent.

- La restriction d'utilisation de solvants pour cause de composés organiques volatils, voire leur élimination pour toxicité intrinsèque (cf problème actuel des éthers de glycol) rend plus difficile la formulation car les produits doivent être préparés sous forme d'émulsions ou de dispersions thermodynamiquement instables.

- Le coût du développement de nouveaux produits, et en particulier celui de

l'évaluation de leurs risques éventuels pour l'homme et son environnement, s'accroît. Pour répondre aux besoins exprimés, l'industrie trouve plus avantageux et plus sécurisant de formuler différemment des produits déjà commercialisés plutôt que de développer de nouveaux produits. Les activités de formulation sont relancées de ce fait, car elles constituent le champ de compétition privilégié des industries en aval de la chimie.

Cette relance se produit avec des contraintes nouvelles dues essentiellement aux exigences croissantes des consommateurs. A titre d'exemples :

- Le nombre de composants dans un mélange augmente pour en optimiser la performance ou pour élargir leur spectre : la formulation devient plus difficile.

- Les deux chocs pétroliers de 73 et de 78 et la conjoncture actuelle (Erika, augmentation du coût des produits pétroliers...) montrent tout l'intérêt de diversifier les approvisionnements. Des matières premières d'origine végétale, c'est-à-dire renouvelables, entrent dans les formulations. Les biotechnologies proposent de leur côté enzymes, vitamines ou protéines. Elles exigent de nouvelles conditions de formulation.

- Les impératifs de sécurité se durcissent encore. Les risques de dissémination des produits (dans les cours d'eau ou les nappes phréatiques) ou la possibilité de les recycler doivent être pris en considération au moment de l'élaboration de la formulation.

Par ailleurs, la mondialisation des échanges diversifie les besoins. Tantôt, il faut répondre à des besoins locaux sur la base des matières premières et des technologies disponibles sur place. Tantôt, les formulations doivent supporter des durées de transport ou de stockage plus longues, ce qui suppose un meilleur contrôle de la stabilité des formulations.

Mais toutes ces difficultés créent aussi de réelles opportunités pour les industries en aval de la chimie. Elles investissent pour constituer ou valoriser des domaines de compétence qui deviennent de plus en plus spécifiques.

Le développement des multimatériaux, les techniques de dépollution ou les procédés de biotransformation, les techniques de génie génétique, sont autant d'exemples où l'optimisation de

la mise en œuvre et l'efficacité des produits sont basées sur de la formulation.

Conclusion

En conclusion, la formulation devient une nécessité pour le développement et l'utilisation des produits. C'est une activité globale, difficile, car elle exige de faire du « sur mesure », au prix du « prêt à porter », avec en surplus « des garanties de sécurité ».

Le terme de « formulation » est cependant un peu réducteur car il vise la valorisation de l'ensemble des produits, qu'ils soient naturels ou synthétiques.

La formulation fait encore trop souvent appel à des recettes empiriques qui sont plus du domaine de l'art que de celui de la science.

La cohérence scientifique du domaine est juste en train de s'élaborer. Il s'agit essentiellement du domaine des milieux colloïdaux et de celui des matériaux hétérogènes dans lesquels les industriels de divers secteurs ont à partager, à identifier et à organiser avec des universitaires des problématiques communes.

Une concertation plus fréquente et plus intense est souhaitée, entre industriels et universitaires mais aussi entre technologues et physico-chimistes, qu'ils soient à l'université ou dans l'industrie. Les divers interlocuteurs se rejettent encore trop les causes de l'évolution lente des connaissances dans ces domaines identifiés : études fondamentales trop éloignées des conditions pratiques réelles (milieux concentrés, nombre élevé de composants, systèmes hors d'équilibre...) pour les uns, trop grande discrétion sur les problèmes réels traités, approche trop empirique et trop grande volatilité des problèmes pour les autres...

Recherche par Internet sur le thème : « Sécurité , environnement, laboratoire, enseignement, chimie »

Vincente Viossat* maître de conférences, Josseline Ben-Aim* maître de conférences

Summary : *Subject research on Internet : « Security, environnement, laboratory, education, chemistry »*

This work aims at analysing the documents obtained via Internet on the subject chosen for the XVth JIREC : « Security and environnement protection in chemical education ». It has been done with the help of 7 search engines (Altavista, Excite, Hotbot, Voila, Infoseek, Yahoo). Quantitative and qualitative analyses are realised on the answers obtained with different key-words. Engines giving the greatest number of pages are not the best for quality of information. So, we decide to rank them either on the basis of the relevance of the papers or on the basis of a weight attributed to each of them. It appears that the outstanding search engines are Voila and Lycos.

Mots clés : *Internet, moteurs de recherche, sécurité, laboratoire, chimie.*

Key-words : *Internet, search engines, security, laboratory, chemistry.*

Une recherche sur « la sécurité et la protection de l'environnement dans l'enseignement de la chimie » avec plusieurs moteurs de recherche a été entreprise en 1998 à l'occasion des journées des XV^e JIREC (Journées de l'Innovation et de la Recherche dans l'Éducation en Chimie) pour être complémentaire d'une recherche effectuée dans les bibliothèques.

Cette recherche comporte deux objectifs :

- analyser les documents relatifs à la « sécurité et la protection de l'environnement dans l'enseignement de la chimie », titre de l'annonce des XV^e JIREC.

- trouver les annonces des journées JIREC organisées chaque année par la SFC (Société Française de Chimie).

Elle a été réalisée avec des annuaires et des moteurs de recherche qui se différencient de la manière suivante :

- les annuaires (Yahoo, Magellan, Nomade, Voila...) sont les outils les moins automatisés où les pages sont consultées et répertoriées par le personnel des sociétés ;

- les moteurs de recherche (AltaVista, Excite, HotBot, Lycos, Infoseek, Webcrawler...) sont des robots qui enregistrent nuit et jour les adresses des sites ; une fois recensées, celles-ci viendront nourrir des bases de données qui serviront ensuite de sources d'information aux différents logiciels de tri.

Par la suite, le terme « moteur de recherche » inclura annuaires ou moteurs.

Une recherche avec plusieurs moteurs a été indispensable car, dans le meilleur des cas, les moteurs n'indexent que 16 % du Web dont la taille était en 1999 de 800 millions de pages [1]. Parmi les quinze moteurs donnés par le site Wanadoo www.wanadoo.fr, nous avons sélectionné ceux qui ont été étudiés par S. Lawrence et C. Lee Giles [2] dont les estimations du pourcentage de pages indexées sont : AltaVista (15,5 %), HotBot (11,3 %), Infoseek (8,0 %), Yahoo (7,4 %), Excite (5,6 %) et Lycos (2,5 %). Nous y avons ajouté en 2000 l'annuaire Voila de FranceTélécom dont les réponses correspondent à celles de l'annuaire PagesWeb utilisé en 1998.

Pour chaque moteur, parmi l'ensemble des options proposées, nous avons choisi :

- La langue française, implicite pour un moteur franco-phonie et à préciser dans les autres cas (Altavista...).

- Une méthode de recherche par mots clés avec possibilité d'utiliser une *recherche simple* et une *recherche avancée* (recherche avec options qui permet d'optimiser la recherche). Les mots clés sélectionnés sont liés au thème des XV^e JIREC et à ces journées organisées par la SFC.

Cinq mots clés ont été introduits : « sécurité, protection, environnement, enseignement, chimie », pour une première étude entreprise en 1998 et complétée en 2000 ; ensuite, successivement trois mots clés : « sécurité, laboratoire, chimie », deux mots clés « jirec, sfc » et un mot clé « jirec », pour d'autres études effectuées en 2000, ont été testés.

- Une présentation des résultats donnés par les moteurs, sous forme de titres ou de résumés.

* Laboratoire des systèmes interactifs à l'échelle nanométrique, Université Pierre et Marie Curie, 4, place Jussieu, tour 55, boîte courrier 196, 75052 Paris Cedex 05. Tél. : 01.44.27.55.46. Fax : 01.44.27.50.96. E-mail : viv@ccr.jussieu.fr

Au cours de cet article, nous aborderons les 4 points suivants :

- le choix du type de recherche (simple ou avancée),
- les aspects quantitatif (nombre de pages indexées) et qualitatif (pertinence des résultats trouvés) avec 5, 3, 2 et 1 mots clés,
- le classement des moteurs de recherche,
- l'analyse des documents répertoriés.

Choix de la méthode de recherche

Pour tous les moteurs utilisés, nous avons testé les deux méthodes de recherche : la *recherche simple* et la *recherche avancée* avec les 5 mots clés « sécurité, protection, environnement, enseignement, chimie », mots clés de l'annonce des XV^e JIREC. Dans les deux cas, la saisie des mots a été faite sans accent et en minuscule, par souci d'homogénéisation de la saisie, et les réponses obtenues sont ordonnées essentiellement en fonction du nombre de mots clés et de la redondance de ces mots dans le texte.

Pour la *recherche simple*, les mots clés ont été saisis l'un après l'autre, séparés par des espaces :

securite environnement chimie enseignement protection.

et les réponses obtenues peuvent contenir 5, 4, 3, 2 ou 1 mots clés.

Pour la *recherche avancée* ou *recherche avec options*, nous avons choisi l'option « doivent contenir tous les mots clés », ce qui équivaut à l'opérateur booléen « ET » qui peut être aussi représenté par le symbole « + ». Dans tous les cas, nous nous sommes reportées à l'aide fournie par les moteurs pour la syntaxe.

La plupart du temps, la chaîne de caractères a été saisie de la manière suivante :

+securite+environnement+chimie+enseignement+protection.

Nous avons regroupé dans le *tableau I* les résultats obtenus en *recherche simple* et en *recherche avancée*. Pour chaque requête, nous avons noté, dans la première colonne, le nombre total de pages indexées ou de réponses et dans la colonne suivante, le nombre de réponses annonçant les JIREC parmi les 30 premières réponses. En effet, quand le nombre de réponses est grand (supérieur à 30 et pouvant

Tableau I - Aspects quantitatif et qualitatif pour une recherche simple et avancée.

Moteur ou annuaire	recherche simple		recherche avancée	
	Nombre de pages	Annonces Jirec	Nombre de pages	Annonces Jirec
Infoseek	1 822 074	-	342	-
Yahoo	956 520	1	12	5
Excite	798 819	1	67	1
Alta Vista	793 410	-	577	-
Voila	192	6	1 184	6
HotBot	10 001	-	69	-
Lycos	1	-	0	-

atteindre le million), nous avons analysé uniquement les 30 premières qui sont les plus pertinentes.

Aspect quantitatif

Dans le *tableau I*, les résultats sont classés par ordre décroissant du nombre des documents par rapport à la recherche simple.

Pour la *recherche simple*, on constate que Infoseek est le plus puissant, suivi de Yahoo, Excite, AltaVista, avec un nombre de réponses très important à l'exception de Voila et Lycos. Dans certains cas, le nombre de pages pour certains moteurs augmentait en fonction du temps, parfois dans des proportions très importantes (AltaVista et Infoseek), ce qui peut s'expliquer par la mise à jour de la base de données.

Pour la *recherche avancée*, on constate que le nombre de réponses diminue lorsqu'on augmente la contrainte, ce qui est observé pour tous les moteurs à l'exception de Voila. Pour le moteur Voila, le nombre de réponses est le même, quel que soit le type de recherche car toutes les réponses sont affichées ; AltaVista et Infoseek sont les plus performants.

En conclusion, pour cette *recherche simple* ou *avancée*, Infoseek et AltaVista sont les plus performants du point de vue quantitatif. Ce classement est proche de celui donné par Andrieu [3] qui a effectué sa recherche sur un seul mot clé (soit un nom propre, soit un nom commun anglais, soit un nom commun français) avec 6 moteurs de recherche dont cinq sont inclus dans la liste des moteurs étudiés : les deux moteurs les plus puissants étaient AltaVista suivi de près par HotBot.

Aspect qualitatif

Pour étudier l'aspect qualitatif des documents, nous avons examiné les 30 premiers documents parmi l'ensemble des réponses. Dans tous les cas, les documents sont classés en fonction de la probabilité de trouver les informations demandées avec des critères tels que : nombre d'occurrences des mots dans le document, présence des mots dans le titre, présence des mots parmi les mots clés spécifiés dans le code HTML, taille de la page... Dans la colonne « Annonces JIREC », nous avons reporté le nombre total de documents annonçant ces journées.

En *recherche simple*, on constate que le moteur Voila est le plus performant puisque cette annonce a été repérée dans 6 sites différents, mais le nombre de redondance est important parmi les 30 premiers documents. Excite et Yahoo ont donné un site annonçant les JIREC.

En *recherche avancée*, on constate que les moteurs les plus performants sont Voila et Yahoo. Le nombre de pages est réduit par rapport à la recherche simple pour tous les moteurs excepté Voila. Le rapport du nombre d'annonces des JIREC par rapport au nombre de pages répertoriées étant de 40 % pour Yahoo et de 3 % pour Voila, Yahoo nous paraît dans ce cas plus performant.

En conclusion, les moteurs qui renvoient le plus grand nombre de pages, donc les meilleurs du point de vue quantitatif, ne sont pas toujours les plus performants sur la qualité de l'information ; cette remarque a déjà été observée pour d'autres recherches [4]. La recherche en mode avancé étant

plus rapide et plus efficace que la recherche simple, les recherches suivantes seront donc toujours effectuées en *recherche avancée*.

Résultats avec 5, 3, 2 et 1 mots clés

En 1998, la recherche entreprise sur le thème des XV^e JIREC a été effectuée sur 5 mots clés « *sécurité environnement chimie enseignement protection* » ; en 2000, cette étude a été reprise avec ces 5 mêmes mots clés, mais les annonces des journées ayant disparu, nous nous sommes orientées uniquement sur la recherche de documents relatifs au thème des XV^e JIREC.

Compte tenu de cette évolution, il nous a aussi paru opportun de réduire le nombre de mots clés ; pour cela, nous avons relevé le nombre de réponses de chacun des 5 mots donné par le moteur Voila et analysé les documents les plus pertinents avec ces cinq mots clés. En tenant compte du nombre de réponses obtenues (sécurité : 389 693, protection : 275 804, environnement : 736 624, enseignement : 557 418, chimie : 90 228) et du contenu des documents, il nous a paru opportun de garder comme mots clés : « chimie et sécurité » auquel nous avons adjoint le mot « laboratoire ».

Pour diminuer encore le nombre de mots clés, il n'était pas possible de prendre l'un ou l'autre de ces mots clés étant donné le grand nombre de réponses de chacun des mots clés. La recherche sur les 5 mots clés en 1998 nous ayant conduit à l'annonce des JIREC et à des documents relatifs au thème de ces journées, le mot « jirec » et les deux mots « jirec, sfc » ont été choisis.

Pour l'ensemble des mots clés, les deux aspects quantitatif et qualitatif ont été étudiés pour chaque moteur.

Aspect quantitatif avec un ou plusieurs mots clés

Ces deux aspects ont été étudiés, l'un en fonction du temps (1998-2000) et l'autre en fonction du nombre de mots clés.

Aspect quantitatif avec la saisie de 5 mots clés en fonction du temps

L'étude de l'évolution du nombre de pages en fonction du temps montre que le nombre de pages a augmenté pour la majorité des moteurs (*figure 1*), mais a diminué pour les autres. Dans le premier cas, l'augmentation peut s'expliquer par la croissance du Web indexable [1] et, dans le deuxième cas, un meilleur fonctionnement de la contrainte « ET » peut entraîner une diminution du nombre de pages répertoriées.

Aspect quantitatif en fonction du nombre de mots clés

La *figure 2* montre l'influence du nombre de mots clés sur le nombre de pages pour les différents moteurs. Le nombre de pages pouvant être très élevé dans certains cas (800 000 pages), nous avons porté en ordonnée le logarithme du nombre de pages répertoriées pour les différents moteurs.

L'augmentation du nombre de mots devrait entraîner une diminution du nombre de pages ; cette remarque est valable

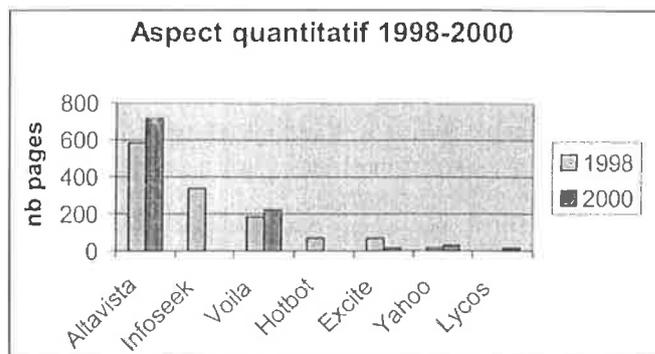


Figure 1 - Nombre de pages en fonction du temps avec 5 mots clés.

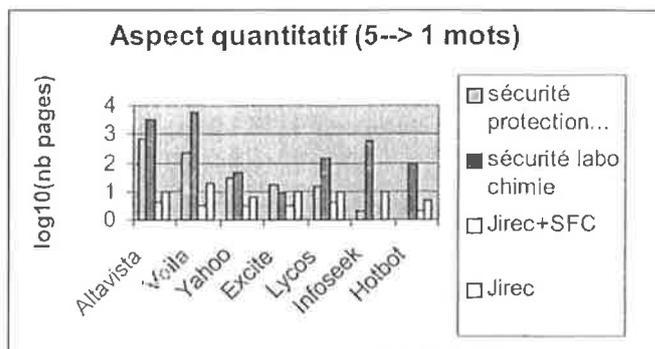


Figure 2 - Nombre de pages en fonction du nombre de mots clés.

lors de la comparaison des réponses obtenues avec le mot « jirec » et les mots « +jirec+sfc ». Par contre, la comparaison quantitative avec la saisie de 5 mots clés, puis de 3 mots clés est plus délicate, car les 3 mots clés ne sont pas tous inclus dans les 5 mots clés, mais la remarque précédente est presque toujours valable dans ce cas.

Pour l'aspect quantitatif, on constate que les deux moteurs les plus performants sont AltaVista et Voila, étant donné l'importance du nombre de pages trouvées avec 3 et 5 mots clés. Ce résultat est en accord avec celui donné par le site Abondance.com [5] qui teste les 9 moteurs de recherche francophones (AltaVista, Voila, HotBot, Northern Light, Ecila, Lycos France, Excite France, Infoseek France, Lokace).

Aspect qualitatif

Comme pour l'aspect quantitatif, l'aspect qualitatif a été étudié en fonction du temps et en fonction du nombre de mots clés.

Aspect qualitatif avec la saisie des 5 mots clés en fonction du temps

Le nombre de documents pertinents a diminué entre 1998 et 2000 (*figure 3*), ce qui semble en contradiction avec l'évolution du nombre de pages en fonction du temps. En 1998, beaucoup de sites annonçaient les XV^e JIREC, un seul indiquait des informations sur le thème des JIREC (<http://www.ac.grenoble.fr/phychim/propos/securit/securpc.htm>) ; en 2000 ces annonces ont disparu, mais le nombre de documents reste faible.

Les moteurs Voila et Yahoo sont restés compétitifs entre 1998 et 2000. En l'an 2000 s'est adjoint le moteur Lycos.

Aspect qualitatif en fonction du nombre de mots clés

L'étude de la figure 4 nous permet de faire quelques remarques :

- les moteurs Infoseek, Excite et HotBot ne donnent aucune réponse avec 5 mots clés ; la contrainte avec cinq mots clés ne semble pas efficace ;
- le sigle JIREC semble être unique et peut être un bon mot clé pour un test de qualité ; dans ce cas, le moteur le plus performant est Lycos suivi de Excite, Voila, Yahoo et HotBot ;
- seuls les moteurs Voila, Lycos donnent des documents pertinents avec 5, 3, 2 et 1 mots clés ; donc dans ce cas, Voila et Lycos sont les moteurs les plus performants.

En conclusion, le seul moteur performant en quantité et qualité est le moteur Voila, ce qui montre une évolution des moteurs entre 1998 et 2000.

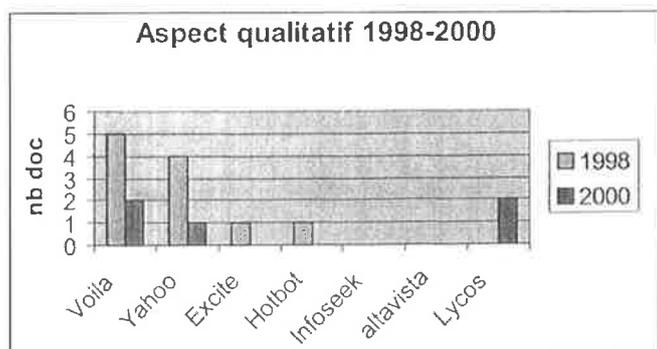


Figure 3 - Évolution du nombre de documents pertinents avec le temps avec 5 mots clés.

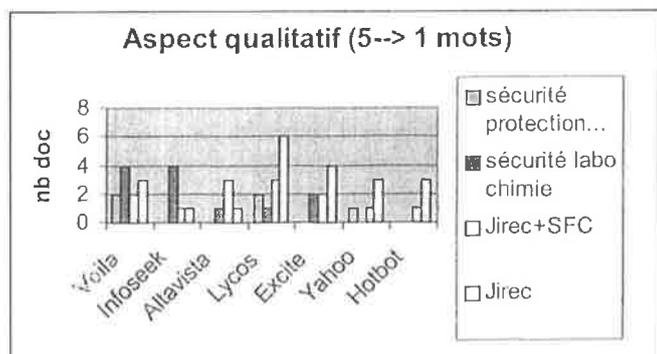


Figure 4 - Nombre de documents pertinents avec différents mots clés.

Classement des moteurs

Les études précédentes nous ont permis d'indiquer le ou les moteurs les plus performants en quantité et en qualité, mais il n'a pas été envisagé de classement. Le point essentiel de ces recherches est l'aspect qualitatif, puisque l'objectif d'une recherche est de trouver un résultat approprié ; de plus le lien entre quantité et qualité n'est pas toujours respecté.

Deux méthodes de calcul ont été mises au point avec des requêtes effectuées en recherche avancée :

- par sommation du nombre total de documents pertinents obtenus parmi les 30 premiers, avec la saisie des différents mots clés pour chaque moteur ;
- par sommation de la note attribuée à chaque document sur le thème « sécurité, environnement, laboratoire enseignement, chimie » et la recherche d'annonces des JIREC.

Une étude approfondie des documents a permis de les grouper en trois catégories et de donner une note :

- Groupe A : documents nous donnant de nombreux liens vers des pages pertinentes avec le sujet cherché ou le contenu de nombreux articles sur le sujet cherché, la note attribuée est 3.
- Groupe B : documents pertinents, la note attribuée est 2.
- Groupe C : documents brefs, la note attribuée est 1.

Le tableau II rassemble les adresses des documents, les titres des sites, les mots clés introduits pour les obtenir, les moteurs qui nous les ont fournis, le rang (position du document dans la liste) et le groupe. On remarque que l'utilisation des mots clés « +jirec+sfc » conduit à des documents sur le thème étudié, puisqu'il existe un lien entre le thème et les JIREC. Les moteurs Voila et Infoseek donnent 3 sites du groupe A et 1 site du groupe B. Le nombre de sites obtenus par 3 mots clés est de 8, tandis que le nombre de sites obtenus par 5 mots clés est de 3. La saisie de ces trois mots clés est plus efficace.

Le tableau III récapitule pour chaque moteur et chaque choix de mots clés le nombre de réponses pertinentes suivies des groupes auxquels ces documents appartiennent, ainsi que le total des points avec les deux modes de calcul. La figure 5 présente ces résultats ; la sélection des moteurs avec l'un ou l'autre mode donne des résultats sensiblement identiques. L'introduction des notations obtenues par une étude approfondie des documents conduit à multiplier par 2 le calcul obtenu avec le nombre total de documents. Les deux moteurs les plus performants sont Voila et Lycos.

Comparons nos résultats avec ceux du site Abondance.com [5] qui a classé 9 moteurs de recherche francophones à l'aide de trois facteurs : aspect quantitatif (coefficient 1), aspect qualitatif (coefficient 2) et fonctionnalités du moteur (coefficient 1) pour des requêtes dans des domaines très différents du nôtre et non scientifiques (4 requêtes sur les loisirs, 4 requêtes sur l'entreprise et 2 requêtes sur une rubrique « divers »). Pour l'aspect qualitatif, les réponses analysées portent sur les dix premières, puisque l'internaute va rarement au-delà (30 au maximum). Nos résultats (tableau II) confirment qu'effectivement, la très grande majorité des documents (soit 46/52, ~ 90 %) se trouve dans les dix premiers résultats de chaque requête pour chaque moteur. Leurs classements général, qualitatif et des fonctionnalités des moteurs sont sensiblement les mêmes (figure 6) ; les trois premières places sont attribuées à AltaVista, Voila et HotBot par ordre décroissant, seul le moteur Northern Light

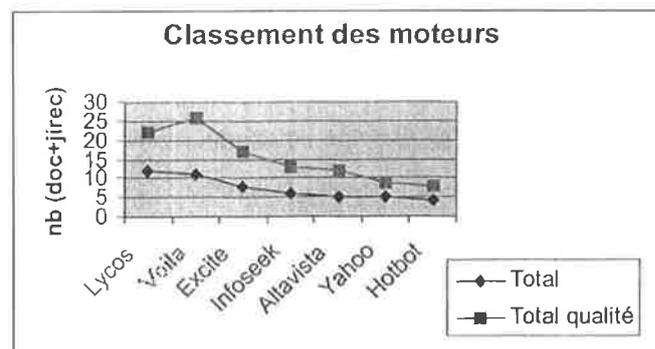


Figure 5 - Classement qualitatif des moteurs avec deux méthodes de calcul.

