

# l'actualité chimique

publiée par  
la **SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE FRANCE**  
et  
la **SOCIÉTÉ DE CHIMIE INDUSTRIELLE**

Janvier 1980

# il ne leur manque que la parole...

Sans dépasser les limites de votre budget,  
**les spectrophotomètres UV/visible  
à double faisceau 550 A & 550 S**

**PERKIN-ELMER**

**à réseau holographique et à microprocesseur  
avec ou sans enregistrement de spectres  
couvrent toutes les applications.**

## réseau holographique

- performances améliorées
- résolution 2 nm
- taux de lumière parasite < 0,02 %

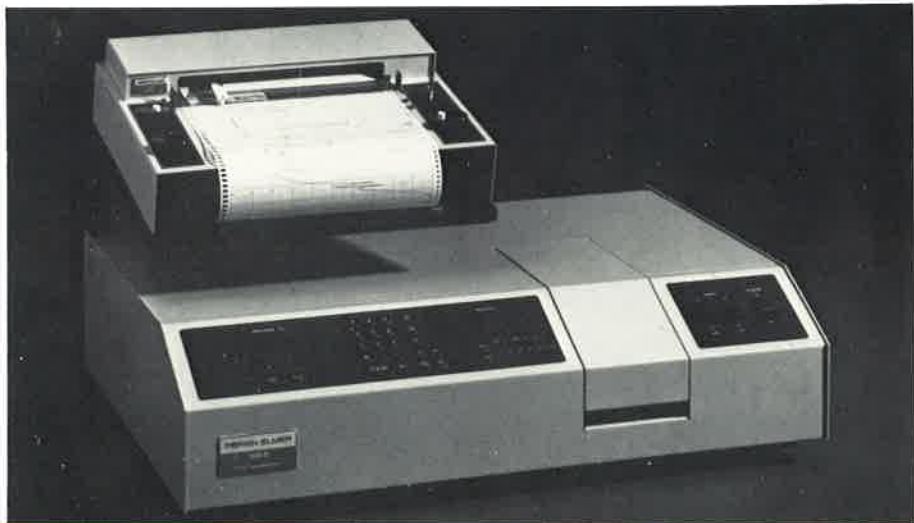
## microprocesseur

- zéro automatique
- étalonnage automatique en concentration
- calcul de l'activité enzymatique
- sécurité de manipulation
- fiabilité assurée
- correction automatique de ligne de base

## gamme d'accessoires

- supports pour cuves jusqu'à 100 mm
- supports de cuves thermo-régulés
- changeurs de cuves manuels ou automatiques
- dispositif d'aspiration automatique
- dispositif d'aspiration automatique avec récupération d'échantillon
- enregistreur et imprimante
- sphère d'intégration

equerra



550 S

Distributeur  
accrédité



division  
spectro

**OSI**

141, rue de Javel 75739 Paris cedex 15  
tél. 554 97 31 (16 lignes groupées)  
télex OSILABO 270011 F

Agences  
et bureaux régionaux

Bordeaux, Dijon, Grenoble, Lille, Lyon, Marseille, Montpellier,  
Nancy, Nantes, Poitiers, Rennes, Rouen, Strasbourg, Toulouse.

Bon à retourner à  
OSI/division spectro  
141, rue de Javel - 75739 Paris cedex 15

M. (Mme)  
Laboratoire ou Service :  
Ets :  
Adresse :

Je désire documentation détaillée et tarif   
Je désire une démonstration

Concernant le 550 A et le 550 S

Tél. :



# l'actualité chimique

## **Directeur de la publication**

Fernand Gallais  
Président de la S.C.F.

## **Comité de Rédaction**

Robert Guillaumont  
Secrétaire général de la S.C.F.  
Robert Guillet  
Délégué général de la S.C.I.  
Jean-Pierre Billon (S.C.F.)  
Société Rhône-Poulenc  
Alain Derome (S.C.I.)  
Union des Industries Chimiques  
Robert Collongues (S.C.F.)  
E.N.S.C. Paris  
Francis Fauvarque (S.C.I.)  
Société Ugine-Kuhlmann  
Jean-Paul Guetté (S.C.F.)  
C.N.A.M. Paris  
Paul Hagenmuller (S.C.F.)  
Université de Bordeaux I  
Henri Kagan (S.C.F.)  
Université Paris-Sud  
André Kepes (S.C.I.)  
CdF Chimie  
Philippe Pichat (S.C.I.)  
CdF Chimie  
François Pierrot (S.C.I.)  
Société Rhône-Poulenc  
Jean Ville (S.C.I.)  
Société Nationale Elf-Aquitaine  
Roger Viovy (S.C.F.)  
E.N.S. St-Cloud.