Tableau II - Informations sur les sites retenus.

URL	Titre	Mots clés	Moteurs	Rang	Groupe
w3ledss.grenet.fr/bibmol/ressources/w_franco_2.htm	Liste de sites	Securite, Laboratoire, Chimie	Infoseek	8	A
Resul.ulb.ac.be/sciences/cudec/w_franco2.htm	wfranco2.htm	Securite, protection, environnement, enseignement, chimie	Voila	22	A
hs.iuta.u-bordeaux.fr/lcoo/sources-info/secu-g.htm	La sécurité générale au laboratoire de chimie	Securite, Laboratoire, Chimie	Altavista Voilà Infoseek	14 17 18	A
ac.grenoble.fr/phychim/propos/securit/securpc.htm	Securite au labo de chimie	Securite, Laboratoire, Chimie Securite, protection, environnement, enseignement, chimie Jirec, SFC	Voilà Infoseek Lycos Excite Voilà Lycos Yahoo Lycos Voilà Yahoo Altavista	2 1 1 1 4 8 1 3 2 1 1	A
http://www.ping.be/~ping6998/secu.htm	Consignes élémentaires de sécurité au laboratoire	Securite, Laboratoire, Chimie	Voila	9	A
http://www.sfc.fr/Publications/fascicules/fasc2_pres.htm	Standard.htm	Jirec, SFC Jirec	Excite Altavista Lycos Excite Hotbot Altavista	1 2 1 5 4 6	A
http://www.hc.-sg.gc.ca/ehp/dhm/bsp/laboratoire.htm	Programme de la sécurité des produits	Securite, Laboratoire, Chimie	Infoseek	5	B
http://rectorat.ac-toulouse.fr/svt/secacc.htm	Securite en 7 points	Securite, Laboratoire, Chimie	Voila	12	B
http://www.multimania.com/xjarnot/Decouvrir/Regles_securite.html	Règles de sécurité au laboratoire	Securite, Laboratoire, Chimie			B
http://www.inrs.fr/produits/publications/ND2092.html	Manipulations dans les laboratoires de chimie:risques et préventions	Securite, Laboratoire, Chimie	Excite	6	B
http://www.ac-aix-marseille.fr/bleue/scphys/Scien..	Elimination des déchets toxiques et polluants produits par...	Securite, protection, environnement, enseignement, chimie	Lycos	15	B
http://www.unice.fr/html/jirec16.html	JIREC1999	Jirec	Lycos Voila	5 3	C
http://www.unice.fr/cdiac/jirec.htm	jirec.htm	Jirec	Lycos Excite Yahoo Hotbot	4 1 2 2	C
www.sfc.fr/Activités_divisions/Enseignement/com2_commiss..	SFC:Commission Interdivisions d'Enseignement	Jirec et SFC Jirec	Lycos Voilà Excite Yahoo Infoseek Hotbot Altavista Lycos Voilà Excite Yahoo Infoseek	1 1 2 2 1 1 4 7 5 7 4 2	C
http://www.sfc.fr/Manifestations/ens.htm	enseignement.htm	Jirec, SFC Jirec	Lycos Lycos	2 6	C

Tableau III - Classement des moteurs.

	+sécurité +environnement +chimie +enseignement +protection	+sécurité +laboratoire +chimie	+jirec+sfc	jirec	Total documents	Total qualité
Lycos	2 AB	1 A	3 ACC	6 AACCCC	12	22
Voila	2 AA	4 AAAB	2 AC	3 ACC	11	26
Excite	0	2 AB	2 AC	4 AACC	8	17
Infoseek	0	4 AAAB	1 C	1 C	6	13
Altavista	0	1 A	3 AAC	1 A	5	13
Yahoo	1 A	0	1 C	3 ACC	5	9
Hotbot	0	0	1 C	3 AAC	4	8

ayant la 4^e position au classement général, se retrouve en dernière position pour le classement qualitatif. Leur méthode de notation ne ressemble pas tout à fait à la nôtre ; nous avons privilégié les sites qui nous donnaient beaucoup de liens vers les pages pertinentes. Le site Abondance.com introduit d'autres paramètres (l'erreur 404 qui correspond à un document inexistant), les pages redondantes, les pages hors sujet, les pages banales non suffisamment précises, les pages dans une autre langue, ce que nous n'avons jamais rencontré. C'est cependant bien l'aspect qualitatif qui impose le classement, l'aspect quantitatif n'étant pas lié le plus souvent à l'aspect qualitatif.

Il nous a semblé intéressant de tracer sur un même graphe nos résultats et ceux obtenus par le site Abondance.com (figure 7) qui ne fait pas l'étude du moteur Yahoo. On peut considérer que pour quatre des moteurs, le classement est identique, à savoir Lycos, Voila, Excite et Infoseek.

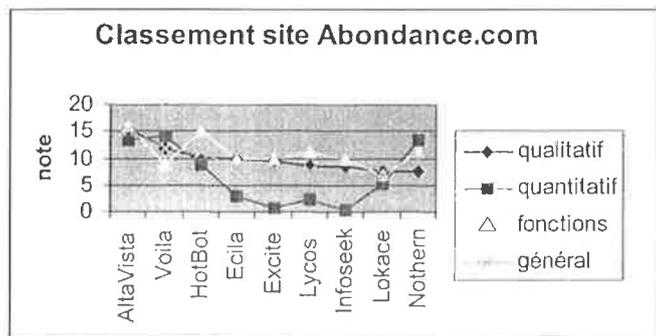


Figure 6 - Classement de 9 moteurs (site Abondance.com).

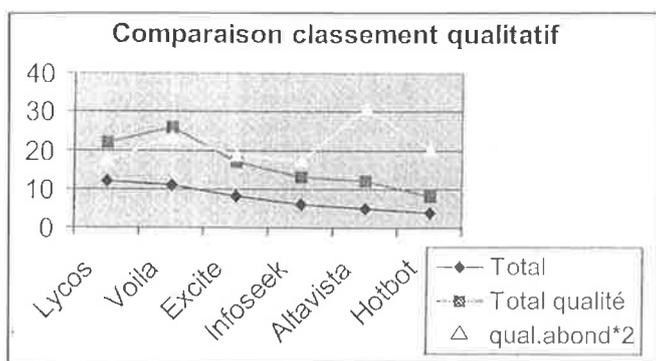


Figure 7 - Comparaison du classement qualitatif (notre travail et site Abondance.com).

Documents sur « Sécurité, environnement, laboratoire, enseignement, chimie »

L'objectif de cette analyse est de donner l'information obtenue avec une recherche sur le thème « sécurité, environnement, laboratoire, enseignement, chimie » avec 7 moteurs de recherche étudiés. Nous avons répertorié douze livres directement ou indirectement soit à partir des pages, soit à partir d'articles et des articles.

Les quatre sites du groupe A sélectionnés pour la recherche effectuée avec les 3 et 5 mots clés sont :

- w_franco_2 (http://w31edss.grenet.fr/bibmol/resources/w_franco_2.htm) donnant 6 liens de sites (6 URL) dont le suivant, avec une bonne présentation des sites proposés ;

- ping.be (<http://www.ping.be/~ping6998/secu.htm>) (9 URL) avec une bonne présentation des sites avec de nouveaux liens ; ce dernier est très exploitable et est recommandé par le site de l'académie de Grenoble (<http://www.ac.grenoble.fr/phychim/propos/securit/securpc.htm>) ;

- l'université de Bordeaux (<http://hs-serveur.iuta.u-bordeaux.fr/lcoo/sources-info/secu-g.htm>) avec des liens vers d'autres sites (19 URL) dont la moitié appartiennent à l'étranger : États-Unis, Canada, Finlande, Allemagne ;

- l'académie de Grenoble avec 10 URL, site existant lors de notre recherche en 1998 et mis à jour en 2000.

Tous ces sites proposent de nombreux liens très intéressants et l'ensemble des documents pertinents que nous avons sélectionnés peuvent être regroupés dans trois rubriques différentes :

- bibliographie (livres et articles),
- informations sur les produits chimiques (fiches de sécurité ou encore fiches signalétiques, étiquetage, produits incompatibles, déchets),
- outils pour l'enseignement.

Bibliographie

Les informations concernant livres et articles sont regroupées dans le *tableau IV*. Nous avons pu répertorier 12 livres, directement ou indirectement, soit à partir de pages, soit à partir d'articles, ainsi qu'une quarantaine d'articles dont la très grande majorité a été fournie par un seul site.

Tableau IV - Livres et articles.

Livres	Auteurs	Editeur	Origine des sites
Chimie expérimentale	J. Steyeart	C.R.D.P. Grenoble	Académie de Grenoble
La sécurité en laboratoire de chimie et de biochimie	A. Picot, P. Grenouillet	Lavoisier Paris 1989 Techniques et Documentation, Paris 1992	Université de Bordeaux Académie de Grenoble Article INRS
Sécurité et gestion des déchets de laboratoire		Documents distribués lors d'un stage MAPPEN	Académie de Grenoble
Guide « Hygiène et sécurité, Conseils pour les nouveaux entrants »	C. Teissier	CNRS Strasbourg 1997	Université de Bordeaux
La sécurité dans les laboratoires	J. Guibert	CNPP-AFNOR Paris 1993	Université de Bordeaux Rectorat - Académie de Toulouse
Hygiène, sécurité, médecine de prévention au CNRS		Bulletin officiel du CNRS, n° spécial septembre 1996	Université de Bordeaux
Hygiène et sécurité		Pluyette - Lavoisier	Université de Bordeaux
Dictionnaire permanent de la sécurité		Editions législatives, Montrouge	Université de Bordeaux
Guide de l'analyse du risque chimique	Martel	Dunod Paris 1997	D'après article INRS (www.inrs.fr/produits/publications/ND2092.html)
Improving safety in the chemical laboratory. A pratic guide	Young	John Wiley, New York, 1987	D'après article INRS (www.inrs.fr/produits/publications/ND2092.html)
Safe laboratories. Principles and practicies for design and remodeling	Ashbrook, Renfrew	Lewis, Chelsea, Etats-Unis	D'après article INRS (www.inrs.fr/produits/publications/ND2092.html)
Articles			
Manipulations dans les laboratoires de chimie	J. Triolet, M. Mairesse	Cahiers de notes documentaires. Hygiène et sécurité du travail, n° 173, 4 ^e trimestre 1998	D'après article INRS (www.inrs.fr/produits/publications/ND2092.html)
Règles de sécurité au laboratoire			www.multimania.com/xjarnot...
Risques chimiques et sécurité au laboratoire		Les cahiers techniques, deg. n° 2, ED. Sigma-Aldrich	Université de Bordeaux
Sécurité dans les laboratoires, produits chimiques et danger et chimie et environnement	Standard.htm		Site SFC http://www.sfc.fr.Publications/fascicules/fasc2_pres.htm

Douze livres ont ainsi été répertoriés soit directement dans les pages, soit à partir d'articles, ce qui est le cas pour les trois derniers livres.

Pour les articles, les deux premiers sites donnent leur contenu, le troisième indique une référence. Quant au dernier, il donne le contenu d'un numéro spécial de *L'Actualité Chimique* présentant un ensemble d'articles sur la sécurité.

La publication de l'INRS intitulée « *Manipulations dans les laboratoires de Chimie* » est très complète ; elle indique les risques se produisant le plus souvent et les mesures de prévention. L'article intitulé « Règles de sécurité au laboratoire » présente les principales règles de sécurité, les risques inhérents aux produits chimiques et les risques associés aux manipulations. Le numéro spécial de *L'Actualité Chimique* comprend 35 articles sélectionnés et regroupés à l'occasion des XV^e JIREC entre 1980 et 1998. Ils ont été classés dans trois

rubriques : sécurité dans les laboratoires, produits chimiques et danger, et chimie et environnement. Parmi ces articles, trois d'entre eux sont répertoriés par le site de Bordeaux.

Informations sur les produits chimiques (fiches signalétiques ; étiquetage ; compatibilité de produits ; déchets)

Les fiches signalétiques donnent en particulier les caractéristiques physiques et chimiques, la toxicité et les mesures à prendre en cas d'urgence. On les trouve sous différents sigles : FS, FTSS, MSDS, SDS, FDS, ICSC, FSPC correspondant à :

- FS : Fiches signalétiques (Canada, France) ;
- FTSS : Fiches techniques sur la sécurité des substances (Canada) ;
- MSDS : Materials safety data sheets (international) ;

- SDS : Safety data (CEU) ;
- FDS : Fiche de donnée de sécurité (France) ;
- ICSC : International chemical safety cards (international) ;
- FSPC : Fiche de sécurité des produits chimiques (France).

Parmi les sites qui donnent ces différentes fiches, nous avons noté :

- des sites canadiens obtenus à partir de ping.be/~ping6998/secu.htm parmi lesquels le site de l'université de Québec à Trois-Rivières (http://www.uqtr.uqbec.ca/sppu/msds_f.htm), qui s'adapte très bien aux questions que se pose un non-initié. D'autre part, il contient une liste de liens comme celui de l'université de Laval (6 liens) (<http://chm.ulaval.ca/mat/cgpc/fiches.html>) qui analyse différents sites ;
- des sites français, comme celui de l'INRS fourni par l'académie de Grenoble et par l'Université libre de Bruxelles (http://resul.ulb.ac.be/sciences/cudec/w_franco2.htm), et le site de Rhône Poulenc (<http://rhone-poulenc.esi.be/norp.htm>) donné par l'université de Bordeaux et l'académie de Grenoble. Une centaine de fiches Prolabo sur les produits chimiques utilisés au cours des travaux pratiques dans les lycées fournies par l'académie de Nancy-Metz (http://www.ac-nancy-metz.fr/enseign/physique/chim/sc_fds.htm) sont présentées par le site de cette académie qui propose aussi un complément d'informations sur des données industrielles, économiques, géographiques sur les produits.

En effet, pour la manipulation d'un produit, il faut :

- savoir lire une étiquette et connaître la signification des pictogrammes, ce qui est présenté par de très nombreux sites ;
- connaître les conditions de manipulation (hotte, utilisation d'une propipette) et prise en compte d'autres éléments de sécurité tels que le chauffage, le transvasement de volumes (<http://www.ulb.ac.be/project/semper/Belgique/secure.htm>) ;
- connaître les conditions de stockage des produits qui dépend de la compatibilité des produits (<http://multimania.com/xjarnot>, <http://uky.edu/Agriculture/animalSciences/Safety/incompchem.html> : Collège d'agriculture de l'Université de Kentucky, et <http://rectorat.ac-toulouse.fr/svt/secacc.htm> : rectorat de Toulouse).

Pour les problèmes dus aux déchets chimiques, deux aspects sont présentés :

- le classement des déchets réalisé par l'académie de Nancy-Metz dans le cadre de l'opération « Bidon futé », travail effectué conjointement par la région Lorraine et le rectorat ;
- l'élimination des déchets par l'académie de Marseille (http://ac-aix-marseille.fr/bleue/sciphys/Sciences_Physiques/Menu/Laboratoire/Page_securite_laboratoire) avec le titre suivant : « Élimination des déchets toxiques et polluants produits par les laboratoires des établissements scolaires ». Ce travail est le résultat d'une enquête réalisée en 1997 auprès des établissements d'enseignement de cette académie. Le questionnaire portait sur : « Stockage des produits chimiques, déstockage des produits et élimination régulière des déchets produits par les laboratoires ». Ce thème a été aussi un peu abordé par le rectorat de Toulouse.

Outils pour l'enseignement

Des outils pédagogiques sont proposés pour illustrer les différents points abordés ci-dessus. Ainsi :

- pour attirer l'attention sur l'étiquetage des produits chimiques, l'Université libre de Bruxelles propose de créer des étiquettes ;
- pour la manipulation de produits chimiques, des films et cassettes sont produits par l'INRS. Le site de l'académie de Toulouse propose un jeu téléchargeable sur la compatibilité des produits, le risque chimique diffusé par Génésie proposé par l'académie de Grenoble ;
- pour sensibiliser les lycéens aux déchets produits au sein même de leur lieu de travail, l'académie de Nancy-Metz a mis en place une règle de collecte et de tri sélectif, un traitement partiel des déchets et des travaux pratiques. Pour le tri des déchets, un logiciel d'aide est utilisé ; il est téléchargeable à partir du site.

Des cours de formation sur la sécurité et matières dangereuses sont proposés par l'université de Laval.

Conclusion

Le principal objectif a consisté à rechercher, sur Internet, des informations sur la sécurité et la protection de l'environnement dans l'enseignement de la chimie. Il a fallu faire des choix pour cette recherche : choix de la méthode de recherche et choix des mots clés. Sur ce thème, nous avons successivement saisi 5 et 3 mots clés et remarqué que l'augmentation du nombre de mots n'est pas toujours bénéfique. En effet, les 3 mots clés nous ont donné pour la majorité des moteurs de meilleurs résultats. Il était important d'étudier en parallèle les aspects quantitatifs et qualitatifs à l'aide des différents moteurs de recherche, car un trop grand nombre de réponses n'est pas toujours lié à la qualité des documents. Enfin, parmi les moteurs de recherche étudiés, certains sont plus performants que d'autres, pour les thèmes que nous avons choisis, ce qui nous a poussées à les classer en utilisant deux méthodes légèrement différentes : la première méthode utilise la sommation des documents pertinents et la deuxième introduit une pondération de la valeur des documents. En tenant compte de la pondération, notre classement donne Voila et Lycos comme moteurs les plus performants : classement proche de celui du site Abondance qui, sur des thèmes très différents, donne Altavista, Voila et Lycos.

Cette recherche sur ce thème montre que les informations obtenues sont très variées : livres et articles qui correspondent à une bibliographie classique, bases de données accessibles par Internet et utiles aussi bien aux industriels qu'aux enseignants et propositions d'activités pédagogiques sur ce thème (cassettes, logiciels, jeux, travaux pratiques...).

Références

- [1] Foenix-Riou B., *Netsources*, 1999, 21, p. 1-4.
- [2] Lawrence S., Lee Giles C., *Nature*, 1999, 400, p. 107-109.
- [3] Andrieu O., *Trouver l'info sur Internet*, Eyrolles, Paris, 1998, p. 176.
- [4] Ben-Aim J., Viostat V., *Pour la Science*, 1999, 262, p. 54.
- [5] <http://www.Abondance.com/outils/nothernlight.html>.

Contribution historique de deux manuels d'enseignement à la construction de la science chimique

Marie Terrien* docteur ès sciences, professeur agrégé, Josette Fournier** professeur

Summary : *Historical contribution of two textbooks to the building of the chemical science*

*Textbooks' authors don't only summarize results from research. They also compare facts and theories. They classify, organize and sort. They link elements together. Macquer writes his *Éléments de Chymie-Théorique* in 1749 and *Éléments de Chymie-Pratique* in 1751. Both textbooks display Macquer's clear intention to structure and organize the knowledge in chemistry from his time. Macquer always tries to be consistent. He makes choices and applies a method. Lavoisier works the same way in his *Traité Élémentaire de Chimie* written in 1789. He organizes, puts a structure and systematizes. Through their work both authors contributed to the building of the chemical science. To explain this major role, three reasons can be proposed : manuals have an impact on research activities because they are a basis of knowledge for researchers, they are source of ideas and they provide a program for new researches, they are a very good way to spread a new method or theory.*

Mots clés : *Macquer (1718-1784), Lavoisier (1743-1794), manuels, histoire, chimie.*

Key-words : *Macquer (1718-1784), Lavoisier (1743-1794), textbooks, history, chemistry.*

Dans la préface au *Traité des Matières Colorantes* de Léon Lefèvre (1890), Édouard Grimaux, professeur de chimie à l'École polytechnique, écrit : « Les progrès réalisés dans les usines et qui ont leur origine dans des travaux de science pure, influent à leur tour sur la

marche de celle-ci. C'est grâce à la technique industrielle que les laboratoires sont aujourd'hui pourvus à bon marché des matières premières nécessaires aux recherches... Cette alliance nécessaire de l'usine et du laboratoire, qui se remarque surtout dans la production des dérivés du goudron de houille, est aujourd'hui indiscutable. Chaque partie contractante, pour ainsi dire, reconnaît ce qu'elle doit à son alliée, et l'heure est passée où l'on se regardait

de part et d'autre avec un dédain mal dissimulé. L'étude des matières colorantes artificielles a non seulement permis de découvrir des espèces nouvelles, mais encore des fonctions chimiques inconnues jusque-là ; elle a ainsi contribué au développement des théories générales de la chimie et à leur diffusion » [1].

L'idée développée ici par Grimaux est aujourd'hui couramment admise : le couple industrie/recherche fait progresser la science. Pourrait-on tenir un dis-

* Département de chimie, Université de Pau et des Pays de l'Adour, 64000 Pau.

** Université d'Angers, 49000 Angers.
Tél./Fax : 02.41.48.34.17.

Note de la rédaction

Un rapporteur avait signalé le point suivant :

« A aucun moment n'est évoquée la posture épistémologique très différente de Macquer ardent propagandiste de la théorie du phlogistique et de Lavoisier pourfendeur et finalement liquidateur de la même théorie ; la lecture de l'article semble même indiquer qu'il y a une grande proximité dans les programmes, la structure et les choix des deux ouvrages ».

La réponse des auteurs est la suivante :

« Concernant les positions épistémologiques différentes de Macquer et Lavoisier, une fois rappelées, elles n'ont aucune influence sur notre démonstration que leurs ouvrages sont également structurés et ordonnés selon une conviction qu'ils souhaitent faire partager à des esprits ouverts à l'apprentissage. Bien que leurs convictions diffèrent, il y a en effet une grande proximité dans leurs démarches : classer, hiérarchiser, ordonner, interpréter, faire ressortir une cohérence en choisissant parmi une multitude de faits ceux qui se prêtent à leur objectif respectif ».

Il est apparu à la rédaction de souligner ces deux visions différentes, de manière à inciter les lecteurs à une réflexion sur ce sujet.

cours semblable au sujet des relations entre l'enseignement et la recherche ? Selon une opinion prévalant dans les milieux universitaires, la recherche est une activité plus importante, plus noble que l'enseignement. Et pour la société tout entière, c'est le chercheur qui fait avancer la « science » dans son laboratoire. Le système de promotion universitaire fondé sur les publications de recherche favorise cette opinion. L'enseignement est considéré comme une activité moins prestigieuse, sinon moins méritante. L'enseignant ne produit rien, il emprunte les résultats d'autrui. La recherche rehausse la qualité de l'enseignement, tout le monde le conçoit. Réciproquement l'activité d'enseignement apporte-t-elle quelque chose à la recherche ? Les instruments didactiques influent-ils sur les vues, le langage ou les orientations des chercheurs ?

Nous distinguerons ici trois types d'ouvrages imprimés, dictionnaires, actes de colloque ou productions collectives faisant le tour d'un sujet sans le souci d'une progression dans la succession des chapitres, et manuels dont les intentions didactiques sont déclarées. Nous nous intéresserons aux derniers en retenant principalement ceux qui ne sont pas écrits sur un programme officiel imposé à l'auteur. La rédaction d'un tel manuel est une activité d'enseignement. Notre conviction est que partant des résultats produits par la recherche, qui sont dispersés et sans rapport d'ordre autre que chronologique entre eux, l'auteur d'un manuel les rassemble, les confronte et les hiérarchise ; il contribue ainsi, non pas à accroître le volume des connaissances, mais à construire la science. Pour appuyer cette thèse, sans doute irritante pour les chercheurs, nous nous intéressons ici à deux ouvrages écrits respectivement par Macquer (1718-1784) et par Lavoisier (1743-1794). Les deux auteurs sont des chimistes de la seconde moitié du XVIII^e siècle. Le choix d'exemples historiques s'impose puisqu'il permet, seul, d'évaluer les effets qui en ont résulté sur l'orientation de la chimie. Les études générales nombreuses sur le Siècle des Lumières [2], et les deux cents ans écoulés qui font se contracter le temps, pourraient laisser croire que ces manuels ont vu le jour à des époques d'exception : émergence de la première théorie chi-

mique cohérente (phlogistique) pour l'un, révolution chimique pour l'autre. En réalité, ce furent des changements bien lents, étalés sur des décennies et acceptés malaisément par les contemporains. Leur apparition et leur fécondité ne furent pas plus fulgurantes que l'émergence de la chimie moléculaire au siècle suivant, d'où est sortie la synthèse organique, des chimies macromoléculaire et supramoléculaire qui animent les développements actuels de la biologie, et de la chimie des mélanges déjà en œuvre dans l'industrie et qui reste en partie à théoriser. Macquer a écrit deux traités de chimie et un dictionnaire qui eurent un grand succès, mais on ne lui attribue aucune découverte remarquable. Il est considéré comme étant le premier à avoir écrit un ouvrage de chimie et non un livre pour apothicaires. De Lavoisier, nous avons examiné le *Traité Élémentaire de Chimie*. Lavoisier construit son ouvrage autour de l'oxygène et de l'analyse élémentaire. La nouvelle nomenclature est son outil. Les deux auteurs ont fait l'objet de biographies connues et disponibles que nous citons.

**Macquer :
Les Éléments
de Chymie-Théorique (1749)
et
les Éléments
de Chymie-Pratique (1751)**

Les *Éléments de Chymie-Théorique* paraissent en 1749. C'est un volume de 350 pages, illustré de trois planches représentant les instruments de chimie et d'une reproduction de la table des affinités de Geoffroy. Les *Éléments de Chymie-Pratique* sont publiés en 1751 en deux volumes comprenant plus de 900 pages. Il y a une nouvelle édition des *Éléments de Chymie-Théorique* en 1753, puis une réédition complète des deux ouvrages en 1756.

Macquer écrit ces manuels élémentaires à peine âgé de trente ans. Les manuels sont en général écrits par des enseignants, mais l'expérience d'enseignement de Macquer ne commence qu'en 1751 quand il est nommé professeur de pharmacie à la Faculté de Médecine pour un an [3]. En outre, les

ouvrages les plus marquants n'émanent pas toujours d'orateurs brillants et vice-versa. Macquer n'a pas laissé, comme Fourcroy, le souvenir d'un maître enthousiasmant, mais la rigueur des descriptions expérimentales dans les ouvrages du second était déjà contestée de son vivant [4].

La publication des *Éléments de Chymie-Théorique* vient combler une lacune dans la littérature francophone. En effet, le *Cours de Chymie* de Nicolas Lémery n'a pas été imprimé depuis 1730 et l'anonyme *Nouveau Cours de Chymie* (en général attribué à J.B. Sénac) depuis 1737 ; le *Traité de Chimie* de Lefebvre a connu sa dernière édition en 1751. Le *Nouveau Cours de Chymie* inclut un exposé sur la théorie phlogistique, qui est enseignée par Rouelle dans les années 1740, mais ce manuel n'est plus disponible, alors que Rouelle donne encore des cours de chimie au Jardin du Roy. Pour Hannaway, la chimie émerge « *as an integral and distinctive discipline around the turn of the seventeenth century* ». Cela se manifeste « *in the appearance of numerous specialized textbooks in chemistry which purported to teach this subject as a distinctive art* » [5]. Nous n'avons dénombré que 11 manuels de chimie en langue française dont la première édition est antérieure à 1749 [6].

Dans les *Éléments de Chymie*, Macquer construit un système. Nous allons montrer qu'il s'impose un ordre et un programme bien identifié, qu'il fait des choix qui confortent l'unité de l'ouvrage et qu'il se réfère à un modèle unique d'interprétation dans le cadre de la théorie de Stahl (phlogistique) et de l'existence de tables d'affinités. Macquer contribue par cet ouvrage à donner à la chimie un statut de science autonome. Son enseignement expérimental n'est pas la simple compilation de démonstrations spectaculaires, ni celle de préparations médicamenteuses, il est ordonné et un plan de formation transparent.

Son programme est fondé sur l'analyse

« *Séparer les différentes substances qui entrent dans la combinaison d'un corps, les examiner chacune en particulier, reconnoître leurs propriétés & leurs analogies, les décomposer encore elles-mêmes, si cela est possible, les comparer*

& les combiner avec d'autres substances, les réunir & les rejoindre de nouveau ensemble, pour faire reparoître le premier mixte avec toutes ses propriétés ; ou par des mélanges différemment combinés, produire de nouveaux corps composés, dont la nature même ne nous a pas donné de modèle ; c'est-là l'objet & le but principal de la Chymie » [CT, I]. A l'instar de ses contemporains, pour Macquer, l'objet de la chimie est d'abord de réduire la nature à des « principes », d'analyser (attention, on est loin de penser en terme d'analyse centésimale qui repose sur un autre modèle plus tardif).

Il distingue rigoureusement les principes (à prouver) des protocoles expérimentaux

Macquer écrit deux livres. *Les Élémens de Chymie-Théorique* présentent les principes. *Les Élémens de Chymie-Pratique* sont « un Livre de pratique, qui doit contenir la manière de faire les principales opérations chimiques ; celles qui servent de modèle à toutes les autres, & qui sont les preuves des vérités fondamentales énoncées dans la théorie » [CP, I, ij].

Il choisit un ordre de complexité croissante

L'ordre d'exposition des connaissances est important pour Macquer. Les avant-propos sont presque entièrement consacrés à justifier ses choix. *Les Élémens de Chymie-Théorique* vont « Du simple au composé » : c'est l'ordre pédagogique. Macquer s'impose de « ne supposer aucune connoissance chimique dans mon Lecteur ; de le conduire des vérités les plus simples & qui supposent le moins de connoissances, aux vérités les plus composées qui en demandent davantage » [CT, xv]. Dans le premier chapitre des *Élémens de Chymie-Théorique*, on trouve la définition et la présentation des éléments : air, eau, terre, feu. Les chapitres suivants présentent « des substances qui en sont immédiatement composées, & après eux sont les plus simples, telles sont les matières salines » [CT, xvii]. Puis Macquer considère les différentes substances composées dans un ordre qu'il pense être de complexité croissante : minéral, végétal, animal. C'est un ordre nouveau : « je ne connois aucun livre de Chymie qui soit fait sur ce plan » [CT, xvii]. Dans les *Élémens de Chymie-Pratique*,

l'ordre est celui de l'analyse. C'est l'ordre expérimental : celui dans lequel sont extraites les substances simples des substances composées. « Presque toutes ces opérations étant des analyses & des décompositions, il n'y avoit point à balancer sur l'ordre qu'il falloit observer, il est évident que c'est celui de l'analyse même » [CP, I, ij].

Il fait des choix pour une science nouvelle

Au milieu du XVIII^e siècle, la chimie n'est pas encore distinguée de la médecine et de la pharmacie. Macquer a d'abord fait des études de médecine. Etre chimiste n'est pas un métier. Macquer expose la chimie pour la première fois, comme une science indépendante de la médecine et de la pharmacie. Contrairement aux apothicaires intéressés par les recettes qui permettent de préparer des « médicaments », Macquer se présente en chimiste intéressé par les composantes ultimes de la matière : « Comme notre intention n'est point de donner uniquement la description des préparations chimiques qui servent ordinairement de médicamens ; mais que notre objet demande que nous parlions particulièrement de celles qui peuvent donner des connoissances sur les propriétés fondamentales des corps, le procédé que nous avons donné nous a paru préférable, à cause que l'action de l'Esprit de Nitre sur l'Esprit-de-vin y est plus forte et plus marquée » [CP, II, 243]. Macquer distingue aussi la chimie de l'alchimie : une « Science occulte & mystérieuse » avec un langage « obscur & inintelligible » basée sur un principe « dénué de toute certitude » et « fondé sur aucune observation » [CT, xj], et il établit une différence entre la science chimique et les arts chimiques « On peut en quelque sorte comparer à présent la Chymie à la Géométrie ; (...) elles sont toutes deux le fondement des Arts utiles & même nécessaires à la Société » [CT, xiii].

Dans les limites qu'il a définies, Macquer choisit de ne présenter « que des principes fondamentaux » [CP, I, j]. Les expériences sont choisies pour décrire une réaction typique d'une classe ou pour illustrer un point théorique : « j'ai supprimé tous les détails accessoires » [CP, I, ix]. Les procédés décrits sont ceux « qui peuvent se pratiquer

commodément dans les laboratoires, j'ai choisi ceux des essais en petit » [CP, I, vij]. Ces choix font l'unité de l'ouvrage. L'accueil des *Élémens de Chymie-Pratique* par l'Académie Royale des Sciences montre que cette méthode est appréciée : « On a pû remarquer qu'il ne donne ici qu'une seule opération de chaque espèce, mais il a choisi avec soin celle qui présente le plus de singularités remarquables. S'il n'a pas eu en vûe d'enseigner tous les procédés chimiques, il a du moins voulu en exposer tous les principes, & la manière de les appliquer : avec ce secours, un Artiste intelligent sera toujours en état non seulement de réussir dans toutes les opérations connues, mais encore de pouvoir en imaginer de nouvelles, & même de rectifier les procédés ou mal décrits, ou chargés d'une obscurité souvent produite par l'ignorance & quelquefois par l'envie de pouvoir se donner pour auteur d'une découverte, en se réservant cependant son secret. Tous ces mystères affectés disparaissent nécessairement devant une théorie lumineuse & des essais choisis de l'application des principes à la pratique. Il seroit à souhaiter que tous ceux qui ont écrit de la Chymie, eussent travaillé d'aussi bonne foi aux progrès de cette Science, & au bien qui en peut revenir à la Société » [7].

Il retient une méthode d'apprentissage expérimentale

Macquer reproche à ses prédécesseurs de n'avoir proposé aux apprenants que « de vains raisonnemens » [CT, j]. Selon lui, il n'y a pas « d'autre moyen d'approfondir les merveilles de la Nature, que l'usage de leurs sens, c'est-à-dire l'expérience » [CT, j]. Macquer conçoit la chimie et son enseignement comme expérimentaux. Il ne faut pas cependant penser que les chimistes qui l'ont précédé ont négligé les expériences. Ainsi Lémery affirme dans son *Cours de Chymie* : « Je ne me préoccupe d'aucune opinion qu'elle ne soit fondée sur l'expérience » [8]. On retrouve toujours dans les expériences de Macquer la même organisation : protocole opératoire ; interprétation théorique ; précautions à prendre et risques encourus ; identification des sous-produits ; purification du produit obtenu ; variantes de la manipulation. Ces expé-

riences de laboratoire, parfaitement décrites, sont reproductibles. Le matériel à utiliser est précisé avec les détails nécessaires. S'il n'indique ni température ou pression, ni masses de réactifs ou de produits, ni dimensions de récipient, ni la durée de la préparation, Macquer note les proportions : « *Mettez ce Sel décrépité dans une cornue de verre tubulée, dont les deux tiers demeurent vuides... Versez ensuite par le trou supérieur de la cornue environ un tiers du poids de votre Sel, d'Huile de Vitriol bien concentrée* » [CP, I, 102]. Il est donc aujourd'hui possible de refaire ces expériences dans la mesure où les réactifs sont disponibles [9].

L'expérience fait jaillir la cohérence d'un système

Dans l'expérience « *Combiner l'Esprit-de-vin avec l'Acide vitriolique* », Macquer confronte le modèle aux résultats, aux propriétés des substances, et à d'autres expériences... Chaque fois, il fait constater à ses lecteurs la cohérence de l'ensemble : « *Les propriétés qui caractérisent l'Ether, s'accordent très-bien avec ce que nous avons dit de sa nature, & de la manière dont il est produit* » [CP, II, 230]. « *Les expériences par lesquelles il [Hellot] opère toutes ces merveilles, s'accordent très-bien avec ce que nous avons dit jusqu'à présent sur la décomposition de l'Esprit-de-vin par l'Acide vitriolique* » [CP, II, 232]. Macquer suggère même de changer le nom de l'huile douce de vitriol. Le nom n'est pas en accord avec son interprétation : « *Ce nom est assez impropre, parce qu'il pourroit faire présumer, comme l'ont cru mal à propos quelques Chymistes, qu'elle tire son origine de l'Acide vitriolique, au lieu qu'elle vient uniquement de l'Esprit-de-vin, ainsi que nous l'avons prouvé* » [CP, II, 235].

La chimie est un assemblage de faits, qui ont des liaisons et qui sont réciproquement les causes et les effets les uns des autres. Ce sont ces liens qui définissent une science pour Macquer [10]. Dans ses ouvrages, il a ce souci constant d'établir un système. Il écrit : la chimie a mérité « *véritablement le nom de Science* » lorsqu'elle a eu « *ses principes & ses règles fondés sur de solides expériences & des raisonnemens conséquens* » [CT, xij].

Lavoisier : Le Traité Élémentaire de Chimie (1789)

Lavoisier a 25 ans de moins que Macquer. Il écrit, dit-il, un manuel pour les « *commençans* ». Tout comme Macquer, il a un programme, il suit un ordre, il fait des choix, il utilise une théorie interprétative.

Son programme est aussi fondé sur l'analyse

« *La chimie, en soumettant à des expériences les différents corps de la nature, a pour objet de les décomposer (...). Elle marche donc vers son but et vers sa perfection en divisant, subdivisant, et resubdivisant encore et nous ignorons quel sera le terme de ses succès* » [TE, I, 193-4]. Tout est ici organisé autour de l'analyse élémentaire. Le but de Lavoisier est de réduire la diversité à un petit nombre de « *modèles* », les « *éléments* ».

L'oxygène est le pivot de la chimie

Le *Traité* est divisé en trois parties. Dans la première partie, Lavoisier présente « *l'ensemble de la doctrine que j'ai adoptée* » [DP, xxix]. En 17 chapitres, il fait une revue organisée des résultats obtenus depuis dix ans sur l'étude des gaz et la théorie antiphlogistique. « *La seconde partie est principalement formée des tableaux de la nomenclature des sels neutres... elle ne présente qu'un abrégé très-concis de résultats extraits de différents ouvrages* » [DP, xxix]. Lavoisier expose ici les combinaisons des acides avec les bases et la formation des sels neutres. Ces tableaux sont une suite logique de la nomenclature chimique, présentation initiale du traité. Pour Daumas, « *il n'était pas procédé plus efficace pour faire comprendre à un public élargi l'équilibre et l'universalité du nouveau système chimique* » [11]. L'oxygène est le fil conducteur et le pivot de la nouvelle chimie. La troisième partie consiste en « *une description très détaillée de toutes les opérations relatives à la chimie moderne...* » [DP, xxix]. Elles sont classées par « *analogie* ». Lavoisier commence par les techniques de déterminations quan-

titatives : pesée, gazométrie, calorimétrie. Ces trois premiers chapitres de méthodologie sont nouveaux dans un ouvrage de cette nature. Les deux chapitres suivants sont consacrés à des opérations habituelles. Puis, deux chapitres sont réservés à la description des appareils commandés par Lavoisier. Le dernier chapitre traite des fourneaux et des chalumeaux. A la fin de l'ouvrage, 13 planches, signées par Madame Lavoisier, offrent des représentations de ces matériels. Chacune des parties livre une sorte de tableau général et ordonné du savoir chimique sous un point de vue particulier : la doctrine, la langue, les techniques [12].

Il s'impose un ordre déductif

Lavoisier s'est, dit-il, « *vu forcé d'y suivre un ordre qui diffère essentiellement de celui qui a été adopté jusqu'à présent dans les ouvrages de Chimie* » [DP, vij], car « *c'est en effet un défaut commun à tous les cours & à tous les traités de Chimie, de supposer dès les premiers pas des connoissances que l'Élève ou le Lecteur ne doivent acquérir que dans les leçons subséquentes* » [DP, xj]. Il propose de progresser « *du connu vers l'inconnu* » [DP, xj], c'est-à-dire de l'élémentaire vers le complexe. Il s'est imposé dit-il, « *de ne déduire aucune conséquence qui ne dérive immédiatement des expériences et des observations et d'enchaîner les faits et les vérités chimiques dans l'ordre le plus propre à faciliter l'intelligence aux commençants* » [DP, xj]. Les mathématiques, science déductive, servent de modèle : « *C'est un principe bien constant, & dont la généralité est bien reconnue dans les mathématiques, comme dans tous les genres de connoissances, que nous ne pouvons procéder pour nous instruire que du connu à l'inconnu* » [DP, vij]. Dans les faits, l'ouvrage, divisé en trois parties indépendantes, ne suit pas vraiment cette logique du simple au complexe. Selon Lavoisier lui-même, seule la première partie est conforme à son principe : « *C'est à elle seule que j'ai cherché à donner la forme vraiment élémentaire* » [DP, xxix]. Dans le chapitre III *Analyse de l'air de l'atmosphère*, c'est même la voie inverse qu'il emprunte. Il va du complexe à l'élémentaire, de l'air à ses constituants. En réalité, c'est la

seconde partie qui respecte le plus cet ordre analytique. La nomenclature constitue un moyen d'ordonner les substances du simple au compliqué. Elle repose sur la même idée : on donne aux corps simples une dénomination exacte, on définit les corps composés en combinant les noms des corps simples les constituant. Bensaude-Vincent y voit un compromis entre une progression linéaire du simple au complexe et la volonté de couvrir toute la discipline [13].

Ses choix visent à faire table rase de ce qui l'a précédé

Une des difficultés rencontrées par Lavoisier est de déterminer les connaissances *élémentaires*. Dans tout enseignement il faut introduire les connaissances nouvelles relativement à celles que l'auditoire est censé connaître, et faire une part raisonnable aux unes et aux autres. Mais Lavoisier se veut fondateur, il lui faut donc réduire toutes les références à un savoir antérieur. Quand il prétend s'adresser à des « *commençans* », il faut comprendre qu'il vise des chimistes décidés à ignorer leur passé, plutôt que de vrais débutants. Ainsi dans un projet, il note sous le titre *Des substances métalliques* : « *supprimer tous les détails sur les mines... réserver ces détails pour un traité particulier. Suppose des connaissances de chimie plus étendues* ». Il abandonne les « *arts* » comme la docimasia, la teinture, l'analyse des eaux minérales... Il élimine aussi divers sujets susceptibles de débats comme les affinités, les éléments ou l'histoire.

Lavoisier ordonne les connaissances chimiques récentes, sa méthode est l'analyse. Si on définit une science comme un ensemble ordonné de lois, de méthodes, de principes, de techniques, c'est dans ce document destiné à l'enseignement que Lavoisier, par son travail de classement, fait de la chimie une science.

L'influence des manuels de Macquer et Lavoisier

Les deux manuels que nous venons d'examiner ont eu un impact considérable et ont sans nul doute contribué au développement de la chimie. Pourtant,

les traités de Macquer n'intégraient aucun résultat nouveau de recherche et le traité de Lavoisier ne faisait que reprendre des résultats, certes récents, mais déjà publiés, sans additions d'importance. Il s'agissait donc véritablement d'outils qu'ils destinaient à l'enseignement. Comment expliquer que ces manuels d'enseignement aient eu un rôle aussi déterminant dans le développement de la science chimique ?

A la suite de Kuhn [14] et Bachelard [15], il est d'usage de considérer que la plupart des traités d'enseignement sont étrangers aux moments proprement révolutionnaires de la science. Ce seraient de simples expressions figées et dogmatiques de la « *science normale* ». Kuhn déplore que le livre scolaire n'ait aucun rapport avec le processus historique de production des connaissances, alors que Bachelard, au contraire, voit dans cette distance le signe positif d'un âge où la science est régularisée, codifiée. Tous les deux s'accordent cependant sur le caractère non créatif du manuel ou de l'école. Les traités seraient des instruments de reproduction, mais non de production du savoir. La créativité s'opposerait à l'instruction, synonyme de dressage. Les manuels seraient des instruments de normalisation et de stabilisation de la science. Les ouvrages de Macquer paraissent précisément à un moment où la théorie de Stahl semble stabilisée, et cependant l'auteur ne fait pas que compiler des résultats scientifiques. On pourrait penser que le *Traité* de Lavoisier paraît, lui, dans un moment révolutionnaire. En réalité, la « *révolution chimique* » n'est pas consommée, l'ouvrage est une plaidoirie pour la réaliser, c'est en ce sens que Chevreul [16] situe Lavoisier à la clôture d'une époque de la chimie plutôt qu'au début de la suivante. Sans méconnaître les qualités de Lavoisier, nous adoptons aussi ce point de vue de Chevreul : « *...un homme ne fonde pas une science ; celle-ci, à une époque quelconque, est toujours l'œuvre de plusieurs, et de plusieurs qui ont vécu à des époques différentes* ».

Pour l'un et l'autre des auteurs que nous avons sélectionnés, l'écriture d'un manuel ne consiste pas seulement à collectionner des faits scientifiques. Ils font des choix sur le thème, la méthode,

le modèle, le mode de diffusion (discours, calcul, pratique)... Ils ont des intentions. Ils organisent, classent, privilégient, hiérarchisent, choisissent les connaissances. Ils établissent un fil conducteur dans une multitude de faits isolés et de points de vue parcellaires pour faire apparaître une progression et une cohérence. C'est la mise en place d'un « *système* » et c'est ce nouvel assemblage des connaissances qui permet alors aux chercheurs d'avancer. Dans un compte rendu du *Traité Élémentaire de Chimie* pour la Société Royale d'Agriculture, Fourcroy et Cadet de Vaux l'ont bien compris : « *Ce traité peut servir à l'étude de la Chimie par la méthode et l'Ordre qui y règnent. Quant au chimiste déjà familiarisé avec la science, il y trouvera les faits réunis et classés. Ainsi que de grandes vues sur le système de notre atmosphère, de la végétation, de l'animalisation, ce qui offre une vaste carrière à ses recherches* » [TE, II, (605-6)].

Quelques fonctions de manuels d'enseignement

Les manuels d'enseignement, tels que ceux que nous avons examinés, influent sur les activités de recherche de trois manières au moins que nous allons récapituler : ils offrent une nouvelle base de connaissances et d'interprétations pour les chercheurs, ils sont une éventuelle source de questions à résoudre, ils peuvent être utilisés comme un moyen de faire accepter une nouvelle méthode ou doctrine.

Une nouvelle base de connaissances et d'interprétations pour les chercheurs

La mise en ordre des connaissances est vitale pour l'avancée de la science. Condorcet, ancien élève de Macquer, rend témoignage au professeur, quelques mois après la mort de Macquer, en sa qualité de secrétaire perpétuel de l'Académie Royale des Sciences : « *M. Macquer est le premier qui ait donné des éléments de chimie où l'on trouve la même clarté, la même méthode qui régnait déjà dans les*

autres branches de la physique. (...) Elle parut, dans les ouvrages de M. Macquer, une science simple, fondée sur les faits, procédant par des opérations dont une sage méthode prescrivait tous les détails, utile à tous les besoins de la vie humaine, et liée au système général de nos connaissances. Ainsi ses éléments contribuèrent à répandre le goût de la chimie, en montrant combien il était facile de l'apprendre » [17]. Pour Thomson, « *methodical arrangement was a merit still unknown to the elementary chemical books, especially in France (...) Macquer was the first French chemist who gave to an elementary treatise the same clearness, simplicity, and method, which is to be found in the other branches of science. This was no small merit, and undoubtedly contributed considerably to the rapid improvement of the science which so speedily followed* » [18].

Kuhn résume : « *Quand le chercheur individuel peut considérer un paradigme comme acquis, il n'a plus besoin, dans ses travaux majeurs, de tout édifier en partant des premiers principes et en justifiant l'usage de chaque nouveau concept introduit. Il peut laisser cela à l'auteur de manuels. Pourvu donc qu'il existe un manuel, le chercheur peut commencer ses recherches là où s'arrête le manuel...* » [14, p. 41].

Une source de questions et un programme pour la recherche

Par ses classements, l'auteur de manuel recense les données manquantes et provoque les chercheurs à « *remplir les cases vides* ». Ce faisant, il contribue à la construction de la science elle-même. Ainsi, l'utilisation de la nomenclature dans le *Traité Élémentaire de Chimie* suggère une nouvelle méthode de recherche avec des orientations. Les réactions se déduisent des noms. L'analyse sémantique est employée comme équivalent à l'analyse chimique. Les tableaux sont des instruments de prévision de nouvelles expériences [19]. « *Pendant que ses contemporains fondaient ces disciplines en isolant et en identifiant les nouveaux composés organiques, Lavoisier leur fournissait le moyen de les analyser. Le progrès de la chimie organique pendant les 50 années suivantes reposera*

autant sur sa contribution que sur la leur » [20]. La découverte du gallium après la publication du tableau périodique par Mendeleev dans un manuel d'enseignement et celle de l'acide propanoïque et des anhydrides d'acides après la parution du *Traité* de Gerhardt sont d'autres exemples.

Un moyen de faire accepter une nouvelle méthode ou doctrine aux lecteurs

Chez Macquer comme chez Lavoisier, l'expérience a un rôle central : « *ne déduire aucune conséquence qui ne dérive immédiatement des expériences & des observations* » [DP, xj]. C'est une idée qui est martelée dans leurs discours, mais aussi dans la façon même dont les manuels sont écrits. Le manuel n'est pas limité dans sa longueur, ni contraint dans son expression à une prudence excessive, ni même, on le voit avec Lavoisier, à l'objectivité en faisant place aux points de vue opposés. L'auteur peut décrire avec toute l'étendue et la clarté nécessaires de nouvelles interprétations, le lecteur est alors fortement poussé à adhérer aux méthodes ou doctrines présentées. Le *Traité Élémentaire de Chimie* est le moyen pour Lavoisier d'imprimer ses idées dans les esprits. Tous ceux qui veulent lire son traité écrit dans la nouvelle nomenclature doivent penser dans les termes de sa théorie : toutes les combinaisons de l'oxygène avec les métaux sont appelées oxydes ; les acides sont composés d'un « *radical* » spécifique à chacun et d'un « *principe* » porteur d'acidité l'oxygène (générateur d'acide), constituant commun à tous les acides.