## **Rédacteurs en chef**

Lucien Ducret (S.C.F.)  
Thérèse Chaudron (S.C.I.)

## **Rédaction**

Secrétaire : Mme de Stœcklin  
250, rue Saint-Jacques  
75005 Paris  
Tél. : 354.20.78 et 325.20.78

## **Publicité**

Chef de publicité : G. Perreau  
250, rue Saint-Jacques  
75005 Paris  
Tél. : 354.20.78 et 325.20.78

## **Abonnements 1980**

(10 numéros)  
Membres de la S.C.F. et de la S.C.I.  
Les Membres des deux Sociétés  
bénéficient d'un prix d'abonnement  
préférentiel de 150 F à cette revue.

## **Non-membres**

France, Europe, 250 F  
Afrique du Nord : 250 F  
Autres pays (envoi par avion) : 320 F  
Chèques au nom de la S.C.F.  
C.C.P. Paris 280-28

## **Changement d'adresse**

Joindre la somme de 10 F.

## **Prix du numéro 25 F**

En vente uniquement aux Sièges de  
la S.C.F. et de la S.C.I.

publiée  
par la **SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE FRANCE**  
et la **SOCIÉTÉ DE CHIMIE INDUSTRIELLE**

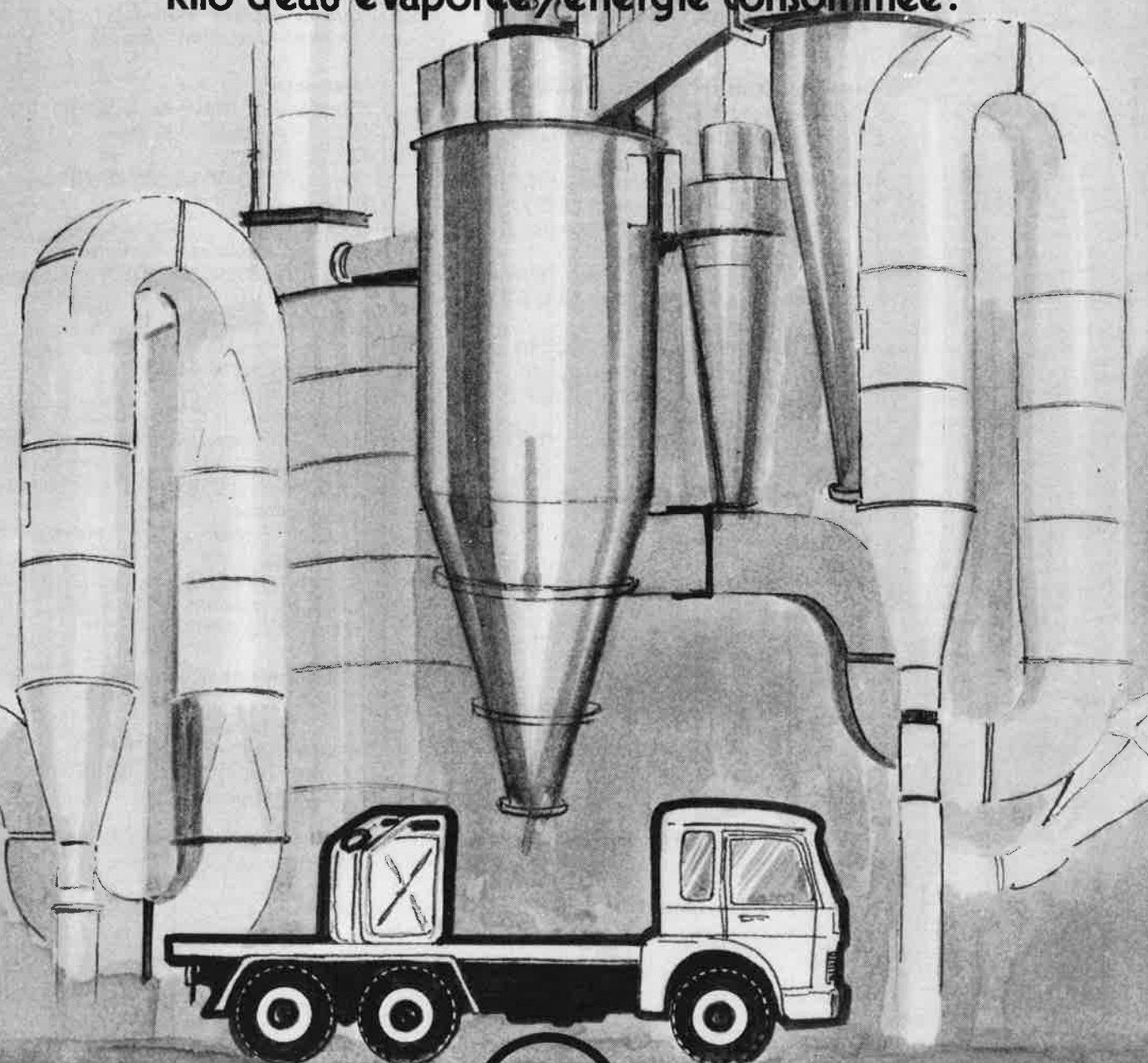
avec la participation

des Sociétés membres de la **FÉDÉRATION FRANÇAISE DE CHIMIE**



# économisez l'énergie

APV, une gamme étendue de sécheurs.  
APV, une technicité  
qui vous garantit le meilleur rapport  
kilo d'eau évaporée / énergie consommée.



ANHYDRO



MITCHELL

7	Faisons le point	<i>Chimie du fluor et énergie</i> par Josik Portier
12	La chimie et la vie	<i>Les coudes <math>\beta</math> dans les protéines</i> par Marie-Henriette Loucheux-Lefebvre
28	Industrie	<i>Les électrodes volumiques à matrice non consolidée</i> par F. Cœuret
37	Enseignement	<i>La chimie d'aujourd'hui face à ses nouvelles missions</i> <i>Conséquences pour les formations supérieures</i> par Jacques Bénard
41	Pages d'histoire	<i>W.C. Röntgen et la découverte des rayons X</i> par Jozef Hurwic
47	Bibliographie	
51	Appareils et produits	
55	Communiqués	
59	Informations scientifiques et techniques	L'industrie chimique de l'Europe occidentale en 1979 Anvar : la prime à l'innovation
67	La page du C.N.R.S.	
<b>Fédération Française de Chimie</b>		
69	G.A.M.S.	Réunion de la Commission de spectrométrie atomique : Journée du mardi 29 janvier 1980 13 <sup>e</sup> Symposium international de chromatographie
70	Société de Chimie Biologique	Congrès de printemps de la Société de Chimie Biologique 4 <sup>e</sup> Rencontre du Groupe thématique «Biosynthèse des protéines