Le manuel est un moyen de communication très efficace d'une théorie non seulement parce qu'il a moins de contraintes qu'un article dans sa longueur, mais aussi, alors que les publications savantes ne s'adressent qu'à des pairs, et les dictionnaires au grand public, parce que les manuels sont destinés, eux, à des esprits ouverts à l'apprentissage, chimistes débutants ou confirmés. Macquer écrit ses *Éléments* pour « *les Commencans* » afin de donner « *une teinture & une idée juste d'une Science* » et « *fixer dans la mémoire les vérités les plus essentielles, qui, sans ce secours, pourroient s'y confondre avec d'autres, ou être*

oubliées » [CT, xv]. Le *Traité* de Lavoisier s'adresse aussi aux « *commencans* ». Dans une lettre de Williamson à Gerhardt, le 16 août 1851, on peut lire : « *Je vois dans vos formules de l'avenir, mais je rencontre tous les jours de nouvelles preuves de l'impossibilité de faire adopter des changements quelconques aux chimistes établis dans leur notation. On ne réussira certainement qu'en agissant sur des esprits non gâtés, c'est-à-dire sur des commencans, et pour cela, c'est un Traité de chimie qu'il nous faut plutôt que ces mémoires qui s'adressent à des chimistes faits. (...) C'est surtout cela qui manque pour bien établir vos importantes conceptions dans le public* » [21]. Bensaude-Vincent, dans son commentaire de la *Méthode de Nomenclature Chimique*, rappelle les joutes qui ont précédé l'adoption du système de nomenclature des chimistes français : « *Cette polémique acharnée durant plusieurs années a certes permis d'étendre le réseau des chimistes européens favorables au groupe des réformateurs, mais la victoire de la nomenclature passe par un autre canal, les traités destinés à la formation des générations futures. Le Traité élémentaire de Lavoisier joue à cet égard un rôle stratégique et il n'est pas le seul organe de diffusion de la nouvelle nomenclature. En 1789, Fourcroy, professeur au Jardin du Roy, fait paraître une troisième édition de ses Éléments d'histoire naturelle et de chimie rédigée dans la nouvelle nomenclature et Chaptal, professeur à l'école de médecine de Montpellier, tout à fait favorable à la doctrine lavoisienne, achève ses Éléments de chymie qui paraissent en 1790. Or, ces traités de professeurs ont autant de succès sur le marché éditorial que celui de Lavoisier. De plus, comme l'enseignement de la chimie se développe un peu partout en Europe à la fin du XVIII^e siècle, les traductions de ces traités seront un relais privilégié pour une adoption progressive mais générale de la nomenclature réformée* [22].

Comme Macquer et Lavoisier, l'auteur de manuel jouit donc du grand pouvoir de faire progresser et d'orienter la recherche, pour autant qu'il ait une conviction à faire partager. Des choix faits peuvent avoir aussi induit des abandons qu'il est permis de regretter ;

ainsi Gerhardt a contribué par son *Traité* à distinguer la chimie organique de la chimie biologique et à limiter la première à la synthèse : « Nous éviterons une semblable confusion, pour n'appliquer le nom de chimie organique qu'à cette partie de la science humaine qui s'occupe de métamorphoser les substances organiques avec d'autres substances », tandis que Lavoisier détournait les chimistes français de la thermodynamique chimique. Il est arrivé que, bien médiatisées ou venant de personnages puissants, de « fausses » idées ou des erreurs de langage prennent le pas sur des définitions plus correctement établies. On peut dire, par exemple dans le cas de Lavoisier, que le rôle central qu'il a voulu reconnaître à l'oxygène n'était pas justifié.

L'idée qu'un manuel soit efficace pour faire avancer la science n'est pas forcément partagée par tous : Loschmidt traduisit des vues innovantes sur la constitution des composés aromatiques dans un manuel d'enseignement quatre ans avant Kekule (également dans un manuel), or Anschütz qui fit rééditer l'ouvrage avec des notes, écrit : « *If these views had been published in a well-known chemical journal, they would really have created a great deal of stir and would have added substantially to the development of chemistry* ». Noe et Bader, qui rapportent ce texte, font cependant ce commentaire : « *Perhaps Anschütz did not ask himself a key question : where could Lodschmidt have published his work in 1861 ?* » [23]. En effet, quelle rédaction d'un périodique de recherche aurait-elle eu l'audace de publier ce qui n'était encore qu'hypothèse à démontrer ?

Conclusion

Macquer, vers la fin de sa vie, écrit : « *Les Ouvrages élémentaires sont sans contredit, les plus difficiles à bien faire, & cependant les plus utiles* » [24].

La rédaction d'un manuel exige de l'auteur un travail de systématisation. Lavoisier et Macquer nous offrent deux exemples de mise en place de systèmes. Le *Traité de Mendeleev*, également destiné à l'enseignement, est un autre exemple : « *En abordant la compo-*

tion d'un ouvrage capital de chimie, Mendeleev se rendit compte qu'il devait faire face à une tâche grandiose (...), c'est-à-dire trouver un point de départ pour la systématisation des connaissances chimiques, trouver une classification des éléments » [25]. Gerhardt introduit un nouveau classement en chimie organique (séries et types) dans un *Précis*, puis un *Traité* qu'il destine à des apprenants.

Nous fondant sur ces exemples, historiques donc singuliers, ce qui ne signifie pas qu'ils furent exceptionnels, nous pouvons penser que le manuel a été un outil bien adapté pour établir un nouveau système : public d'apprenants, contraintes d'expression réduites... Il n'est donc pas étonnant que les principes de classement les plus audacieux et les plus féconds soient parus d'abord dans des manuels. Ceux-ci ont permis à de nouvelles idées d'émerger et à de nouvelles méthodes ou doctrines d'être acceptées.

Les manuels ne sont pas les seuls exemples d'outils d'enseignement qui ont fait « avancer » la science. Les « modèles moléculaires », construits dans les années 1860 par Hofmann pour des besoins d'enseignement, ont eu et conservent, dans l'avancée des recherches, une fonction reconnue par tous [26].

Notes et références

Les références des citations de Macquer et Lavoisier sont notées avec la convention : CT pour *Éléments de Chymie-Théorique* (2^e éd., 1753, 1 tome), CP pour *Éléments de Chymie-Pratique* (1751, 2 tomes), TE pour *Traité Élémentaire de Chimie* (réimpression de 1965, Culture et civilisation : Bruxelles, 2 tomes) et DP pour *Discours préliminaire du Traité*. Les numéros de tomes et de pages suivent.

- [1] Lefèvre L., *Traité des matières colorantes*, G. Masson, Paris, 1890, Préface.
- [2] Dupront A., *Qu'est-ce que les Lumières ?*, Gallimard, 1996.
- [3] Ahlers W.C., thèse de doctorat de troisième cycle, École Pratique des Hautes Études, Paris, 1969 ; Viel C., Janus, 1986-1990, 73, p. 1-27.
- [4] *Observations sur l'ouvrage du citoyen Fourcroy... intitulé : Système des connaissances chimiques*, par Don Louis Proust, extraites et traduites de l'espagnol par Bourbon-Busset et revues par le citoyen Morellet, professeur en l'École gratuite de pharmacie, Paris, 1802.

- [5] Hannaway O., *The chemists and the world. The didactic origins of chemistry*, John Hopkins University Press, Baltimore, 1975, p. ix.
- [6] Cole W.A., *Chemical Literature, 1700-1860*, Mansell, Londres, 1988 ; Terrien M., thèse de doctorat, Université d'Angers, Angers, 1998.
- [7] *Histoire de l'Académie Royale des Sciences*, 1751 (1755), 84-146, cité par Ahlers, 1969, p. 84.
- [8] Lémery N., *Cours de chymie*, 8^e éd., E. Michallet, Paris, 1696, Préface, p. iij.
- [9] Terrien M., thèse de doctorat, Université d'Angers, Angers, 1998.
- [10] Yoschida A., *Mémoire de l'École Pratique des Hautes Études*, Paris, 1974, p. 14.
- [11] Daumas M., *Lavoisier, théoricien et expérimentateur*, Presses Universitaires de France, Paris, 1955, p. 105.
- [12] Poirier J.P., *Lavoisier*, Édition Pygmalion/Gérard Watelet, Paris, 1993.
- [13] Bensaude-Vincent B., *Lavoisier. Mémoires d'une révolution*, Flammarion, Paris, 1993, p. 305.
- [14] Kuhn T.S., *La structure des révolutions scientifiques*, 2^e éd., Flammarion, Paris, 1983, Paris.
- [15] Bachelard G., *La formation des révolutions scientifiques*, Vrin, Paris, 1938 (réédition 1972).
- [16] Chevreul M.E., *Histoire des connaissances chimiques*, Gide et Guérin éd., Paris, 1866.
- [17] Condorcet, *Histoire de l'Académie Royale des Sciences*, 1784, 20-30, in *Œuvres de Condorcet*, Firmin-Didot, Paris, 1847, 2, p. 125-138.
- [18] Thomson T., *The history of chemistry*, Londres, 1830, 1, p. 298.
- [19] Roberts L., *Setting the table*, University of Pennsylvania, Philadelphia, 1991 ; *Œuvres de Lavoisier*, sous la direction de Dumas et Grimaux, Imprimerie Nationale, Paris, 1864-1893, 5, p. 360-1.
- [20] Holmes F.L., *Lavoisier and the chemistry of life*, University of Wisconsin Press, Madison, 1985, p. 409.
- [21] Lettre de Williamson à Gerhardt, le 16 août 1851, cité par Grimaux E., Gerhardt C., *Charles Gerhardt, sa vie, son œuvre, sa correspondance, 1816-1856*, Masson & Cie, Paris, 1900, p. 220.
- [22] Bensaude-Vincent B., *Introduction à la Méthode de Nomenclature Chimique de Guyton de Morveau, Lavoisier, Berthollet, Fourcroy*, Édition du Seuil, Paris, 1994, p. 54-55.
- [23] Kekule Riddle, Wotiz J.H. Ed., 1993, p. 222.
- [24] *Journal des Sçavans*, 1742, 402, cité par Ahlers, 1969, p. 81.
- [25] Pissarjevski O., *Mendeleev*, Éditions en langues étrangères, Moscou, 1955.
- [26] Hofmann A.W., *Sur la force de combinaison des atomes*, Bureau du journal Les Mondes et Gauthier-Villars, Paris, 1868.

RÉPERTOIRE FRANÇAIS DES INGÉNIEURS

Le Répertoire français des ingénieurs est un fichier professionnel qui rassemble les personnes titulaires d'un diplôme d'ingénieur reconnu par l'État et celles reconnues par le monde professionnel comme exerçant réellement ou ayant exercé un métier d'ingénieur.

Ce répertoire électronique a été créé en février 1998 par le CNISF (Conseil National des Ingénieurs et Scientifiques de France), en accord avec les Unions régionales d'ingénieurs et de scientifiques, les principales associations d'anciens élèves d'écoles d'ingénieurs et les associations scientifiques, techniques ou professionnelles françaises.

Le Répertoire recense :

- Les **Ingénieurs Diplômés (ID)** d'un établissement habilité par le Ministère, chargé de l'Enseignement Supérieur,
- Les **Ingénieurs Reconnus d'origine Scientifiques (IRS)** d'un haut niveau de formation universitaire scientifique justifiant d'une expérience professionnelle d'au moins 5 ans dans une fonction d'ingénieur,
- Les **Ingénieurs Reconnus (IR)** d'un moindre niveau de formation scientifique justifiant d'une expérience professionnelle d'au moins 5 ans dans une fonction d'ingénieur.

Ce Répertoire, qui protège l'appellation "Ingénieur" d'usages abusifs, propose aux professionnels exerçant un réel métier d'ingénieur, sans avoir acquis le diplôme correspondant, une dénomination définie et reconnue par la profession. Il facilite, de plus, une reconnaissance professionnelle mutuelle des ingénieurs dans l'Union Européenne.

Cette reconnaissance est extrêmement utile en termes de **mobilité** car elle ajoute une référence extérieure à l'entreprise (en cas de changement de société, de fusion, d'absorption ou de reconversion...). Ceci est particulièrement vrai pour les universitaires (DEA, DESS, docteurs ès-sciences) travaillant dans l'industrie, pour les ITA (Ingénieurs Techniciens Administratifs) du CNRS et pour les ingénieurs-maison.

Inscriptions sur le Répertoire

- L'inscription est de droit pour les ingénieurs diplômés d'écoles françaises habilitées par la Commission des titres d'ingénieurs. L'association des anciens élèves de ces écoles (si elle existe, est membre du CNISF et s'est déclarée de "référence") les inscrit automatiquement et collectivement sans démarche de leur part.
- Tout autre personne, faisant fonction d'ingénieur et souhaitant être reconnue comme tel par inscription sur le Répertoire, doit adhérer à une association de référence (la Société Française de Chimie dans le cas des chimistes) et doit lui présenter un dossier individuel sous la responsabilité de deux parrains, eux-mêmes inscrits au Répertoire.
- La Société Française de Chimie (SFC) a constitué un Comité d'examen des candidatures d'IRS et IR et transmet éventuellement le dossier au Comité National d'Admission au Répertoire. Le Comité de la SFC est présidé par J-B. Leonetti.

Le Comité National d'Admission est composé de 18 personnalités représentatives des associations d'ingénieurs et de scientifiques, des organismes de formation et des employeurs. Il décide ou refuse l'inscription sur le Répertoire ; en cas de refus, il est possible d'avoir éventuellement recours à une procédure d'appel.

Les frais de dossier versés au CNISF se montent à 550 F. La SFC ne demande à ses membres aucune charge supplémentaire pour ce service.

Le répertoire comprend actuellement plus de 380 000 inscrits. Il est accessible sur Internet : <http://www.cnisf.org>

Le Répertoire est relié à l'annuaire électronique de la SFC qui, seule, est habilitée à fournir les adresses personnelles et professionnelles de ses membres.

• Pour les demandes de dossier de candidature ou toute autre information, contacter :

Mme Nadine COLLIOT. Tél : 01 40 46 71 66. Fax : 01 40 46 71 61. E.mail : adhesion@sfc.fr
Société Française de Chimie, 250, rue Saint Jacques, 75005 Paris.

Recherche

Gérard Mégie président du CNRS



Sur proposition du ministre de la Recherche, Roger-Gérard Schwartzberg, le conseil des ministres du 31 octobre 2000 a nommé Gérard Mégie président du CNRS.

Gérard Mégie, 54 ans, est polytechnicien et docteur ès sciences. Appartenant de 1974 à 1988 au CNRS, il a été directeur de recherche de 1982 à 1988, et est, depuis cette date, professeur à l'université Paris VI-Pierre et Marie Curie.

Physicien, Gérard Mégie s'est orienté vers les sciences de l'environnement dont il est un spécialiste internationalement reconnu. Sa notoriété est particulièrement forte dans le domaine de la recherche atmosphérique. Depuis 1994, il est le directeur de l'Institut Pierre-Simon-Laplace des sciences de l'environnement global, institut commun au CNRS, à l'université Paris VI et à l'université de Versailles-Saint-Quentin. En outre, depuis 1999, il est le président du comité de coordination des sciences de la planète et de l'environnement du ministère de la Recherche.

G. Mégie est correspondant de l'Académie des sciences (1990) et a été médaille d'argent du CNRS (1987).

Rappelons d'autres nominations récentes au CNRS :

- le 31 août 2000, de **Geneviève Berger** (professeur des universités, praticienne hospitalière), au poste de directrice générale du CNRS ;
- le 15 octobre 2000, de **Françoise Olier** au poste de secrétaire général du Comité national de la recherche scientifique.

Michel Lazdunski, Médaille d'Or du CNRS pour l'année 2000

La direction générale du CNRS a attribué la Médaille d'Or du CNRS pour l'année 2000 à Michel Lazdunski, professeur à la Faculté de médecine de l'université de Nice-Sophia Antipolis, directeur de l'Institut de pharmacologie moléculaire et cellulaire du CNRS. Spécialiste mondial des canaux ioniques, Michel Lazdunski est l'auteur, avec son équipe, de travaux internationalement reconnus tant sur le plan fondamental que sur celui de leurs applications pharmacologiques et pathologiques. Les travaux portent sur la compréhension des mécanismes des antihypertenseurs, des antidiabétiques ou des anesthésiques gazeux, et des mécanismes de perception de la douleur en passant par les arythmies cardiaques, les crises convulsives ou l'ischémie cérébrale.



Michel Lazdunski, né en 1938, est ingénieur chimiste, Ph. D. en chimie-physique. Il obtient un doctorat ès sciences en biochimie en 1964.

Les canaux ioniques ont pour première fonction d'être les microgénérateurs d'électricité biologique qui permettent : aux cellules du système nerveux de communiquer entre elles et avec leurs organes cibles ; aux cellules musculaires et vasculaires de déclencher leur contraction ; aux cellules cardiaques de déclencher la contraction rythmique ; aux cellules du système endocrinien de déclencher la sécrétion d'hormones.

Ces canaux ioniques sont des macromolécules protéiques situées dans les membranes cellulaires et permettent le transit sélectif de sodium, de potassium ou de calcium de l'extérieur vers l'intérieur de la cellule ou *vice versa*.

En 1976, il avait reçu la médaille d'Argent du CNRS pour ses travaux portant sur l'enzymologie et la structure des protéines.

Nomination à l'Académie des sciences

Jean-Michel Savéant, directeur de recherche au CNRS, a été élu membre de l'Académie des sciences (section chimie). Il avait été élu correspondant en 1993. Il a été médaille d'Argent du CNRS en 1976 et lauréat de plusieurs prix étrangers.

L'association ECRIN a soufflé ses 10 bougies

(Institut Pasteur, Paris, 25 octobre 2000)

L'association ECRIN, à laquelle sont inscrits 28 grands groupes industriels (Air Liquide, Aventis, EDF, L'Oréal, SNCF...), 120 entreprises dont 90 PME, et plus de 30 organismes publics, établissements publics et pôles technologiques (CEA, CNRS, INRA...), a pour objectif de « créer et faciliter en amont le rapprochement recherche-entreprise pour le développement et l'innovation ». Il s'agit de faire émerger des synergies et des partenariats de recherche intégrant les dimensions scientifiques, techniques, économiques et humaines, de stimuler la créativité et l'innovation. L'activité d'ECRIN est multidisciplinaire et intersectorielle. Elle se répartit dans 8 grands domaines : environnement-sécurité, construction-génie civil, énergies et applications, biologie-santé-technologies du vivant, transports-équipements-logistique, communication-information-réseaux, organisation-méthodes de conception, chimie-matériaux-procédés.

En octobre dernier, l'association a profité de la célébration de son dixième anniversaire, en présence et sous le haut patronage du ministre de la Recherche Roger-Gérard Schwartzberg, pour dresser un bilan sur le thème « 10 ans d'expérience et de savoir-faire dans le rapprochement recherche-entreprise ». Chercheurs, industriels, représentants d'écoles et d'universités ont témoigné des réalisations, résultats et projets porteurs issus des travaux d'ECRIN. Les résultats des différents groupes de travail font l'objet de rapports publiés par ECRIN (tels que les dendrimères, de nouveaux polymères aux applications prometteuses, 1998 ; Modélisation en écotoxicologie, 2000 ou Transferts des substances organiques dans les sols, à paraître).

La place de la France dans la R & D mondiale a été évoquée par J.-M. Charpin, commissaire général du Plan. Il existe une contradiction entre les performances scientifiques, jugées bonnes, et les performances d'innovation, relativement décevantes. On constate une diminution de la part de la France dans les dépôts de brevets. Le potentiel humain de la R & D est de haute qualité même s'il souffre d'un âge avancé des chercheurs, qui va nécessiter un fort renouvellement dans les années qui viennent, et, parallèlement, d'une baisse des thèses et DEA scientifiques. Un des problèmes spécifiques de la France réside dans la relation entre recherche et entreprises. Malgré les efforts mis en œuvre (ECRIN, loi sur l'innovation et la recherche...), il reste beaucoup à faire pour rapprocher les deux acteurs car les visions restent différentes. Les hommes et les femmes à l'interaction de ces deux mondes sont relativement peu nombreux.

D'autre part, l'évolution du travail est en pleine transformation face aux mutations technologiques. La compétence est le capital le plus précieux d'une entreprise et les conditions de travail s'avèrent absolument décisives dans cette compétence. L'association ECRIN a également pour mission de sensibiliser les doctorants et les ingénieurs à l'entreprise en proposant une formation parallèle aux doctorales de l'ABG (Association Bernard Gregory). Le problème des thèses, qui sont souvent trop longues et conduisent à des emplois précaires, semble entraîner une démotivation générale. L'objectif d'ECRIN est de donner une meilleure vision de l'entreprise et des enjeux économiques aux étudiants, de leur faire prendre en compte de leur valeur, du besoin mutuel de la recherche et de l'industrie, du travail en équipe et de la gestion d'un projet.

Une table ronde « ECRIN 2000-2010 : les nouveaux défis », réunissant des responsables des ministères chargés de l'industrie et de la recherche, des représentants d'entreprises et d'organismes de recherche, a clos la journée. Le débat a apporté des éléments pour l'organisation et le développement des collaborations recherche-entreprise.

ECRIN dispose depuis peu d'un site internet (www.ecrin.asso.fr) sur lequel sont disponibles la présentation de l'association, des clubs (avec une description des problématiques), actions et antennes, l'annuaire des membres, l'agenda des manifestations, la présentation de la formation jeunes doctorants et des liens vers différents organismes. Prochainement, le site proposera également des annonces de stages, d'emplois et de thèses.

- Association ECRIN, 32, boulevard de Vaugirard, 75015 Paris. Tél. : 01.42.79.51.00. Fax : 01.42.79.50.99. E-mail : ecrin@ecrin.asso.fr
<http://www.ecrin.asso.fr>
- Pour toute information sur la formation proposée aux étudiants : Christiane Voëlin. Tél. : 01.42.79.51.11. E-mail : voelin@ecrin.asso.fr

Accès aux bases de données scientifiques et techniques internationales : accord INIST-CNRS/SilverPlatter

Un accord de partenariat conclu entre le CNRS et l'éditeur nord américain SilverPlatter par l'entremise de l'Institut de l'Information Scientifique et Technique permettra d'offrir à l'ensemble des laboratoires du CNRS un accès illimité à plusieurs des plus importantes bases de données scientifiques et techniques internationales.

L'INIST, unité de service du CNRS, assurera la mise en œuvre opérationnelle de cet accord. En s'appuyant sur les technologies développées par SilverPlatter, l'INIST mettra en place un serveur national pour les unités du CNRS. Outre les propres bases de l'INIST, PASCAL Biomed (domaine biomédical), PASCAL SciTech (sciences et techniques) et Francis (sciences humaines et sociales), les utilisateurs du CNRS pourront avoir accès à d'autres bases spécialisées distribuées par SilverPlatter (Current Contents d'ISI, INSPEC de IEE, Medline Advanced de la NLM...) avec des fonctionnalités de liens vers le texte intégral et la fourniture de documents.

- Serveur web de l'INIST : www.inist.fr Serveur web du CNRS : www.cnrs.fr Serveur web de SilverPlatter : www.silverplatter.com

Enseignement

Mastère génie de la réaction chimique/mise en œuvre industrielle

Bien souvent les aspects fondamentaux de la réaction chimique, catalytique ou non, sont traités d'un côté et la mise en œuvre du processus industriel (génie chimique) de l'autre. Il est d'ailleurs remarquable que de nouveaux procédés apparaissent grâce à la prise en compte simultanément de ces deux aspects.

Le mastère génie de la réaction chimique/mise en œuvre industrielle veut traiter l'ensemble des problèmes depuis le stade fondamental (connaissance des mécanismes élémentaires) jusqu'à la mise en œuvre industrielle (choix, calcul d'un réacteur, fonctionnement de ce dernier, influence sur l'aval de l'unité industrielle). Une place non négligeable sera attribuée à la catalyse hétérogène et homogène. Des rappels sur les connaissances de base seront effectués et une partie de l'enseignement théorique sera faite sur travaux dirigés et sur mini projets. Cette partie occupera 252 heures. Ensuite, 100 heures seront consacrées à l'étude de cas industriels qui seront exposés par les ingénieurs de l'industrie. Tout cet ensemble occupera le 1^{er} trimestre de l'année scolaire, les deux suivants étant réalisés sous forme de stage longue durée dans l'industrie.

Lieu : École Nationale Supérieure de Chimie de Lille et École Centrale de Lille.

Personnes intéressées : étudiants provenant des écoles de chimie ou généralistes, étudiants titulaires d'une maîtrise ou d'un DEA et certaines personnes de l'industrie chimique.

- Mme L. Lesecq, École Nationale Supérieure de Chimie de Lille, Service des Admissions, BP 108, 59652 Villeneuve d'Ascq Cedex.

Le cycle supérieur qualifiant des grandes écoles d'ingénieurs de Paris

Neuf grandes écoles d'ingénieurs de Paris ont mis en commun leur potentiel de formation continue pour proposer une nouvelle formation personnalisée : le cycle supérieur qualifiant des grandes écoles d'ingénieurs de Paris.

Cette formation professionnelle modulaire qualifiante s'adresse aux techniciens supérieurs et ingénieurs évoluant vers de nouvelles responsa-

bilités ainsi qu'aux ingénieurs en reconversion ou en mobilité interne.

Elle a pour objectif d'accompagner l'évolution vers des responsabilités accrues nécessitant de nouvelles compétences techniques et managériales et une vision large de son environnement professionnel, et ainsi de qualifier pour de nouvelles fonctions.

La formation est constituée par des parcours « sur mesure », construits avec les candidats et les employeurs en fonction des objectifs visés. Elle prévoit un accompagnement personnalisé pendant toute la durée du cycle qui comprend 200 à 300 heures de formation, en modules de 1 à 10 jours répartis sur un à deux ans, complétées par un travail personnel présenté à un jury. Après une évaluation vérifiant que l'objectif de qualification est atteint, les candidats reçoivent le certificat du cycle supérieur qualifiant des grandes écoles d'ingénieurs de Paris.

Les neuf écoles : École Nationale du Génie Rural, des Eaux et des Forêts (ENGREF), École Nationale des Ponts et Chaussées (ENPC), École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers (ENSAM), École Nationale Supérieure de Chimie de Paris (ENSCP), École Nationale Supérieure des Mines de Paris (ENSMP), École Nationale Supérieure de Techniques Avancées (ENSTA), École Nationale Supérieure des Télécommunications de Paris (ENST), École Supérieure de Physique et de Chimie industrielles de la Ville de Paris (ESPCI), Institut National Agronomique Paris-Grignon (INA P-G).

• **Stéphanie Galiana. Tél. : 01.45.49.89.44. Fax : 01.45.49.88.14. E-mail : galiana@engref.fr**

Les ingénieurs chimistes et l'emploi

La Fédération Gay-Lussac a procédé à sa 7^e grande enquête sur l'emploi concernant les 3 dernières promotions de diplômés soit 6 500 ingénieurs. 86 % des sondés ont répondu à cette enquête.

L'industrie chimique est un secteur avec une forte valeur ajoutée, une balance commerciale et un taux de croissance supérieurs à ceux d'autres secteurs comme l'automobile ou l'industrie agroalimentaire.

La force du réseau de la Fédération Gay Lussac est sans nul doute la capacité qu'ont les 18 écoles de chimie et de génie chimique qui la composent à s'adapter aux besoins exprimés par les entreprises. En effet, le contenu des formations scientifiques et technologiques correspond en qualité et en quantité aux souhaits des entreprises.

Cette collaboration s'effectue aussi avec les organisations professionnelles des entreprises. Elle permet aux ingénieurs de trouver leur premier emploi dans plus de 15 secteurs d'activité :

- 50 % dans l'industrie chimique au sens large (chimie, santé, parachimie, pétrochimie),
- 20 % dans les industries en aval comme l'automobile, la plasturgie, l'électronique,
- 10 % dans les bureaux d'études.

Les secteurs de la santé et de la parachimie ont attiré plutôt les filles (50 %). Les garçons se dirigent vers la chimie lourde et ses applications.

Près de 60 % ont préféré les entreprises de plus de 500 personnes.

En ce qui concerne les métiers, la recherche et le développement est le plus représenté (27 %) suivi par les métiers de la production et du contrôle (23 %), l'ingénierie, la sécurité et la qualité, le technico-commercial...

20 % des diplômés complètent leurs études par une thèse de doctorat. L'intégration de ces docteurs-ingénieurs s'effectue sans difficultés après la thèse.

• www.gaylussac.net

« Synergie École-Entreprise-Prévention », une démarche originale au service de la prévention des risques professionnels

En octobre dernier ont eu lieu, à Paris, les 1^{re} Rencontres nationales sur l'action Synergie. Ces rencontres ont été organisées par l'INRS (Institut National de Recherche et de Sécurité) et réunissaient les différents acteurs de cette démarche : l'Éducation nationale, le monde de l'entreprise et l'institution de prévention des risques de la Sécurité sociale. L'opération « Synergie École-Entreprise-Prévention » est basée sur une initiative locale qui s'est développée. Elle s'inscrit dans la logique des accords cadre nationaux signés par la CNAM, l'INRS et l'Éducation nationale, et dont l'objectif est de promouvoir l'intégration de la prévention et de la sécurité dans l'enseignement technique.

A l'heure actuelle, « Synergie École-Entreprise-Prévention » concerne les élèves qui préparent un baccalauréat professionnel de la seconde transformation du bois. Chaque élève doit réaliser un diagnostic sécurité dans l'entreprise où il effectue son stage. Cette mission est pleinement intégrée dans sa formation et l'examen comporte une analyse approfondie des postes de travail, de l'environnement et de l'organisation, pour laquelle les dirigeants de très petites entreprises ne disposent pas toujours des moyens ou du recul nécessaires. A l'écoute des témoignages éloquentes d'anciens élèves et de chefs d'entreprises impliqués dans ce projet, mettant tous en avant les bénéfices partagés, on peut constater que cette initiative, en suscitant des échanges constructifs entre les différents partenaires autour de mesures de sécurité au poste de travail, donne une toute autre dimension au stage en entreprise. Cette valorisation constitue certainement l'aspect le plus porteur d'avenir pour les professionnels et les décideurs de demain.

Nous savons que certaines négligences peuvent avoir des conséquences catastrophiques. Par ailleurs, même si le risque atteint tous les niveaux d'âge, dans l'industrie du bois, les salariés de moins de 25 ans ont 2,5 fois plus d'accidents que leurs aînés. Ceci est dû souvent à un manque de moyens, de temps et à une certaine ignorance. Il est vrai que le risque zéro n'existe pas, mais les jeunes sensibilisés à ce problème vont pouvoir faire passer le message. La prise de conscience des risques et de l'utilité de cette formation peut être illustrée par le témoignage d'un des jeunes interviewés : « *Au début, c'est barbant car il faut enfiler tous les équipements mais finalement, je suis bien content d'avoir encore mes dix doigts* ».

L'objectif de ces rencontres était d'une part de présenter l'expérimentation réussie du projet dans le secteur de la deuxième transformation du bois et, d'autre part, d'inciter d'autres branches professionnelles à exploiter les principes de Synergie pour intégrer les principes de prévention. Il s'agit de mieux travailler en partenariat industrie/enseignement. Il y a un véritable rôle des organisations professionnelles à jouer afin

de sensibiliser les chefs d'entreprises ainsi que les futurs salariés des entreprises. Le partenariat fait désormais partie de la stratégie de formation et la confiance réciproque entre tous les acteurs était visible lors du congrès.

- <http://www.synergie-bois.com>
- **Assistance pédagogique pour la mise en place d'une section Synergie dans d'autres secteurs d'activités :**
DAB (Centre de Diffusion et d'Assistance pour la prévention des risques professionnels dans les métiers du Bois),
Lycée Gustave Eiffel, BP 129, 68704 Cernay Cedex. Tél./Fax : 03.89.75.65.76. E-mail : cda-cernay@synergie-bois.com
- **INRS (Institut National de Recherche et de Sécurité), 30, rue Olivier Noyer, 75680 Paris Cedex 14. Tél. : 01.40.44.31.58. Fax : 01.40.44.14.20.**
<http://www.inrs.fr>

Le Guide du doctorant, édition 2000

La Guilde des Doctorants édite un *Guide du doctorant* consacré aux formations doctorales. Ce guide couvre tous les aspects relatifs au doctorat depuis le choix du DEA et de la thèse à la soutenance et à la recherche d'un emploi après la thèse. Pendant l'été 2000, la Guilde des Doctorants a remis à jour cet ouvrage, l'agréant de plus de 30 pages de nouvelles informations.

<http://garp.univ-bpclermont.fr/guilde/Alire/guide/>

Elle a également mis en ligne un nouveau site et un guide consacré aux Chartes des Thèses et aux droits et devoirs qu'elles confèrent aux doctorants.

- <http://garp.univ-bpclermont.fr/CdT/>
- **Pour diffuser une proposition de thèse :** <http://garp.univ-bpclermont.fr/guilde/Theses/>
- **Pour diffuser un profil d'emploi MCF/Prof :** <http://garp.univ-bpclermont.fr/guilde/Public/Univ/>
- **Autres offres d'emploi (CDI, CDD, postdocs) :** <http://garp.univ-bpclermont.fr/guilde/Annonces/annoncer.html>

Industrie

Solvay et K+S s'unissent pour leurs activités « sel »

Solvay SA (Bruxelles) et K+S Aktiengesellschaft (Kassel), ont l'intention de s'allier sur le marché européen du sel. Les deux partenaires viennent de signer un mémorandum d'accord visant à créer une joint venture qui regroupera leur production de sel vendue aux clients externes. La création effective de la joint venture est soumise à l'approbation des conseils d'administration respectifs et des autorités de la concurrence concernées, après consultation des partenaires sociaux dans les pays concernés, ainsi qu'avec le Comité d'Entreprise Européen de Solvay.

Solvay détendra environ 40 % de la nouvelle entreprise, tandis que la part de K+S sera de quelque 60 %. Ceci reflète la valeur des actifs que les deux partenaires apportent à la joint venture. La production de sel que Solvay destine à ses propres procédés industriels (production de vinyles, de soude caustique, de bicarbonate et de carbonate de soude) ne sera pas transférée au sein de la nouvelle société. Les deux parties exerceront un contrôle conjoint sur la joint venture.

La nouvelle société disposerait de sites en Allemagne, aux Pays-Bas, en France, en Belgique, en Espagne et au Portugal, pour une production annuelle totale d'environ 5 millions de tonnes. Elle emploierait 1 400 personnes et réaliserait un chiffre d'affaires estimé à 300 millions d'euros.

Nouveaux investissements Atofina

• Polystyrène

Atofina, 4^e producteur mondial de polystyrène, a décidé la construction d'une nouvelle ligne de PS choc, la plus importante au monde, d'une capacité de production de 230 kt/an sur son site américain de Carville (Louisiane).

Cette nouvelle ligne, qui portera la capacité de production du site à 750 kt/an d'ici mi 2002, confirme au site de Carville sa place de premier site industriel mondial de production de polystyrène. Atofina bénéficie d'une intégration en amont avec une unité de styrène contiguë au site de Carville d'une capacité de production de 1 000 kt/an. Cette unité en joint venture avec GE Plastics est gérée par Atofina.

• Chimie fine

Atofina, branche chimie de TotalFinaElf, poursuit la conversion vers la chimie fine de son site de Port-de-Bouc (Bouches-du-Rhône) en y lançant de nouveaux investissements pour la fabrication des dérivés bromés essentiellement destinés à l'industrie pharmaceutique. Ces investissements concernent :

- Une unité de 1 200 t/an environ de bromo acides/bromo esters qui doit démarrer fin 2000.
- Un atelier de dérivés bromés spéciaux (bromures et dibromures d'alkyles et bromures aromatiques) pour la pharmacie, démarrant mi-2001.
- Un nouveau générateur d'acide bromhydrique gaz ultra pur d'une capacité de 10 t/jour.

Cette nouvelle tranche d'investissements d'un montant global supérieur à 100 millions de francs constitue une 2^e étape du développement entrepris à Port-de-Bouc dans le domaine des intermédiaires bromés pour la chimie fine.

Les ateliers existants de bromures d'alkyles et un premier générateur d'acide bromhydrique gaz ultra pur (capacité de 10 t/jour) avaient été mis en service début 1998.

Fin 2001, Port-de-Bouc comptera ainsi 5 ateliers polyvalents et autonomes spécialisés dans la fabrication de dérivés bromés fins, intégrant plusieurs étapes de synthèse.

Cet ensemble placera Atofina parmi les premiers producteurs mondiaux de ce type de bromés.

Ticona augmente sa capacité de production du polyacétal

Ticona va augmenter sa capacité de production du polymère technique polyacétal (POM) sur son site de Kelsterbach (Francfort). En 2002, la production devrait passer des 77 000 t/an actuelles à 100 000 t/an. La capacité globale de Ticona atteindrait alors les 186 000 t/an.

La croissance du marché du polyacétal est prévue d'augmenter de 5 % dans les années à venir.

Divers

Le logiciel Inforisc pour la prévention des risques chimiques

Le logiciel Inforisc plus particulièrement destiné aux professeurs, techniciens et élèves, regroupe des données de sécurité pour plus de 200 produits chimiques, des notions élémentaires du langage de la prévention chimique, des informations pratiques pour améliorer la sécurité. C'est aussi un outil pour le reconditionnement des produits chimiques.

Le logiciel nécessite PC/Pentium 32 MoRam, 5Mo d'espace sur disque dur, écran 800 x 600 en 256 couleurs, windows 95/98 + Excel.

- TVC-Chimie, 36, rue de la Mine, 57150 Creutzwald. Tél. : 03.87.90.15.41. Fax : 03.87.29.83.65. E-mail : s_trinh@club-internet.fr

Le sénat ouvre ses portes à l'université Pierre et Marie Curie

Pour illustrer la recherche scientifique et médicale, le Sénat accueille une exposition de photos de l'université Pierre et Marie Curie illustrant les dernières découvertes scientifiques et médicales.

Les portes de l'exposition s'ouvrent aux horaires suivants : du lundi au vendredi, à 10 h 30, 11 h 30, 15 h 30 et 17 h.

Nominations à la Commission européenne

Huit scientifiques ont été nommés au comité de pilotage (steering committee) scientifique de la Commission européenne :

- Keith H. Jones (UK Medicines Control Agency, Londres).
- Werner Klein (Fraunhofer-Institute for Environmental Chemistry and Eco-toxicology, Schmallenberg, Allemagne).
- Ib Knudsen (Danish Institute of Food Safety and Toxicology, Soborg, Danemark).
- Albert Osterhaus (Institute of Virology, Erasmus, University of Rotterdam, Pays-Bas).
- Gérard Pascal (INRA, Paris, France).
- Pere Puigdomenech (Institute of Molecular Biology, Barcelone, Espagne).
- Vittorio Silano (International Relations and Community Policies, ministère de la Santé, Rome, Italie).
- Staffan Skerfving (Occupational and Environmental Medicine, Lund University, Suède).

Nominations

- Jean-Philippe Milon : président du directoire de Bayer Pharma SA.
- Lionel Ducrocq : président de Ciba Spécialités Chimiques SA France.
- Michael D. Parker : président directeur général de Dow Chemical Company.

Transactions achats/ventes d'équipements industriels d'occasion sur Internet

EXA SA annonce le lancement de son site business-to-business.

EXApro est la première place de marché Internet européenne de produits et services en ligne offrant à l'ensemble des industriels :

- la possibilité de réaliser des transactions achats/ventes d'équipements industriels d'occasion,
- un bouquet de services à valeur ajoutée facilitant l'intégration du matériel acquis.

La place de marché Internet d'EXApro permet une confrontation immédiate de l'offre et de la demande : tout vendeur de matériels industriels d'occasion dépose gratuitement ses produits en les proposant à prix fixe ou aux enchères. Tout acheteur potentiel fait une offre sur le produit qui l'intéresse.

- www.exapro.com

Nouvelle exposition au Palais de la Découverte

La radioactivité, une facette de la nature, jusqu'au 14 janvier 2001

Cette exposition a été réalisée dans le cadre de la Semaine européenne de la Science et de la Technologie. Elle se déroulera simultanément à Paris, Wiesbaden et Milan. L'exposition se présente en trois parties destinées à montrer que la radioactivité est un phénomène naturel et qu'elle a un grand nombre d'applications dans la vie quotidienne, souvent insoupçonnées du grand public : la radioactivité et l'univers, la radioactivité et la nature, la radioactivité à l'ouvrage. Elle comprend diverses animations, films, serveur Web et objets scientifiques.

- Palais de la découverte, avenue Franklin Roosevelt, 75008 Paris. Tél. : 01.56.43.20.21.

www.palais-decouverte.fr

Du mardi au samedi de 9 h 30 à 18 h, le dimanche et jours fériés de 10 h à 19 h.

Nécrologie

Philippe Albert (1922-2000)

Philippe Albert nous a quittés brutalement, en avril dernier.

Après ses études supérieures, il fut remarqué par le professeur Georges Chaudron qui accepta de le prendre en 1946 dans son Laboratoire à Vitry-sur-Seine pour y préparer une thèse. Les premiers travaux scientifiques dont il fut chargé concernaient l'activité chimique de l'hydrogène désorbé par le palladium et ses alliages.

A la fin des années quarante, le professeur Georges Chaudron orientait les recherches de son laboratoire sur la préparation et l'étude des métaux de très haute pureté et il était à la recherche de méthodes d'analyse très sensibles. Pierre Sue, directeur de la chimie au Laboratoire Joliot Curie du Collège de France, qu'il rencontrait lors des réunions de la Société Chimique, lui suggéra d'utiliser l'analyse par activation. La pratique de cette méthode avait été rendue possible en France avec la construction du réacteur ZOE au fort de Chatillon en 1948.

G. Chaudron demanda à Ph. Albert de s'initier à cette nouvelle technique. Dès 1951, une communication à Oxford, accompagnée d'une note aux *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, fait état des possibilités de dosage des traces de sodium et de cuivre dans l'aluminium de haute pureté par irradiation à la pile. Une autre publication en 1953 fait état des possibilités de dosage du carbone dans le fer en utilisant les deutons accélérés par le cyclotron du Collège de France. En 1955, Philippe Albert obtient le grade de docteur ès sciences physiques en soutenant une thèse sur : les applications des radioéléments à l'étude de la purification très poussée de l'aluminium et du fer. Le jury était composé d'Irène Joliot-Curie (présidente) et de Georges Chaudron et Jacques Bénard.

Après sa thèse, Ph. Albert développa des schémas de séparation radiochimiques après irradiation adaptés à chacun des différents métaux purs préparés et étudiés par G. Chaudron et ses élèves. Ces schémas, dérivés de ceux de l'analyse quantitative classique, permettaient des séparations très sélectives et des analyses élémentaires à la fois très sensibles et très sûres. Ces travaux ont fait connaître Philippe Albert dans le monde entier comme l'un des pionniers de l'analyse par activation.

Philippe Albert était un chercheur passionné, novateur et acharné. Son énergie et son obstination lui avaient permis d'avoir accès à de nombreux moyens d'irradiation en France et à l'étranger. Néanmoins, il était bien conscient que c'était en se dotant et en dotant la France de moyens d'irradiation spécialement destinés à l'analyse par activation, qu'il pourrait y faire progresser cette technique et se maintenir dans le peloton de tête mondial. C'est la raison pour laquelle il lança et mena à terme la création d'un premier laboratoire situé sur le site de Saclay pour être aussi proche que possible de deux puissants réacteurs EL3. Pour cette réalisation, Ph. Albert s'associa à Pierre Lévêque, alors chef du service de physico-chimie appliquée du CEA, qui pratiquait lui-même aussi l'analyse par activation. Ce laboratoire, auquel fut donné le nom de Pierre Sue, a fêté le 26 juin dernier ses trente ans d'existence. Les thèmes de recherches ont évolué, le personnel permanent a doublé, les moyens de caractérisation ont été diversifiés, notamment par la création d'une microsonde nucléaire capable de traiter des échantillons inactifs et radioactifs, mais l'analyse par activation continue à y être pratiquée parallèlement à d'autres méthodes dont l'ICP-MS. Il faut souligner que, dès l'origine, le Laboratoire Pierre Sue avait été conçu quasiment parfait pour y pratiquer l'activation neutronique. Il était et est encore doté de moyens d'irradiation uniques en France et exceptionnels dans le monde pour cette méthode d'analyse.

Philippe Albert proposa simultanément et obtint la réalisation, à trois ans d'intervalle, d'un deuxième laboratoire, équipé lui d'un cyclotron, en milieu purement CNRS sur le site d'Orléans. Il est à noter que ces deux unités non seulement existent toujours mais se sont développées. Elles ont accueilli et formé des centaines de chercheurs et ingénieurs du public et du privé, français et étrangers.

Jusqu'à son départ volontaire à la retraite en 1986 et bien au-delà, Ph. Albert a conservé une activité scientifique débordante, concrétisée par de nombreuses publications et conférences. Il eut plusieurs dizaines d'élèves qui essaimèrent à travers le monde pour y développer les méthodes nucléaires de caractérisation qu'il leur avait enseignées. A Orléans, en tant que directeur des recherches, il a développé avec l'aide de ses collaborateurs et de Robert Muxart de nombreuses activités autour du cyclotron, non seulement dans le domaine des matériaux, mais aussi notamment en neurothérapie et en archéométrie.

Plusieurs prix scientifiques lui ont été décernés ; en particulier : le Prix Cahours de l'Académie des sciences, la Médaille Hevesy et celle de la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale, Médaille Bardy.

Directeur de recherche émérite, Ph. Albert continua à travailler avec le Bureau Communautaire de Référence. Esprit curieux de tout et catholique pratiquant, il se passionna pour la datation du Saint Suaire, et s'est investi dans des œuvres humanitaires.

La rédaction présente ses sincères condoléances à sa femme et à toute sa famille.

MANIFESTATIONS

Les manifestations de cette rubrique peuvent être consultées sur le serveur de la SFC : <http://www.sfc.fr/Informations.htm>

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

24 janvier 2001

Journée Plastiques alvéolaires

Douai

Division Matériaux polymères et
élastomères

(*L'Act. Chim.*, oct. 2000, p. 57)

- C. Loucheux. Tél. : 03.20.43.47.51.
E-mail : gfp-secnord@univ-lille1.fr

3-5 avril 2001

3^e Colloque Science et technologie des poudres

Nancy

(*L'Act. Chim.*, oct. 2000, p. 57)

- Hervé Muhr. Tél. : 03.83.17.51.90.
E-mail : cpic@ensic.u-nancy.fr

15-17 mai 2001

VIM 2001 : visualisation, image, modélisation

Nancy

(*L'Act. Chim.*, oct. 2000, p. 57)

- Claude Poulain. Fax : 03.83.17.52.15.
E-mail : cpic@ensic.u-nancy.fr
www.ensic.u-nancy.fr/VIM2001/

14-16 juin 2001

In vino analytica

scientia 2001

Bordeaux

(*L'Act. Chim.*, mai 2000, p. 50)

- Congress Rive Droite.
Tél. : 05.56.32.82.29.

2-6 juillet 2001

10th ISHHC : International Symposium on relations between homogeneous and heterogeneous catalysis

Villeurbanne

(*L'Act. Chim.*, oct. 2000, p. 57)

- Catherine Santini.

Tél. : 04.72.43.18.10.

E-mail : shhc10@cpe.fr

<http://www.cpe.fr/lcoms/shhc10/>

12-15 septembre 2001

Interaction of laser radiation with matter at nanoscopic scales

Bressanone/Brixen (Italie)

Div. Chimie physique

(*L'Act. Chim.*, juillet-août 2000,
p. 79)

- E-mail : bozio@chfi.unipd.it

Calendrier des manifestations à venir

10-13 janvier 2001

5^e Mondial des métiers

Lyon

- Renseignements : AROM,
78, route de Paris, BP 19,
69751 Charbonnières-les-Bains.
Tél. : 04.72.59.44.66.
Fax : 04.72.59.43.55.
E-mail : arom@mondial-metiers.com

11 janvier 2001

Certification of suitability for TSE Risk Products

Strasbourg

- Renseignements : EDQM, Caroline
Larsen Le Tarnec.
Tél. : 03.88.41.28.15.
Fax : 03.88.41.27.71.
E-mail : publicrelations@pheur.org
<http://www.pheur.org>

31 janvier-1 février 2001

C2I 2001 : Colloque interdisciplinaire en instrumentation

Paris

- Renseignements :
[http://www.cnam.fr/instituts/inm/
C2I2001.htm](http://www.cnam.fr/instituts/inm/C2I2001.htm)

4-7 mars 2001

SyCOCAL : 1^{er} Symposium de chimie organique en Centre-Auvergne-Limousin

La Bourboule

- Thème principal : la chimie des
biomolécules.
- Renseignements.
E-mail :

sycocal@chimtp.univ-bpclermont.fr
<http://chimtp.univ-bpclermont.fr/sycocal/accueil.html>

5-7 mars 2001

Fluorine in coatings IV

Bruxelles (Belgique)

- Renseignements : Janet Saraty,
Paint Research Association,
8 Waldegrave Road,
Middlesex TW11 8LD,
Teddington (Royaume-Uni).
Tél. : +44 (20) 8614 4800.
Fax : +44 (20) 8614 4812.
E-mail : j.saraty@pra.org.uk
<http://www.pra.org.uk>

6-8 mars 2001

Aquatech Asia 2001

Bangkok (Thaïlande)

- Renseignements : Marcel Ewals,
Bangkok RAI.
Tél. : +66 (2) 910 0141.
Fax : +66 (2) 910 0140.
E-mail : Marcel@bkkrai.com
<http://www.rai.nl>

13-16 mars 2001

Interchimie-Mesucora- Salon du Laboratoire

Paris

- Liste des manifestations tenues
dans le cadre de ces expositions :
- Atelier international sur l'analyse,
les méthodologies de traitement et
la réhabilitation des sols et eaux
souterraines pollués (Association
Interchimie) ;
- 2^e édition de l'Atelier Pharmacie :
matières premières et technologies

d'aujourd'hui et de demain (Asso-
ciation Interchimie) ;

- Mesure dimensionnelle : de la
métrologie en salle à la mesure en
ligne (Association Mesucora) ;

- L'optique instrumentale : de la
microminiaturisation à la haute
puissance (Association Mesucora) ;

- Les journées de la maintenance
(Société de Chimie Industrielle) ;

- Les nouvelles tendances des
méthodes spectrales et séparatives
(Association pour le Salon du
Laboratoire).

- Renseignements : Comexpo Paris,
55, quai Alphonse Le Gallo,
BP 317, 92107 Boulogne Cedex.
Tél. : 01.49.09.60.88.
Fax : 01.49.09.61.07.
E-mail :
industrie@comexpo-paris.com
<http://www.comexpo-paris.com>

18-20 mars 2001

Workshop 2001 des Jungchemikerforums der Gesellschaft Deutscher Chemiker

Leipzig (Allemagne)

- Renseignements : JCF, Thilo Hahn,
Sebastian Fritzsche.
Tél. : +49 (341) 9736 121.
E-mail : jcf@chemie.uni-leipzig.de
[http://www.uni-leipzig.de/
chemie/jcf](http://www.uni-leipzig.de/chemie/jcf)

22-23 mars 2001

19^e Journées de l'AFSIA : séchage et aéraluque

Poitiers

- Renseignements : AFSIA-ESCEP,
43, bd du 11 Novembre 1918,
BP 2077, 69616 Villeurbanne Cedex.
Tél. : 04.72.43.18.67.
Fax : 04.72.43.18.62.
E-mail :
desmorieux@lagep.univ-lyon1.fr

22-23 mars 2001

XXVII JEEP : Journées d'études des équilibres entre phases

Montpellier

- Date limite de soumission : 4/02/2001.
- Renseignements : XXVII Jeep,
Laboratoire de physicochimie
de la matière condensée, UMR 5617,
Université Montpellier II - CC 003,
34095 Montpellier Cedex 05.
Tél. : 04.67.14.33.55.
Fax : 04.67.14.42.90.
E-mail :
jeep2001@lpmc.univ-montp2.fr
[http://
www.lpmc.univ-montp2.fr/JEEP27](http://www.lpmc.univ-montp2.fr/JEEP27)

8-11 avril 2001

XIIth Global warming international Conference & Expo

Cambridge (Royaume-Uni)

- Renseignements : Global Warming
International Center (GWIC-USA).
Fax : +1 (630) 910 1561.
<http://www.GlobalWarming.net>

28-31 mai 2001

Gecat 2001

Oléron

Des contributions peuvent être

soumises sur les thèmes suivants :
- Apport de la chimie théorique à la catalyse.

- Relation entre les propriétés du support et les propriétés catalytiques.

- Nouvelles méthodes de caractérisation et d'évaluation des catalyseurs.

- Procédés catalytiques dans la valorisation de la biomasse.

D'autre part, deux conférences plénières porteront sur les piles à combustible et sur l'électrocatalyse.

Date limite de soumission : 10/01/2001.

- Renseignements : Institut Français du Pétrole, Laure Monties, Cinétique et catalyse - RH 10, 4, avenue de Bois-Préau, 92852 Rueil-Malmaison Cedex. Tél. : 01.47.52.60.14. Fax : 01.47.52.60.55. E-mail : laure.monties@ifp.fr

8-12 juillet 2001

4th G.-M. Schwab Symposium : European Conference series on catalysis

Berlin (Allemagne)

- Renseignements : Kirsten Müller, Dechema e.V., Congress Office, Theodor-Heuss-Allee 25, D-60486 Frankfurt am Main (Allemagne). Tél. : +49 (69) 7564 242. Fax : +49 (69) 7564 304. E-mail : mueller@dechema.de http://dechema.de/schwab

11-13 juillet 2001

Computational methods in toxicology and pharmacology integrating Internet resources

Bordeaux

- Renseignements : Alain Carpy, James Devillers, CMTPI-2001, LPTC-UMR 5472 CNRS, Université Bordeaux I, 351, cours de la Libération, 33405 Talence Cedex. Tél. : 05.56.84.89.45. Fax : 05.56.84.89.48. E-mail : cmtpi@lptc.u-bordeaux.fr http://www.lsmc.u-bordeaux.fr/CMTPI.html

15-20 juillet 2001

13th European Symposium on fluorine chemistry

Bordeaux

- Renseignements : ESFC-13, Institut de Chimie de la Matière Condensée (ICMCB-CNRS), 87, avenue du Dr A. Schweitzer, 33608 Pessac Cedex. Fax : 05.56.84.27.61. E-mail : fluor2001@icmcb.u-bordeaux.fr http://www.fluor2001.u-bordeaux.fr

22-26 juillet 2001

11th OMCOS -

International Symposium on organo-metallic chemistry directed towards organic synthesis

Taipei (Taiwan)

Deux bourses de voyage pourront être accordées à des étudiants en cours de thèse et deux bourses de voyage à des jeunes chercheurs et enseignants-chercheurs.

Les dossiers de candidature (lettre de motivation, CV, accord du directeur de laboratoire ou d'unité, titre probable de la communication + résumé (1 page), sont à faire parvenir avant le 15 janvier 2001 à M. Genet.

E-mail : genet@ext.jussieu.fr

- Renseignements : OMCOS-11, PO Box 23-114, Taipei 106 (Taiwan). Fax : +886 (2) 2364 4971. E-mail : omcos@ccms.ntu.edu.tw http://www.ch.ntu.edu.tw/omcos

23-27 juillet 2001

Conference VUV XIII : experimental studies of the interaction of ultraviolet and soft X-ray radiation

Trieste (Italie)

- Renseignements : Renato Gioppo. E-mail : renato.gioppo@elettra.trieste.it http://vuv13.elettra.trieste.it/

28 juillet-1 août 2001

6th International Symposium on carbanion chemistry (ISCC-6)

Marburg (Allemagne)

- Renseignements : G. Boche, ISCC-6, Fachbereich Chemie, Philipps-Universität Marburg, 35032 Marburg (Allemagne). Tél. : +49 6421-2822030. Fax : +49 6421-2828917. E-mail : iscc-6@sg1512.chemie.uni-marburg.de

30 juillet-4 août 2001

8^e Conférence internationale de chimie en Afrique - 2^e Congrès de l'AACPA

Dakar (Sénégal)

- Renseignements : Secrétariat de la 8^e Conférence Internationale de chimie en Afrique, Département de Chimie, Université Cheikh Anta Diop, Faculté des Sciences et Techniques, BP 5005 Dakar (Sénégal). Tél. : +221 824 81 87. Fax : +221 824 63 18. E-mail : sambab@ucad.sn

5-9 août 2001

14th International Symposium on olefin metathesis and related topics

Cambridge (Ma, États-Unis)

- Renseignements : R.R. Schrock, Dept of Chemistry 6-331, Massachusetts Institute of Technology, MA 02139 Cambridge (États-Unis). Tél. : +1 (617) 253 1596. Fax : +1 (617) 253 7670. E-mail : rrs@mit.edu http://web.mit.edu/rrs/isom

27-31 août 2001

AACI 2001 : 11th International Symposium advances and applications of chromatography in industry

Bratislava (Slovaquie)

- Renseignements : Josef Lehotay, Slovak University of Technology, Faculty of Chemical Technology, Dept of Analytical chemistry, Radlinského 9, 81237 Bratislava (Slovaquie). Tél. : +421 (7) 52926043. Fax : +421 (7) 52926043. E-mail : aaci@chtf.stuba.sk http://www.chtf.stuba.sk/AACI

3-6 septembre 2001

Silica 2001

Mulhouse

- Renseignements : B. Haidar, Institut de Chimie des Surfaces et Interfaces-CNRS, BP 2488, 68057 Mulhouse Cedex. Tél. : 03.89.60.88.06. Fax : 03.89.60.87.99. E-mail : B.Haidar@univ-mulhouse.fr

9-14 septembre 2001

6th International Conference on carbon dioxide utilization

Breckenridge (CO, États-Unis)

- Renseignements : ICCDU VI, National Renewable Energy Laboratory, 1617 Cole Boulevard, CO 80401-3393 Golden (États-Unis). Tél. : +1 (303) 384 6199. Fax : +1 (303) 384 6150. E-mail : iccdvii@nrel.gov http://www.nrel.gov/iccdvii

9-15 septembre 2001

Summer School in molecular physics and quantum chemistry

Oxford (Royaume-Uni)

- Renseignements : P.J. Grout, Physical and theoretical chemistry Laboratory, University of Oxford,

South Parks Road, OX1 3QZ Oxford (Royaume-Uni).

E-mail : mpqc@physchem.oxford.ac.uk http://physchem.ox.ac.uk/~pjj1/su mmer.html

23-27 septembre 2001

New perspectives on catalysis for sustainable chemical technologies

Pékin (Chine)

- Renseignements : Dehua H.E., State Key Lab. of C1 Chemical Technology, Dept of Chemistry, Tsinghua University, 100084 Pékin (Chine). Tél. : +86 10 62772592. Fax : +86 10 62770304. E-mail : COCL@mail.tsinghua.edu.cn http://www.tsinghua.edu.cn/docsn/dwjlx/meeting/conferen/

24-28 septembre 2001

Interkama 2001

Düsseldorf (Allemagne)

- Renseignements : Messe Düsseldorf GmbH, Postfach 10 10 06, 40001 Düsseldorf (Allemagne). Tél. : +49 211 45 60 01. Fax : +49 211 45 60 668. http://www.INTERKAMA.com

24-28 septembre 2001

ExHFT-5, 5th World Conference on experimental heat transfer, fluid mechanics and thermodynamics

Thessalonique (Grèce)

- Renseignements : Paolo Di Marco, University of Pisa, Department of Energetics, Via Diotisalvi 2, I-56126 Pise (Italie). Tél. : +39 (50) 569610. Fax : +39 (50) 569666. E-mail : p.dimarco@ing.unipi.it http://www.ing.unipi.it/exhft5

26-28 septembre 2001

Eurofoodchem XI - Biologically-active phytochemicals in food : analysis, metabolism, bioavailability and function

Norwich (Royaume-Uni)

- Renseignements : John Gibson, Eurofoodchem XI, Royal Society of Chemistry, Burlington House, Piccadilly, W1V 0BN Londres (Royaume-Uni). Tél. : +44 (20) 7437 8656. Fax : +44 (20) 7734 1227. E-mail : conferences@rsc.org http://www.chemsoc.org/gateway/fec57.htm

MESSAGE DU PRÉSIDENT

Ayant pris mes fonctions de président de la SFC à la suite du congrès de Rennes, il me paraît utile de faire le point avec vous sur les différents chantiers lancés par mes prédécesseurs, les présidents Julia et Desmarescaux.

• Le système européen de publications est aujourd'hui en phase de consolidation. *Chemistry* est un succès sur le plan scientifique avec un indice d'impact de l'ordre de 5, voisin de celui du *JACS*. *EurJOC*, avec ses 24 numéros par an, a cru de façon sensible. *EurJIC* croît à un rythme plus lent. Dans l'ensemble, tout se passe bien. L'année 2000 voit la naissance de deux nouveaux journaux, *ChemBioChem* et *ChemPhysChem*. Le premier constitue une tentative originale pour installer une revue de chimistes à l'interface chimie-biologie jusqu'à présent tenue par des revues de biologie très réputées. *ChemPhysChem* est la reprise à plus haut niveau du *Journal de Chimie Physique* et la présence française y est dominante. Les deux journaux sont portés par *Angewandte Chemie*, ce qui devrait leur assurer un maximum d'audience. Quatre numéros paraîtront en 2000, 12 en 2001, et les deux journaux seront indépendants en 2002. Tous deux représentent un pari un peu risqué, mais logique. La part de la SFC dans ce système est importante. Elle a acheté ou acheté des parts (*Chemistry*, *ChemBioChem*), elle a apporté ou apporte des titres (*BSCF* et *JCP* pour *EurJOC*, *EurJIC* et *ChemPhysChem*). Cette contribution a un coût financier élevé qui est la contrepartie de la présence française dans ces cinq revues.

• EDP Sciences est une autre histoire. Cette maison d'édition scientifique a été créée par nos collègues physiciens de la SFP. Nous avons récemment acquis 20 % du capital de cette entreprise. Nous disposons donc maintenant d'un bras opérationnel dans le domaine de l'édition. Nous allons nous en servir pour améliorer la diffusion de notre magazine d'information, *L'Actualité Chimique*, dont la progression en qualité a été notée par tous. Ce mouvement nous a également rapproché de nos amis physiciens, ce qui nous a permis d'installer la division de Chimie physique à cheval entre la SFC et la SFP, à la satisfaction de tous.

• Le troisième point concerne la mise à niveau du site Internet. Ce travail réalisé par Marie-Claude Vitorge et Igor Tkatchenko a permis la création d'un outil de qualité comprenant un journal d'information en ligne et une bourse d'emploi particulièrement utile pour les jeunes. Ces trois axes de développement de la SFC peuvent être considérés comme des investissements à long terme conditionnant la survie et l'utilité de la société dans le futur. Dans l'immédiat, ils se traduisent par des problèmes financiers non négligeables auxquels se rajoute le déficit important du congrès de SFC 2000 à Rennes. Ce dernier a été un beau succès scientifique, mais il n'a pas, et de loin, équilibré ses comptes. Face à cet ensemble de faits, ma liberté d'action est limitée.

Le programme des prochaines années sera donc de restaurer les équilibres financiers de la société, de poursuivre le développement du système

européen de publications avec, notamment, le lancement d'*EurJAC* successeur d'*Analisis*, et l'amélioration permanente du site Internet et de préparer le congrès SFC 2002 à Toulouse.

Comme vous le voyez, la SFC a fait et fera des efforts pour se rendre plus utile et plus visible. Je crois que la communauté des chimistes français doit, à son tour, faire un effort. Elle doit adhérer à la SFC et participer aux journaux européens. Même si nous, chimistes français, sommes foncièrement individualistes, nous devons regarder autour de nous pour nous rendre compte que, sans un renforcement de nos organisations représentatives, nous serons toujours perdants face à la concurrence. Les physiciens et les biologistes savent constituer des groupes de pression pour obtenir de gros instruments, nos concurrents anglo-saxons ont des sociétés chimiques puissantes et bien organisées, qui défendent et promeuvent leurs communautés respectives de façon efficace. Savez-vous que la communauté française a une production scientifique égale à celle des Anglais ? Mais la RSC est forte de 45 000 membres, c'est-à-dire dix fois plus que la SFC qui se situe au niveau de sa consœur finlandaise ! Il ne faut pas s'étonner dans ces conditions, que l'ACS, la RSC, et la GDCh ne considèrent les Français que comme quantité négligeable, ce qui, bien évidemment, représente un énorme handicap pour notre jeune génération de chimistes. A vous de méditer donc !

François Mathey
Président de la SFC

GRAND PRIX SFC/SCI

• Jean-Pierre Decor

Jean-Pierre Decor, 55 ans, est ingénieur ESCIL (1965), docteur ès sciences (1969, Lyon). Il a effectué toute sa carrière chez Rhône-Poulenc dans le domaine de l'agrochimie, carrière entrecoupée d'un stage post-doctoral à l'ETH (1979-1980, D. Arigoni), qui le conduit à occuper actuellement les postes de directeur scientifique et directeur général adjoint de Rhône-Poulenc-Santé végétale et animale et à être administrateur de Rhône-Poulenc Inc.

Son activité scientifique concerne la synthèse multi-étapes de molécules actives, d'abord pour l'alimentation animale (vitamine A, collaboration avec Marc Julia), puis pour la protection des plantes : phéromones (collaboration avec Charles Descoins), herbicides (Diflufenican, Flurtamone, Isoxaflutole), fongicides (Bromoconazole, Triconazole, RPA 407213), insecticides

(Fipronil, Ethiprole). Ces trois dernières familles de produits engendrent un chiffre d'affaires de plus de 4,5 GF pour R-P Agro.

Elle est doublée de très importantes actions d'orientation de la recherche de base, de développement de nouvelles approches (e.g. intégration de l'approche génétique, (bio)compatibilité avec l'environnement) et techniques (e.g. chimie combinatoire, méthodes de criblage) qui ont également conduit à la mise en place d'un réseau de collaborations avec les grands organismes de recherche (CEA, CNRS, INRA), puis au lancement du programme Bioavenir. Les efforts déployés par Jean-Pierre Decor ont très certainement contribué à la position forte de Rhône-Poulenc dans le domaine de la santé végétale. Il est membre de l'Académie d'Agriculture, du conseil d'administration de l'ENSC Montpellier, de CPE Lyon, magistère chimie-biologie de l'université Louis Pasteur, et auteur d'un vingtaine de brevets combinant synthèse organique et fort impact industriel.

DIVISIONS

Prix des divisions 2000

L'annonce des Grands Prix (prix Le Bel et prix Sue), des prix binationaux, des prix SCPS de technologie et des prix décernés par la division Chimie organique est parue dans le numéro d'octobre 2000 (p. 54-56).

Catalyse

• Frédéric Thibault-Starzyk

Chimiste organicien de formation, Frédéric Thibault-Starzyk a préparé son doctorat sur la synthèse de nouveaux antiviraux potentiels dans le laboratoire de chimie moléculaire et thio-organique de Caen. Il s'est ensuite initié aux zéolithes et à la catalyse redox dans le laboratoire de Pierre Jacobs à Louvain (Belgique), puis, en 1994, il est entré comme chargé de recherche au Laboratoire

de catalyse et spectrochimie de Caen. Après avoir maîtrisé les aspects fondamentaux et pratiques de la spectrométrie infrarouge appliquée à la caractérisation des catalyseurs, Frédéric Thibault-Starzyk a proposé de nombreuses idées originales, en particulier, l'utilisation de la spectroscopie de corrélation 2D, ce qui permet l'identification des différents modes d'adsorption ou des différentes espèces chimiques en présence dans des mélanges de réactifs au contact de catalyseurs solides. Cette méthodologie est appelée à des développements importants. Frédéric Thibault-Starzyk s'intéresse, actuellement, à une extension de la spectroscopie 2D basée sur une modulation de pression, la PMAS-IR (spectroscopie infrarouge en modulation de pression des espèces adsorbées).

Chimie analytique

(cf. l'appel à candidature ci-après).

Chimie de coordination

(en cours d'attribution).

Chimie organique

• Jean-Marie Beau

Prix pour un universitaire
(*L'Act. Chim.*, octobre 2000, p. 55).

• Alain Commerçon

Prix pour un industriel
(*L'Act. Chim.*, octobre 2000, p. 55).

• Frédéric Coutrot

Prix de thèse
(*L'Act. Chim.*, octobre 2000, p. 56).

Chimie physique

• Prix de division : Richard Taieb

Richard Taieb est chargé de recherche au CNRS (Laboratoire de chimie physique, matière et rayonnement, université Paris VI). Le prix lui a été attribué pour ses travaux sur la modélisation des impulsions laser X ultracourtes et leur interaction avec la matière.

Lors de son stage postdoctoral, Richard Taieb a travaillé, avec Peter Zoller, sur les atomes froids, études réalisées au JILA.

Au cours de ces dernières années, il s'est intéressé à la possibilité du point de vue théorique d'utiliser des sources harmoniques comme moyen d'exploration des interactions atome-laser intense. A propos des transitions d'ionisation à deux « couleurs » par superposition d'un laser infrarouge et d'un ou plusieurs de ses harmoniques, le travail de Richard Taieb et, en particulier, la méthode de détermination de la phase relative des harmoniques, est d'une grande importance pour la caractérisation temporelle des impulsions X fem-

toseconde et des futures impulsions attoseconde. Sur la théorie de la génération d'harmoniques, il faut souligner particulièrement son approche originale par une analyse en ondelettes et son travail sur la modélisation de la génération d'harmoniques par interaction d'un laser intense avec des agrégats atomiques qui sont aussi d'un grand intérêt dans la perspective de la réalisation de sources X par interaction laser/plasma.

L'étude des collisions (e2e) en présence d'un champ laser qu'il a menée trouvera toute sa signification dans le contexte de l'application de la méthode de mesure du recul des ions (COLTRIMS) actuellement appliquée par plusieurs groupes expérimentaux en Allemagne aux problèmes d'interaction atome/champ intense, méthode qui permet d'espérer détecter aisément ce processus resté élastique à une ou deux exceptions près.

Les intensités laser atteintes couramment au laboratoire aujourd'hui nécessitent une approche relativiste et la résolution de l'équation de Dirac. Les méthodes originales analytiques et numériques développées par R. Taieb dans ce but ont déjà démontré leur efficacité dans différents problèmes dont la diffusion de Mott en présence d'un champ laser.

• Prix de thèse : Isabelle Texier

Ce prix a été attribué à Isabelle Texier pour ses travaux sur les mécanismes de photocatalyse liée aux problèmes environnementaux. Ils ont été réalisés au PPSM, à l'ENS Cachan, sous la direction de Jacques Delaire, et à l'ICSN de Gif-sur-Yvette, en collaboration avec Charles Giannotti.

Isabelle Texier vient de terminer un stage postdoctoral au Centro de Quimica Fisica Molecular de l'Instituto Superior Tecnico de Lisbonne, consacré à l'étude photophysique et photochimique de fullerènes et dérivés.

La thèse d'Isabelle Texier sur l'activité photocatalytique du decatungstate de sodium constitue une démonstration exemplaire de l'importance de la chimie physique fondamentale dans la résolution des problèmes de dépollution des eaux, aux enjeux économiques et écologiques de première importance. De surcroît, la thèse illustre parfaitement une recherche aboutie. Aucun aspect n'a été laissé de côté, depuis l'étude fondamentale du mécanisme primaire à l'échelle moléculaire à l'aide de technologies de pointe jusqu'aux applications directes à la photodégradation solaire de pesticides sur le site de la plate-forme solaire d'Almeria en Espagne. Entre ces deux extrêmes, l'étude fouillée du mécanisme photocatalytique en présence d'une grande variété de substrats a permis d'identifier clairement le rôle de deux classes de réactions, le transfert d'électron ou l'arrachement d'hydrogène.

Chimie du solide

• Antoine Maignan

Directeur de recherche au CNRS, Antoine Maignan, 37 ans, a fait toute sa carrière scienti-

fique à Caen au laboratoire Crismat (Bernard Raveau). Son domaine scientifique est celui des oxydes des métaux de transition à propriétés électroniques particulières, aux confins entre physique et chimie du solide bien que sa thèse (1988) portât en fait sur des alliages amorphes étudiés pour leur comportement magnétostrictif.

On lui doit, avec tout le groupe du Crismat, la découverte de très nombreuses phases supraconductrices à haute température critique ($T_c > 100$ K) parmi les cuprates à base de thallium de plomb ou de mercure, mais aussi celle des oxycarbonates dérivés, démontrant à cette occasion ses qualités de chimiste sensible à la réactivité à l'air des oxydes quelquefois manipulés par d'autres avec un peu de désinvolture...

Depuis 1994, ses travaux s'orientent surtout vers les manganites à magnétorésistance géante et à leur caractérisation physique, en relation avec certains comportements de type verre de spins.

Chercheur extrêmement fécond, A. Maignan illustre parfaitement le rôle d'interface que doit jouer le chimiste du solide avec la physique, à la fois par une approche plus structurale, voire nanostructurale, et par la création de nouvelles phases bien choisies destinées à faire progresser notre connaissance de l'état solide, dans toute sa complexe diversité.

Matériaux polymères et élastomères

• Bernadette Charleux

Bernadette Charleux (36 ans), médaille de bronze du CNRS en 1997, est chargée de recherche au CNRS (Laboratoire de chimie macromoléculaire, Paris VI).

Lors de son entrée au CNRS, le thème majeur qui a été confié à B. Charleux a été l'étude des aspects fondamentaux de la polymérisation cationique des alcènes : étude des mécanismes et de la cinétique des réactions de polymérisation rapides, essentiellement par l'utilisation de la technique du flux stoppé pour laquelle un appareillage unique a été développé au laboratoire. Les travaux ont débuté avec l'étude de la polymérisation cationique conventionnelle et le monomère utilisé alors était le styrène. Toutes les étapes élémentaires de la polymérisation ont été analysées et les constantes de vitesse ont été mesurées. Actuellement, une collaboration avec R. Faust (université du Massachusetts, Lowell) et H. Mayr (université de Munich) s'est mise en place. L'objectif commun est de déterminer avec précision les constantes de vitesse et d'équilibre des diverses étapes élémentaires de la polymérisation, à savoir l'ionisation réversible, la propagation, les différents transferts et terminaisons.

Le second volet de l'activité de B. Charleux concerne la polymérisation radicalaire et la polymérisation en milieu aqueux dispersé. En ce qui concerne la polymérisation radicalaire en milieu homogène, il s'agit principalement de polymérisation contrôlée. Ses travaux les plus approfondis dans ce domaine ne concernent toutefois pas la

polymérisation en milieu homogène, mais la polymérisation en milieu dispersé. C'est là une voie originale empruntée. Elle nécessite de bien connaître à la fois la polymérisation radicalaire contrôlée, mais aussi les aspects fondamentaux de la polymérisation en milieu dispersé, deux compétences qui sont rarement réunies au sein d'un même laboratoire.

La polymérisation radicalaire classique en émulsion occupe bien évidemment une large place. Des aspects très variés sont abordés, certains allant de la compréhension fondamentale à l'élaboration de matériaux à fort potentiel industriel. Deux thèmes principaux sont actuellement étudiés. Le premier concerne la synthèse de latex fonctionnalisés capables de filmifier et de réticuler à température ambiante. Le second s'intéresse au développement de nouveaux tensioactifs macromoléculaires capables non seulement de stabiliser les particules de latex mais aussi de jouer un rôle nouveau dans l'étape de nucléation. B. Charleux a étudié également la synthèse de latex pour application cosmétique, la synthèse de matériaux de revêtement pour des applications optiques, et la synthèse et l'évaluation de tensioactifs polymérisables.

Commission interdivisions Enseignement

• Alain Fritsch

Alain Fritsch, 36 ans, est maître de conférences à l'université de Bordeaux I. Il exerce ses activités de recherche en chimie théorique au Laboratoire de physico-chimie théorique (J. C. Rayez).

Le Prix de la Commission interdivisions Enseignement récompense ses activités de nature pédagogique dans la production de documents multimédia pour l'enseignement de la chimie.

Ces travaux ont été réalisés dans le cadre du projet premier cycle sur mesure (PCSM) ou université en ligne, piloté par le RUCA (Réseau universitaire des centres d'autoformation), financé par le ministère de l'Éducation nationale. Ce projet vise à offrir aux universités francophones une collection de ressources pédagogiques multimédia de cours interactifs et d'exercices couvrant les programmes de premier cycle en sciences de la matière. Ces ressources sont accessibles sur les réseaux Internet ou Intranet via un navigateur de type Netscape ou Explorer. Plusieurs centres ont participé à ce projet et la contribution d'Alain Fritsch a porté sur le développement d'un module de cours et d'exercices en ligne sur la structure de la matière (atomistique et liaison chimique) de niveau DEUG, filière sciences de la matière. Comme responsable de projet, il a assuré la conception et la production de ce module, assisté en cela par une équipe de 10 enseignants et un ingénieur de production multimédia recruté à cet effet par l'université Bordeaux I. Du point de vue technique, le module est réalisé au format HTML avec utilisation des technologies Flash et Quicktime pour les parties animées. La partie graphique fait largement appel aux représenta-

tions tridimensionnelles, notamment pour tout ce qui a trait aux orbitales atomiques et moléculaires ainsi qu'aux modèles moléculaires et cristallins.

Par ailleurs, Alain Fritsch co-dirige la cellule de développement du campus numérique de Bordeaux I et de son serveur de formation Ulysse.

Chimie analytique

Appel à candidature

Le Prix 2000 de la division Chimie analytique de la Société Française de Chimie, d'un montant de 10 000 FF, est ouvert à tous les chimistes.

Le lauréat est choisi pour :

- la qualité de ses travaux en chimie analytique,
- l'ampleur des applications instrumentales ou industrielles,
- les retombées potentielles.

Les dossiers de candidature doivent contenir :

- une courte description de la carrière du candidat (nom, prénom, diplômes, distinctions, etc.),
- une description de son travail scientifique faisant ressortir l'originalité des travaux présentés et les applications,
- un tiré à part des 2 contributions scientifiques jugées comme les plus représentatives,
- les indications d'activité d'intérêt collectif en vue de promouvoir la chimie analytique : formation, organisation de colloques, séminaires ou journées d'étude, participation active à des associations scientifiques, etc.

Les dossiers de candidature doivent être envoyés avant le 31 décembre 2000 à Patrick Arpino.

- Patrick Arpino, Division Chimie analytique, Société Française de Chimie, 250, rue Saint-Jacques, 75005 Paris. E-mail : p.arpino@sfc.fr

SECTIONS

Alsace-Mulhouse

Plantes et chimie

La section Alsace-Mulhouse a organisé le 12 octobre une journée sur le thème « Plantes et chimie », illustrée par trois conférences :

- *Les produits naturels issus de la chimie combinatoire du Bon Dieu*, par P. Potier (membre de l'Institut, directeur émérite de l'Institut de Chimie des Substances Naturelles du CNRS).
- *Utilisation de l'amidon comme source de produits chimiques*, par Ph. Looten (responsable département analytique recherche, Roquette).
- *Phytochimie et conservation des espèces végétales*, par J.P. Reduron (responsable du Conservatoire botanique de Mulhouse) et B. Muckensturm (directeur du Laboratoire de phytochimie, ENSCMu).

La section Alsace-Mulhouse tient à remercier les conférenciers qui, par leurs enthousiasmes et la qualité de leurs prestations, ont fait de cette journée thématique un grand succès.

- Ph. Dumas, Josiane Paytavi, École Nationale Supérieure de Chimie de Mulhouse, Laboratoire de chimie macromoléculaire, 3, rue Alfred Werner, 68093 Mulhouse Cedex. Tél. : 03.89.33.68.48. Fax : 03.89.33.68.54.

PARRAINAGES

Séminaire mensuel d'électrochimie 2000/2001

Bordeaux

Le groupe d'électrochimie du LACReM organise, comme les quatre années précédentes sous le parrainage de la section Aquitaine de la Société Française de Chimie et avec le soutien financier de l'ENSCP, un cycle de séminaires sur différents aspects de l'électrochimie.

Les séminaires auront lieu dans la salle de TD d'électrochimie à l'École Nationale Supérieure de Chimie et de Physique de Bordeaux et seront accompagnés de rafraîchissements.

- **11 janvier à 14 h** : *Électro-dépollution d'effluents industriels contenant des métaux lourds*, par Claude Lahitte (EDF).
- **15 février à 14 h** : *L'électrochimie : un outil pour la reconnaissance moléculaire à l'aide de métallo-dendrimères*, par Didier Astruc (LCOO).
- **8 mars à 14 h** : *Les nitrofluorénone : nouvelle génération de médiateurs redox pour l'élaboration de biocapteurs*, par Nicolas Mano (LACReM).
- **5 avril à 14 h** : *Nanostructures made simple. The use of self assembled templates and electrochemistry to make nanostructured materials and devices*, par Philippe Bartlett (université de Southampton).
- **10 mai à 14 h** : *Ultramicroélectrodes, nouvelles perspectives et nouveaux enjeux*, par Christian Amatore (École Normale Supérieure).
- **21 juin à 14 h** : *Croissance électrochimique de films métalliques à l'interface air/liquide*, par Raphaël Saliba, CRPP.

- Renseignements : Alexander Kuhn. Tél. : 05.56.84.65.73. E-mail : kuhn@enscpb.u-bordeaux.fr <http://www.enscpb.u-bordeaux.fr/lacrem>

ANALYSIS European Journal of Analytical Chemistry (EurJAC)

Sommaire du n° 7/2000

Chemometrics 2000

- For unitary « theory » of Chemometrics, by J.R. Chrétien.
- Boolean experimental designs, by J. Goupy.
- Central composite design and optimization by multiresponse analysis of octacalcium phosphate synthesis, by J.-C. Heughebaert, A. Lebugle,

- F. Vu, R. Phan-Tan-Luu.
- Desirability approach for optimisation of electrothermal atomic absorption spectrometry factors in iron determinations, by S. Salomon, P. Giamarchi, A. Le Bihan.
 - Experimental design optimization of chromatographic separation for polycyclic aromatic hydrocarbons in vegetable oils, by A.-M. Dorthe, L.-L. Ramberti, A. Thienpont.
 - Development of an HPLC method for the determination of phenolic by-products : optimisation of the separation by means of the experimental designs methodology, by B. Motamed, J.-L. Böhm, D. Hennequin, H. Texier, R. Mosrati, D. Barillier.
 - Modeling properties of water-based paints dried by microwaves from the design and analysis of a mixture-process experiment, by S. Barra, F. Boulanger, A. Trapani, D. Cabrol-Bass.
 - Characterisation of the staphylococcal enterotoxin research method in a dairy product, by L. Macaluso, C. Lapeyre.
 - « Chemometrics » applied to the optimization of the preparation of hydrotopes for detergents starting from BTX fraction of natural gas, by A. Kamoun, M. Châabouni.
 - Prediction of odours of aliphatic alcohols and carbonylated compounds using fuzzy partition and self organising maps (SOM), by K. Audouze, F. Ros, M. Pintore, J.R. Chrétien.
 - Quantitative gas detection with semiconductor micro-sensors and chemometrics, by P. Breuil, N. Perdreau, C. Pijolat.
 - 3D quantitative structure activity relationships

with CoRSA. Comparative receptor surface analysis. Application to calcium channel agonists, by O. Ivanciuc, T. Ivanciuc, D. Cabrol-Bass.

PLIS CACHETÉS

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

- Le 19 octobre 2000, de M. R.S. Jackson (Rhodia Chimie et Rhodisa Silicones), enregistré sous le n° 359.

- Le 19 octobre 2000, de MM J.-R. Desmurs, G. Mignani et Mme Lucile Gambut (Rhodia Chimie et Rhodisa Silicones), enregistré sous le n° 360.

LES JOURNÉES D'ÉTUDES DES POLYMÈRES (JEPO XXVIII)

Mèze, 1-6 octobre 2000

Selon les traditions du Groupement Français d'Études et d'Application des Polymères (GFP), les Journées d'études des polymères (JEPO), organisées chaque année depuis plus d'un quart de siècle en des lieux différents, ont pour but de favoriser les échanges entre jeunes chercheurs et chercheurs confirmés venant de l'université et de l'industrie dans des domaines tant fondamentaux que finalisés ou appliqués. Les JEPO permettent aux jeunes participants d'exposer, de discuter et de mettre en valeur leurs premiers travaux. La règle de ces journées est la présentation orale obligatoire, c'est pourquoi la fréquentation est volontairement limitée à 50 participants. Enfin, la présence de seniors permet d'animer les débats ; il leur est demandé de faire des conférences illustrant quelques thèmes d'actualité.

Les JEPO ont la particularité d'être un forum où tous les aspects de la science des polymères sont représentés : synthèse chimique, caractérisation, propriétés physico-chimiques, théories, simulations, procédés, applications, etc. A vocation nationale, elles rassemblent les représentants universitaires français et les grandes firmes du pays impliquées dans ce vaste domaine. Les JEPO permettent ainsi de faire le point sur l'état d'avancement des laboratoires par des communications faites en français.

Les 28^e journées n'ont pas failli à ces règles. Elles se sont déroulées à Mèze (Hérault) dans le complexe « Maison du temps libre/Village-Vacances Thalassa » et ont réuni 49 participants (41 doctorants + 8 docteurs d'université). Des conférenciers invités au nombre de 7 se sont

joint à cette semaine consacrée aux polymères dans le sens le plus général.

Bien que tous les thèmes soient ouverts aux JEPO, ces journées ont principalement reflété les thématiques porteuses dans notre communauté actuelle (polymérisation radicalaire contrôlée, polymères fluorés, polymères fonctionnalisés, stabilité des polymères sous diverses contraintes, etc.).

Les débats (et il y en eut, les jeunes n'hésitant pas à dire tout haut ce que la majorité pense tout bas !) se sont terminés par une table ronde voulue par les organisateurs. En effet, beaucoup de membres du GFP ont assimilé JEPO avec « réunion de doctorants ». Cela pose le problème de la participation des jeunes docteurs dans les activités même du GFP (la question a été posée à la Réunion nationale des jeunes polyméristes - RNJP 2000 - tenue à Poitiers au printemps dernier). Pour tenir compte de ces doléances, le comité d'organisation a essayé de changer le cap par une publicité faite auprès des participants de RNJP 2000, ce qui s'est traduit par la présence de 8 docteurs parmi les jeunes participants. Ce nombre était-il trop ou pas assez important ? La réponse de l'auditoire a été claire. La proportion semble bonne car elle permet de bonnes discussions entre doctorants et jeunes docteurs à la fois sur les problèmes scientifiques mais aussi sur les problèmes de carrière. De plus, les doctorants ont émis le souhait que leur accès aux JEPO ne soit pas défavorisé au profit des jeunes docteurs car cela semble être la seule manifestation nationale à laquelle ils peuvent participer en tant que doc-

torants (un message à l'attention des futurs organisateurs !).

Au niveau de l'organisation des JEPO, il faut souligner que la présence permanente des membres de l'industrie est problématique. Cette année, nos collègues de BP Lavéra qui avaient accueilli la section locale GFP-Méditerranée au début de cette année ont exploité une solution originale. Ainsi, une conférencière de la société a participé le lundi, des collègues étant présents par roulement les autres jours de la semaine. Cette initiative mérite d'être soulignée.

L'ambiance hors session a été toute aussi animée que les sessions scientifiques grâce à un apéritif d'accueil autour d'une barque d'huîtres offertes par la Mairie de Mèze, puis une brasucade (moules grillées dans un feu de sarments de vigne) copieusement arrosée par une mixture locale, et un repas amélioré d'un excellent niveau qui a permis de découvrir les spécialités locales. Enfin, le mercredi après-midi a été consacré à une excursion en bateau sur l'étang de Thau et à une visite des chais de Noilly Prat sous un soleil digne de notre région.

L'année prochaine, les JEPO seront à Clermont-Ferrand. Bonne chance aux organisateurs.

Pour le comité d'organisation

Christian Braud

secrétaire de JEPO XXVIII

E-mail : braud@pharma.univ-montp1.fr

SYMPOSIUM SIGMA-ALDRICH JEUNES CHIMISTES 2000

Aix-en-Provence, 11-13 octobre 2000

Les 11, 12 et 13 octobre derniers a eu lieu la première édition du Symposium Sigma-Aldrich Jeunes Chimistes (SAJEC 2000), organisé par le club jeunes SFC PACA. Ces journées se sont déroulées près d'Aix-en-Provence, au centre de séminaires de la Baume, dans un cadre très accueillant.

Ce congrès, parrainé par la société Sigma-Aldrich, avec le soutien de la division Chimie organique de la SFC, était une première en France, mais le concept avait déjà fait ses preuves en Belgique et en Allemagne. L'idée est simple : donner l'opportunité à de jeunes chimistes d'organiser un congrès destiné aux jeunes.

Tout a commencé il y a moins d'un an, lorsque Sigma-Aldrich a confié à la division Chimie organique de la SFC le soin de choisir l'un de ses clubs de jeunes, afin d'organiser un congrès scientifique. Dans le même temps, le club de jeunes SFC PACA, n'existant que par l'antenne de Nice, prouvait sa volonté de s'impliquer davantage dans la promotion de la chimie dans la région, en créant une antenne à Marseille.

L'organisation d'un tel projet par le club de jeunes PACA a été l'occasion rêvée de dynamiser l'équipe et de lancer réellement le club à Marseille. Dès lors, un comité d'organisation de 18 thésards s'est constitué. Le club a eu carte blanche pour l'organisation du Symposium, depuis la création du nom SAJEC, le choix du lieu, de la date, des conférenciers, jusqu'à la création d'une mascotte, le CHIMIX !

L'objectif initial était de donner la parole à de jeunes chimistes, qu'ils soient doctorants, jeunes docteurs, jeunes maîtres de conférences, chargés de recherche CNRS et industriels.

120 participants, provenant de toute la France, se sont donc réunis autour de 7 conférences, 16 communications orales et trois sessions de communications par affiches. Il faut noter la présence de l'Italie avec la conférence de Mauro-Comes Franchini. Les organisateurs ont décidé d'articuler ces journées autour de trois thèmes : catalyse, interface chimie-biologie et chimie verte.

Les conférenciers étaient les suivants :

- Michel Picquet (Dijon) : *Fermeture de cycles par métathèse d'oléfine : progrès récents dans la chimie du ruthénium.*
- Jean-Michel Brunel (Marseille) : *Nouveaux composés oxyde d'o-hydroxyaryloxyphosphines chiraux. Synthèse et application en catalyse énantioselective.*



Chimix, mascotte de la SAJEC.

- Catherine Belle (Grenoble) : *Complexes bimétalliques, modèles biomimétiques de métalloenzymes.*
- Philippe Dauban (Gif-sur-Yvette) : *Les aziridines : de nouvelles ouvertures vers la chimie médicinale.*
- Alain Wagner (Strasbourg) : *Liberté conditionnelle pour molécules supportées.*
- Catherine Santaella (CEA Cadarache) : *Développement de nouvelles polyamines comme vecteurs de transfert de gènes pour la thérapie génique : synthèse et efficacité de transfection.*
- Mauro-Comes Franchini (Bologne-Italie) : *Environmental friendly organometallics as stoichiometric reagents and catalysts and their use in the selective organic synthesis.*

Les échanges scientifiques ont été riches et constructifs tant par les exposés oraux et les débats qu'ils ont suscités que par les discussions autour des affiches.

Les participants ont pu s'informer et prendre contact avec les industriels dès le premier soir, avec une table ronde sur le thème « *Quel avenir en chimie ?* ».

Afin d'animer ce débat étaient présents :

- M. Diaz (Galderma)
- Mme Lane (Delta France)
- Mme Leray (Association Bernard Gregory)
- M. Micol (Sigma-Aldrich)
- M. Parenti (Sigma-Aldrich)
- M. Simonato (Rhodia)
- M. Tiliacos (Provence Technologie).

L'objectif était de permettre aux jeunes chimistes et futurs docteurs de dialoguer directement avec les industriels et de profiter de leur expérience. Ceux-ci ont pu les informer sur les différentes carrières qui s'offrent à eux dans le monde extra-universitaire. Les participants ont pu ainsi voir que, outre les postes de chercheurs dans l'industrie, des carrières dans les domaines de la vente et du marketing ne leur étaient pas fermées.

Tous les participants se sont accordés à dire que tant les conférences que les communications orales et par affiche ont été d'un bon niveau scientifique. De plus, ils ont souligné que le nombre limité de participants avait contribué à la quantité et à la qualité de ces échanges, ceci dans une ambiance conviviale et chaleureuse.

Tous les membres du comité d'organisation, pour lesquels ce projet a été une expérience très enrichissante, remercient encore toutes les personnes qui ont contribué au succès du SAJEC.

La voie est ouverte pour qu'un autre club jeunes de la SFC renouvelle l'expérience et saisisse cette chance rarement donnée aux doctorants de gérer en toute liberté un tel projet. Nous vous donnons donc rendez-vous pour le prochain SAJEC qui aura lieu l'année prochaine.

**Philippe Maurin
Laurence Wavrin**

pour le comité d'organisation



Contact : Roselyne Messal, SFC.
Tél. : 01.40.76.71.64.
Confidentialité assurée.

Offres dans l'industrie

Un groupe industriel d'envergure internationale spécialisé dans le domaine des matériaux de construction, recherche pour son site proche de Lyon :

• 97411 - Ingénieur en technologies des poudres

Le poste est rattaché au chef du département Mortiers-chape-peintures-structure.
Déplacements en France et/ou étranger occasionnels.

Profil du candidat :

- 35 à 45 ans.
- Ingénieur chimiste et docteur en génie des poudres ou chimie de l'interface.
- Cinq années d'expérience minimum en technologie et génie des poudres.
Expérience orientée vers :
 - l'identification des outils pilotes nécessaires à l'extrapolation de concepts laboratoire (granulats ...),
 - la détermination des actionneurs process pour maîtriser la réactivité de surface des poudres,
 - le développement des processus et la détermination des paramètres scientifiques pour dimensionner ou apprécier les outils industriels pour les matériaux pulvérulents.
 - Expérience du management et de l'animation d'équipes souhaitée.
- **Anglais courant.**

• 97412 - Responsable de projet, interactions minéraux organiques

Le poste est rattaché au directeur de département.
Déplacements en France et à l'étranger de courte durée.

Profil du candidat :

- 35 à 45 ans environ (l'âge n'est pas déterminant en soi si l'expérience est très proche du profil recherché).
- **Ingénieur chimiste** avec une bonne connaissance des interactions entre les molécules organiques et les « médias » inorganiques (l'expérience prévaudra) et **doctorat**.
- Expérience : 5 ans minimum en milieu industriel et international avec une compétence confirmée en management de projet industriel et personnel. Ceci idéalement au sein d'un bureau d'études dans l'industrie cimentière, dans l'industrie de process continu ou dans une grande société d'ingénierie intervenant pour ce type d'industrie, mais cela peut être dans les secteurs raffinage, métallurgie, verrerie, carrière de matériaux. Le responsable de projet interactions minéraux organiques possède dans tous les cas une bonne culture dans la formulation de produit scientifique et

un historique de sa créativité et de sa réussite scientifique.

- La conduite de projets et l'habileté à communiquer sont essentielles.
- Une bonne connaissance du travail sur les systèmes de **bases de données** informatiques est hautement recommandée, voire impérative. Une expérience précédente dans l'utilisation de la chimie organique additive pour modifier les matériaux de construction inorganique tel que le ciment ou gypse serait souhaitable mais non impérative.
- Pratique de la gestion.
- **Anglais courant.**

• 97413 - Rhéologue confirmé

Le poste est rattaché à la direction du département.
Déplacements en France et à l'étranger de courte durée.

Profil du candidat :

- 30/40 ans.
- **Ingénieur mécanique des fluides ou ingénieur physicien, ou docteur en physique-chimie.**
- Expérience : deux années minimum dans un environnement international.
- Pratique de la rhéologie et capacité à travailler avec une équipe pluridisciplinaire dans les domaines technique et chimique (spécialistes chimistes, minéralogues et/ou micro mécaniciens) mais également marketing et production.
- Habileté mathématique, capacité à formaliser de manière physique et mathématique les principales réactions des matériaux.
- Pratique de la conduite de projets de recherche sur la compréhension scientifique des matériaux bruts, de la formulation et du développement de paramètres.
- Pratique du développement de nouveaux produits ou de l'amélioration de produits existants à base de liants hydrauliques (ciment ou gypse).
- Forte pratique du travail et de l'animation d'équipes projets.
- Faire preuve de conviction et de communication, capacité à coordonner plusieurs projets simultanément.
- Pratique, et expérience de la gestion dans un environnement international.

97414 - Project manager position in hydrogen storage

Located in the south part of France, this private research center funded by an international company is now entering the field of energy storage. The decision taken to reinforce the actual department involved in the design of fuel cell related components by adding complementary studies on hydrogen storage devices, gives a unique opportunity to high skilled researchers to work in a very motivated environment with a high level of freedom.

His client is ready to listen to researchers able to pro-

Club « Objectif emploi »

La « Bourse de l'emploi » d'Ile-de-France souhaite relancer, à partir de janvier 2001, le club « Objectif emploi » regroupant des demandeurs d'emploi volontaires pour des rencontres régulières ayant pour thèmes : la rédaction du CV, la lettre de motivation, la préparation à l'entretien d'embauche. Selon le thème proposé, des membres de la SFC, ayant des responsabilités dans ce domaine, participeront aux réunions.

- **Contact : Nathalie Boucton.**
Tél. : 01.41.31.38.15 ou 06.60.74.81.16.
E-mail : nboucton@libertysurf.fr

mote and to investigate his own innovative idea in the above mentioned domain (H₂ storage system, with high capacity and simple operating conditions). His client offer a project manager position with the possibility to create a complete team and a brand new laboratory. The candidate responsibility will be to initiate the R and D activities in this field, to identify the required level of understanding necessary to become a leader in this field, to propose the budget (human resources, equipment...), to promote the activity and to report to the top management.

Profile : 35-50 years old, high skill to manage research projects, solid **knowledge in physico-chemistry and thermodynamics.**

97416 - Chef de poste

Un grand groupe recherche pour son établissement situé en Moselle (1 500 personnes) un chef de poste.

Missions :

- Mettre en œuvre les moyens nécessaires pour assurer dans un poste la bonne marche d'une unité, à conduite complexe, dans le respect des consignes d'exploitation et de sécurité, en particulier :
 - assurer la production en tonnage, qualité et coût,
 - organiser et coordonner le travail d'une équipe,
 - décider, après analyse, de faire appel aux services techniques.
- Détecter les dérives et faire prendre des mesures préventives évitant ainsi des incidents à coût économique élevé.
- En cas d'anomalie ou d'incident :
 - prendre les mesures d'urgence nécessaires et alerter la hiérarchie,
 - diriger les équipes d'intervention concernées.
- Rédiger le rapport de marche de l'unité et rendre compte oralement du déroulement de son poste.
- En cas de dysfonctionnement, être capable de prendre les mesures concourant à la minimisation des coûts.

Profil

- De formation **bac + 2**, avec au minimum une expérience réussie de chef de poste dans l'industrie chimique.

Auteurs

- Abert M.**, voir Barthélémy P. (7-8, p. 32).
Alagui A., voir Barlet R. (10, p. 28).
Alayrac C., voir Metzner P. (3, p. 54).
Albouy A., La substitution des chlorofluorocarbures dans les mousses rigides de polyuréthane (4, p. 20).
Ameduri B., Polymères fluorés : synthèses, propriétés et applications (2, p. 23).
Antic-Fidancev E., 8^e Rencontres marocaines sur la chimie de l'état solide (REMCES 8), Tétouan (Maroc), 27-29 octobre 1999 (4, p. 39)/Rencontre franco-espagnole sur la chimie et la physique de l'état solide, Carcans-Maubuisson, 23-27 mars 2000 (7-8, p. 76).
Antonik S., Relations entre paramètres cinétiques et grandeurs thermodynamiques. Cas des réactions réversibles, se produisant en phase gazeuse, sans variation de volume (10, p. 33).
Asfari Z., Des machines moléculaires (3, p. 5).
Attias A.-J., Apport des matériaux organiques en optoélectronique. Illustration au moyen d'une nouvelle famille de composés « multifonctionnels » à base de 3,3'-bipyridine (3, p. 12).
Authier B., Il y a de la chimie dans l'air (4, p. 50).
Balme G., Réactions en cascade catalysées par des complexes de palladium. Nouvelles stratégies pour la chimie combinatoire (9, p. 15).
Barlet R., Contrôle des paramètres directeurs dans la compétition entre élimination et substitution dans le traitement des alcools tertiaires par HX. Un exemple de transposition didactique en chimie organique dans l'enseignement expérimental (10, p. 28).
Barthélémy P., Mise en place d'un protocole expérimental assisté par ordinateur. Applications aux travaux pratiques de chimie organique (7-8, p. 32).
Bartlett N., Jean Rouxel, une mémoire (1, p. 24).
Battaglia R., Recommandations pour la formation des chimistes pour l'industrie alimentaire : From the food chemist in Europe to the European food chemist. A proposal by the Food Chemistry Division of the Federation of European Chemical Societies (3, p. 51).
Batail P., Journée d'hommage scientifique et civil à la mémoire de Jean Rouxel (1, p. 4).
Bellamy F., La synthèse à haut débit (synthèse combinatoire), une discipline arrivée à maturité dans l'industrie pharmaceutique ? (9, p. 4).
Ben-Aim J., voir Viossat V. (12, p. 25).
Bernard J.-L., Agriculture : naissance du désherbage chimique des cultures (11, p. 35).
Bernier J.-C., L'apport de Jean Rouxel à la chimie (1, p. 3).
Bertin S., voir Lambert P.-H. (9, p. 25).
Betzer J.-F., Hydrostannylations d'alcynes et d'énynes. Préparation de systèmes triéniques. Contribution à la synthèse totale d'un analogue de la kijamicine (7-8, p. 70).
Bienaymé H., Les condensations à composants multiples et leur utilisation en synthèse combinatoire (9, p. 29).
Blondel-Mégrelis M., Le végétal, l'animal et la question de la nutrition (11, p. 47).
Bois-Choussy M., Contribution à la synthèse totale de la vancomycine et de la teicoplanine (7-8, p. 66).
Bonnet J., voir De Nanteuil G. (7-8, p. 48).
Boulaine J., Les racines historiques des relations entre chimie et agriculture (11, p. 4).
Bourissou D., La chimie du phosphore devance parfois celles de l'azote et du carbone. Exemples des hétérocycles à trois chaînons neutres, cationiques et radicalaires (7-8, p. 62).
Boutevin B., voir Ameduri B. (2, p. 23).
Bouyssi D., voir Balme G. (9, p. 15).
Bram G., La gélatine face aux extraits et aux bouillons de viande (11, p. 50).
Brançon D., voir Bruker-Ballu C. (11, p. 28).
Brec R., Compétitions redox dans les solides minéraux (1, p. 8).
Briois V., Seuils d'absorption des rayons X. Un outil de caractérisation indispensable en chimie de coordination (3, p. 31).
Bruker-Ballu C., Des sucres naturels aux édulcorants de synthèse (11, p. 28).
Buès C., Histoire du concept de mole (1869-1969) à la croisée des disciplines physique et chimie, (10, p. 39).
Buys M., Protection chimique des cultures et sécurité alimentaire (11, p. 15).
Camos M.F.G.F.C., Vin de Porto. Des siècles de contrôle de qualité (11, p. 17).
Carboni B., Linkers et stratégies de clivage en synthèse sur support solide. Bilan et perspectives (9, p. 9).
Caretto J., 5^e Conférence européenne sur la recherche concernant l'enseignement de la chimie, 21-25 septembre 1999, université de Ioannina (Grèce) (3, p. 72).
Carreaux F., voir Carboni B. (9, p. 9).
Cartier dit Moulin C., voir Briois V. (3, p. 31).
Chambaud G., Modélisation et images en chimie (7-8, p. 77).
Champossin J.-C., Participation des ingénieurs des grandes écoles de chimie et de génie chimique à la 13^e enquête du CNISF (3, p. 46).
Charpentier J.-C., Le 7^e Congrès français de génie des procédés. Bilan et perspectives scientifiques (2, p. 33).
Cheyamol N., voir Langrand C. (6, p. 28).
Chrétien J.R., Le screening virtuel à haut débit (v-HTS) (9, p. 60).
Claudy P., voir Faure Y. (5, p. 3).
Comet M., voir Fuzellier H. (7-8, p. 4).
Compain P., Réarrangement thermique d' α -hydroxyimines : synthèse formelle de la (-)-perhydrohistrionicotoxine. Synthèse de γ -butyrolactones catalysée par des sels de palladium(II) (3, p. 62)/Stratégie et synthèse organique (12, p. 12).
Costa M., Utilisation d'un polymère conducteur dans le cycle de fabrication de mousses métalliques. Une démarche recherche fondamentale/recherche et développement (7-8, p. 28).
Daniel J.-C., voir Spitz R. (7-8, p. 74).
David S., L'apport de la chimie des sucres à la stéréochimie contemporaine, de 1939 à nos jours (3, p. 25).
Davous D., La chimie au lycée : le nouveau programme de la classe de 1^{re} scientifique (10, p. 23).
Day P., Hommage à Jean Rouxel (1, p. 31).
Debruck J., L'épandage de vinasse de betteraves sur les champs de grandes cultures. Céréales, produits protéiques et betteraves en France, en Allemagne et autres pays européens (résultats de nos propres recherches de vingt années) (11, p. 54).
Decor J.-P., Nourrir 10 milliards d'humains. Imaginer les solutions pour demain. Contribution de la protection des plantes et biotechnologies (11, p. 7).
Deelstra H., Contribution de l'Association Belge des Chimistes (1887-1898) à la chimie alimentaire (11, p. 45).
Defaye J., Les molécules de la caramélisation : structure et méthodologies de détection et d'évaluation (11, p. 24).
Deleuze H., voir Mercier A. (5, p. 10)/voir Mercier A. (9, p. 56).
Deleuze R., L'industrie chimique française retrouve la croissance (5, p. 25).
Delhaès P., Les matériaux carbonés (12, p. 8).
Delporte M., Association Bernard Gregory : l'a, b, c de l'ABG (2, p. 39).
De Nanteuil G., 5-imidazol-1-yl-1H-benzimidazoles inhibiteurs de l'interleukine-1 : une nouvelle voie pour le traitement de l'arthrose (7-8, p. 48).
Dessalck G., voir Faure Y. (5, p. 3).
Djukic J.-P., Un chimiste en Serbie (3, p. 4).
Dubois S., Élaboration et propriétés physiques de nanofilaments métalliques obtenus par voie électrochimique (4, p. 42).
Duclairoir C., Encapsulation et applications industrielles (6, p. 24).
Duvail J.-L., voir Dubois S. (4, p. 42).
Eastes R.-E., voir Langrand C. (6, p. 28)/Collaboration avec la Société Ouest-Africaine de Chimie (6, p. 41)/Les Olympiades internationales de chimie, 30 ans déjà... et des médailles chaque année ! (7-8, p. 36).
Eydox F., voir Faure Y. (5, p. 3).
Fabre J.-M., De la molécule organique aux

Societies, par R. Battaglia (3, p. 51).

- Les statuts du savoir et la transposition didactique en chimie organique. III - Les propriétés acido-basiques des composés organiques, par R. Le Goaller, A. Loumouamou (5, p. 27).
- Expériences de cycloadditions [4+2] et [2+2] en version microchimie. Établissement des règles de Woodward-Hoffmann par l'emploi de diagrammes de corrélation. Règles de Dewar Zimmerman, par C. Langrand, R.-E. Eastes, N. Cheymol (6, p. 28).
- Avec quatre bœufs de sable, par H. Latreille (6, p. 39).
- Mise en place d'un protocole expérimental assisté par ordinateur. Applications aux travaux pratiques de chimie organique, par P. Barthélémy, M. Abert (7-8, p. 32).
- Les Olympiades internationales de chimie, 30 ans déjà... et des médailles chaque année !, par R.-E. Eastes, J. Lalande, A. Serani, D. Lavergne (7-8, p. 36).
- La chimie au lycée : le nouveau programme de la classe de 1^{re} scientifique, par D. Davous, M.-C. Feore, L. Fort, R. Gleize, T. Levêque, M.-B. Mauhourat, T. Zobiri, L. Jullien (10, p. 23).
- Contrôle des paramètres directs dans la compétition entre élimination et substitution dans le traitement des alcools tertiaires par HX. Un exemple de transposition didactique en chimie organique dans l'enseignement expérimental, par R. Barlet, M. Mahrouz, A. Alagui (10, p. 28).
- Relations entre paramètres cinétiques et grandeurs thermodynamiques. Cas des réactions réversibles, se produisant en phase gazeuse, sans variation de volume, par S. Antonik (10, p. 33).

Environnement

- Et les Shadoks pompèrent..., par J.-C. Gérard (4, p. 35).

Fiches catalyse

- N° 44 : Le nickel de Raney : Partie I - Préparation, structure et propriétés (4, p. 69).
- N° 45 : Le nickel de Raney : Partie II - Applications (4, p. 71).

Histoire de la chimie

- Il y a de la chimie dans l'air, par B. Authier (4, p. 50).
- Ernest Fourneau (1872-1949), créateur de la chimie thérapeutique en France (6, p. 43).
- Histoire du concept de mole (1869-1969) à la croisée des disciplines physique et

chimie, par C. Buès (10, p. 39).

- Contribution historique de deux manuels d'enseignement à la construction de la science chimique, par M. Terrien, J. Fournier (12, p. 33).

Hommage à Jean Rouxel

- L'apport de Jean Rouxel à la chimie, par J.-C. Bernier (1, p. 3).
- Journée d'hommage scientifique et civil à la mémoire de Jean Rouxel, par P. Batail (1, p. 4).
- Chimie douce : hommage à Jean Rouxel, par M. Tournoux (1, p. 5).
- Compétitions redox dans les solides minéraux, par R. Brec (1, p. 8).
- Chalcogénures de basse dimensionnalité : de l'unidimensionnel au bidimensionnel incommensurable, par A. Meerschaut (1, p. 14).
- Des chalcogénures aux oxydes et aux siliciures ou la généralité des concepts de Jean Rouxel sur la liaison chimique dans les solides, par M. Pouchard (1, p. 19).
- Jean Rouxel (1935-1998), par P. Hagenmuller (1, p. 22).
- Jean Rouxel, une mémoire, par N. Bartlett (1, p. 24).
- Jean Rouxel's research between chemistry and physics, par A. Simon (1, p. 27).
- Hommage à Jean Rouxel, par P. Day (1, p. 31).

Industrie

- Radioscopie de la Touraine... ou la découverte de mariages heureux, par G. Schorsch (5, p. 19).
- L'industrie chimique française retrouve la croissance, par R. Deleuze (5, p. 25).
- Utilisation d'un polymère conducteur dans le cycle de fabrication de mousses métalliques. Une démarche recherche fondamentale/recherche et développement, par M. Costa, J.-C. Gérard (7-8, p. 28).
- Les analystes dans la tourmente de l'Erika, par J.-C. Gérard (10, p. 19).
- La formulation : de l'art à la science du compromis. L'histoire et l'actualité de la formulation, par G. Schorsch (12, p. 20).

Internet

- Recherche par Internet sur le thème : « Sécurité, environnement, laboratoire, enseignement, chimie ? », par V. Viossat, J. Ben-Aim (12, p. 25).

Manifestations

- La 13^e Conférence annuelle de l'ECIS jette l'ancre sur les bords de la Liffey, Dublin, 12-17 septembre 1999, par G. Schorsch (2, p. 53).

• Compte rendu du Concoord-Gecom 99. Concertation en chimie de coordination/Groupe d'Étude en Chimie Organométallique (2, p. 58).

- 5^e Conférence européenne sur la recherche concernant l'enseignement de la chimie, 21-25 septembre 1999, université de Ioannina (Grèce), par J. Carretto (3, p. 72).
- Veille technologique et réflexion prospective dans le domaine des poly-mères. Nouvelles perspectives offertes par la catalyse dans le domaine des polymères, par R. Spitz, J.-C. Daniel (7-8, p. 74).
- Rencontre franco-espagnole sur la chimie et la physique de l'état solide, par E. Antic-Fidancev (7-8, p. 76).
- Modélisation et images en chimie, par G. Chambaud (7-8, p. 77).

Nécrologie

- Olivier Kahn (1942-1999), par J.-J. Girerd, M. Verdaguer (2, p. 45).
- Aimé Cambon (1937-1999), par S. Géribaldi (2, p. 46).

Nourrir les hommes

- Introduction, par . Viel (11, p. 3).
- Les racines historiques des relations entre chimie et agriculture, par J. Boulaïne (11, p. 4).
- Nourrir 10 milliards d'humains. Imaginer les solutions pour demain. Contribution de la protection des plantes et biotechnologies, par J.-P. Decor (11, p. 7).
- De Mege-Mouriès aux margarines d'aujourd'hui, par J. Klere, F. Mordret (11, p. 10).
- Apports de la chimie dans les saveurs, par J.-N. Jaubert (11, p. 13).
- Protection chimique des cultures et sécurité alimentaire, par M. Buys (11, p. 15).
- Vin de Porto. Des siècles de contrôle de qualité, par M.F.G.F.C. Camoes (11, p. 17).
- Les fraudes alimentaires : un défi pour la chimie analytique, par M. Martin, G. Martin (11, p. 18).
- Développement de la chimie physiologique et de l'agrochimie au XIX^e siècle en Russie. Influence de J. Liebig, par E.A. Zaitseva (11, p. 21).
- Les molécules de la caramélisation : structure et méthodologies de détection et d'évaluation, par J. Defaye, J.M. Garcia Fernandez, V. Ratsimba (11, p. 24).
- Des sucres naturels aux édulcorants de synthèse, par C. Brucker-Ballu, D. Brançon, N. Galand, C. Viel (11, p. 28).

- La nutrition des plantes : d'Antoine Laurent de Lavoisier à nos jours, par K. Mengel (11, p. 32).
 - Agriculture : naissance du désherbage chimique des cultures, par J.-L. Bernard (11, p. 35).
 - Michel-Eugène Chevreul (1786-1889) à la Société nationale d'Agriculture, par J. Fournier (11, p. 38).
 - Contribution de l'Association Belge des Chimistes (1887-1898) à la chimie alimentaire, par H. Deelstra (11, p. 45).
 - Le végétal, l'animal et la question de la nutrition, par M. Blondel-Mégrelis (11, p. 47).
 - La gélatine face aux extraits et aux bouillons de viande, par G. Bram, H. This, C. Viel (11, p. 50).
 - L'épandage de vinasse de betteraves sur les champs de grandes cultures. Céréales, produits protéiques et betteraves en France, en Allemagne et autres pays européens (résultats de nos propres recherches de vingt années), par J. Debruck, W. Lewicki (11, p. 54).
 - Jean-Baptiste Dumas (1800-1884) et l'agriculture, par M. Scheidecker-Chevallier (11, p. 55).
 - La gastronomie moléculaire. La chimie n'oublie pas le citoyen qui cuisine, par H. This (11, p. 58).
 - Conclusion du colloque : La sécurité alimentaire par la chimie, par P. Louisot (11, p. 60).
- Nouvelles de la FECS**
- Les grands chimistes des trois derniers siècles. Europe's favourite chemists ? Choosing Europe's top 100 chemists was never going to be easy, in Colin Russell's view, par C. Russell (2, p. 41).
- Prix de la SFC**
- Nouveaux développements de composés sulfurés chiraux en synthèse asymétrique, par P. Metzner, C. Alayrac, K. Julienne, S. Nowaczyk (3, p. 54).
 - Nouvelle synthèse diastéreo- et énantiosélective d'hétérocycles par voie anionique, par E. Lorthiois, J.-F. Normant, I. Marek (3, p. 60).
 - Réarrangement thermique d' α -hydroxyimines : synthèse formelle de la (-)-perhydro-histronicotoxine. Synthèse de γ -butyrolactones catalysée par des sels de palladium(II), par P. Compain (3, p. 62).
 - Nouvelles réactions domino anioniques utilisant la réactivité d'anions stabilisés, par J. Rodriguez (3, p. 64).
 - Une méthode de synthèse de pipéridines stéréosélective, par I. Ripoché (3, p. 68).
 - Élaboration et propriétés physiques de nanofilaments métalliques obtenus par voie électrochimique, par S. Dubois, J.-L. Duvail, L. Piraux (4, p. 42).
 - Associations moléculaires cyclodextrine (ou sérum albumine humaine)/molécule organique : rupture de symétrie et approche thermodynamique, par Y.C. Guillaume, J. Millet, E. Peyrin (5, p. 32).
 - 5-imidazol-1-yl-1*H*-benzimidazoles inhibiteurs de l'interleukine-1 : une nouvelle voie pour le traitement de l'arthrose, par G. De Nanteuil, B. Portevin, A. Fradin, J. Bonnet (7-8, p. 48).
 - Les polyoxométallates fonctionnalisés : une nouvelle génération d'oxydes solubles, par A. Proust (7-8, p. 55).
 - La chimie du phosphore devance parfois celles de l'azote et du carbone. Exemples des hétérocycles à trois chaînons neutres, cationiques et radicalaires, par D. Bourissou (7-8, p. 62).
 - Contribution à la synthèse totale de la vancomycine et de la teicoplanine, par M. Bois-Choussy, C. Vergne, L. Neuville, J. Zhu (7-8, p. 66).
 - Hydrostannylations d'alcyne et d'énynes. Préparation de systèmes triéniques. Contribution à la synthèse totale d'un analogue de la kijamicine, par J.-F. Betzer (7-8, p. 70).
- Recherche**
- Applications industrielles de la polymérisation photoinduite. État de l'art et perspectives, par H. Strub (2, p. 5).
 - Le craquage catalytique, unité clé d'une raffinerie, par M. Guisnet, S. Mignard (2, p. 14).
 - Polymères fluorés : synthèses, propriétés et applications, par B. Ameduri, B. Boutevin (2, p. 23).
 - Le 7^e Congrès français de génie des procédés. Bilan et perspectives scientifiques, par J.-C. Charpentier (2, p. 33).
 - Des machines moléculaires, par Z. Asfari, J. Vicens (3, p. 5).
 - Apport des matériaux organiques en optoélectronique. Illustration au moyen d'une nouvelle famille de composés « multifonctionnels » à base de 3,3'-bipyridine, par A.-J. Attias (3, p. 12).
 - L'apport de la chimie des sucres à la stéréochimie contemporaine, de 1939 à nos jours, par S. David (3, p. 25).
 - Seuils d'absorption des rayons X. Un outil de caractérisation indispensable en chimie de coordination, par V. Briois, C. Cartier dit Moulin, M. Verdager (3, p. 31).
 - Fossiles moléculaires d'intérêt microbiologique, pétrolier, agronomique et environnemental, par E. Lichtfouse (4, p. 5).
 - La substitution des chlorofluorocarbures dans les mousses rigides de polyuréthane, par A. Albouy, G. Tersac (4, p. 20).
 - Chimie douce et science des matériaux, par A. Rousset (4, p. 27).
 - Insedelf, : méthode quantitative de mesure de la séparation de phase dans un liquide. Application au cas des produits pétroliers, par Y. Faure, G. Dessalces, P. Claudy, F. Eydoux, P. Schulz (5, p. 3).
 - Émulsions inverses hautement concentrées pour la fabrication des polymères ultraporeux fonctionnalisés, par A. Mercier, H. Deleuze, O. Mondain-Monval (5, p. 10).
 - Brèves scientifiques (5, p. 16).
 - Toxicologie de l'arsenic et de ses composés : importance de la spéciation, par N. Proust, J. Guéry, A. Picot (6, p. 3).
 - L'arsenic, polluant de l'environnement : origines, distribution, biotransformations, par N. Molénat, M. Holeman, R. Pinel (6, p. 12).
 - Encapsulation et applications industrielles, par C. Duclairoir (6, p. 24).
 - Étude synoptique des explosifs, par H. Fuzellier, M. Comet (7-8, p. 4).
 - Dihydroxybenzene/benzoquinone-containing polymers : organic redox polymers, par S. Moulay (7-8, p. 12).
 - De la molécule organique aux supraconducteurs, par J.-M. Fabre (10, p. 4).
 - Séparation de fragments d'ADN : approche par des techniques chromatographiques hors équilibre, par Y.C. Guillaume, E. Peyrin, C. Guinchard (10, p. 14).
 - Valorisation non alimentaire de l'huile de tournesol oléique : quelles opportunités ?, par P. Satgé de Caro, A. Gaset (12, p. 3).
 - Les matériaux carbonés, par P. Delhaès (12, p. 8).
 - Stratégie et synthèse organique, par P. Compain (12, p. 12).
- Tribune libre**
- Un chimiste en Serbie, par J.-P. Djukic (3, p. 4).

Benedikt Haag, Docteur

Vice-President, Développement de la clientèle

Tél. : +41 (61) 816 95 00

Fax : + 41 (61) 816 95 09

e-mail : benedikt.haag@chemspeed.com**Prise d'intérêts par BASF dans CHEMSPEED****Renforcement de la recherche combinatoire sur les matériaux**

BASF compte renforcer son activité dans le domaine de la recherche combinatoire sur les matériaux (CMR) et par là-même stimuler sa recherche sur les polymères et les matières plastiques. À ces fins, BASF prend une participation minoritaire dans Chemspeed Ltd. dont le siège se situe à Augst, près de Bâle en Suisse. BASF aura également le droit de nommer un membre du conseil d'administration de Chempeed. Le premier nommé est le Professeur Hans-Jürgen Quadbeck-Seeger, qui était membre du conseil d'administration de BASF et responsable de la recherche jusqu'à sa retraite en 1997.

BASF compte sur son engagement pour réaliser des économies substantielles en temps et en argent dans la recherche sur les polymères nouveaux ou améliorés. «Ce domaine», explique le professeur Hans Uwe Schenck, Directeur de la recherche sur les polymères chez BASF, «subit actuellement un changement révolutionnaire grâce à la recherche combinatoire de matériaux. La plus grande efficacité qui en résulte dans le processus d'innovation est un but important de notre stratégie de recherches.»

En CMR, les réacteurs parallèles synthétisent rapidement de nombreux matériaux nouveaux sur une petite échelle ; ceux-ci sont alors examinés immédiatement pour connaître leurs propriétés matérielles importantes. Dans les boucles du processus combinatoire, les structures principales prometteuses et les relations structure-activité sont identifiées à partir d'une multiplicité de formules synthétiques, de conditions de réaction et de résultats de mesure. Comme auparavant, ces structures principales subissent plus tard les étapes classiques d'optimisation menant finalement à un produit commercial.

Chemspeed est l'un des leaders mondiaux dans le domaine des réacteurs parallèles qui jouent un rôle important dans la recherche combinatoire des matériaux. «Nos produits», explique le Docteur Rolf Gueller, Directeur Général de Chemspeed, «sont à la pointe de la technologie ; en outre, un système modulaire intelligent permet de développer des solutions adaptées à chaque client.» Chemspeed, ajoute-t-il, voit dans BASF un associé privilégié pour le développement ultérieur de composants clés pour la recherche combinatoire de matériaux. Ces efforts de Recherche et de Développement ont à leur tour également une influence extrêmement positive sur les autres marchés de Chemspeed Ltd.

Chemspeed Ltd. offre aux sociétés une technologie innovatrice et un support dans le secteur de la recherche chimique, dans une vaste gamme de domaines d'applications incluant les sciences des matériaux, la chimie pharmaceutique et fine, l'agrochimie bien que la recherche catalytique. L'atout clé pour les consommateurs est d'accroître la productivité de leurs laboratoires de Recherche et de Développement et en fin de compte de réduire sensiblement les délais de développement d'un produit en utilisant des outils conçus pour la synthèse parallèle entièrement automatisée. De plus, Chemspeed propose ses services de synthèse personnalisée et d'études, basés sur cette technologie de pointe.

Chemspeed est une société d'intérêt privé dont le siège se situe à Augst, près de Bâle en Suisse. Chemspeed Inc. aux Etats-Unis, un bureau technique en Grande-Bretagne et une équipe opérationnelle au niveau mondial de spécialistes techniques permettent d'accéder partout à la technologie et aux services de Chemspeed. Si vous désirez avoir de plus amples informations, veuillez consulter le site Internet à l'adresse <http://www.chemspeed.com>.

Votre contact chez BASF :

Cordelia Krooss

Tél. : +49 621 60-92974

Fax : +49 621 60-92693

e-mail: cordelia.krooss@basf-ag.de

L'IFP ET LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

L'Institut français du pétrole est un centre de recherche et de développement industriel, de formation et d'information au service de trois industries majeures : le pétrole, le gaz naturel et l'automobile. Ses actions couvrent toutes les branches de l'industrie des hydrocarbures : exploration, production, raffinage, pétrochimie, moteurs et utilisation rationnelle de l'énergie.

La protection de l'environnement et le développement durable constituent les facteurs déterminants dans la sélection et l'orientation des thèmes de recherche de l'IFP. Les travaux conduits dans ce domaine visent cinq objectifs :

- la connaissance des phénomènes
- la mise au point de carburants et de combustibles propres ainsi que de produits permettant une utilisation sans nuisances à l'environnement
- le développement de technologies propres et économes afin de minimiser les émissions de polluants
- le développement de procédés afin de combattre les pollutions accidentelles
- la détermination de critères de qualité pour évaluer l'impact sur l'environnement des mesures envisagées.

L'IFP prend ainsi en charge les problèmes d'environnement liés :

- aux industries pétrolières et parapétrolières
- à l'utilisation des produits pétroliers, notamment dans le secteur des transports
- aux dérivés des produits pétroliers, comme les matières plastiques présentes dans les déchets urbains ou automobiles.

IFP

1 et 4 avenue de Bois-Préau
92852 RUEIL-MALMAISON
CEDEX - FRANCE
Téléphone : 01 47 52 60 00
Télécopie : 01 47 52 70 00
www.ifp.fr



MAISON DE LA CHIMIE

Centre International de Congrès



28, rue Saint-Dominique 75341 - PARIS Cedex 07
Tél. : 01 40 62 27 00 - Fax : 01 45 55 98 62
www.maisondelachimie.com

Membre agréé de l'Association Internationale des Palais de Congrès (120 dans le monde)