70	Société de Chimie Physique	Journées de cinétique hétérogène Cycles et mécanismes chimiques dans l'environnement
71	Société de Chimie Thérapeutique	XVI <sup>e</sup> Rencontres de chimie thérapeutique Prix Charles Mentzer 1980
71	Société Chimique de France	Division Chimie organique : Séminaire du jeudi 14 février 1980 ; Journée parisienne du jeudi 13 mars 1980 Nécrologie Plis cachetés
72	Société de Chimie Industrielle	Journées annuelles 1980 des ingénieurs de procédés du V.D.I., 1-3 octobre 1980, Strasbourg 27 <sup>e</sup> Symposium de chimie macromoléculaire de l'IUPAC 6-9 juillet 1981, Strasbourg Centre de perfectionnement technique Fédération Européenne du Génie Chimique Fédération Européenne de la Corrosion Sommaire de la revue <i>Analisis</i>
76	Demandes et offres diverses	
76	Table des annonceurs	
77	Bulletin d'abonnement 1980	

# PME-BNP: L'ESPRIT D'ENTREPRISE.

Les PME, ce sont des centaines de milliers d'entreprises de dimensions et de structures différentes confrontées chacune à des problèmes particuliers.

Face à ces problèmes, la BNP a la volonté de faire bénéficier chacune des PME, de l'artisan ou du commerçant à la moyenne entreprise, de son expérience, de ses services et de ses hommes.

## UNE VOLONTÉ DE COOPÉRATION ÉTROITE ET DURABLE.

Pour qu'une véritable coopération puisse se développer entre une banque et une PME, il est essentiel qu'elles se connaissent le mieux possible. La volonté de la BNP est d'établir avec les PME des rapports étroits permettant de les aider dans leur activité professionnelle et de mieux les conseiller lors des moments déterminants pour leur développement à moyen terme.

## MISE A DISPOSITION DE CHACUNE DES PME DE LA COMPÉTENCE ET DE L'EXPÉRIENCE DE LA BNP.

De par ses origines, la BNP a une grande expérience des entreprises, quelles que soient leur nature et leur dimension. Elle ne cesse d'accroître un potentiel technique qui lui permet d'affirmer une compétence et une expérience qui font d'elle aujourd'hui la première banque des PME.

Parce que cette compétence et cette expérience se retrouvent dans chacune des BNP

de France, chacune des PME pourra en profiter pleinement et quotidiennement.

## UN DIALOGUE LOCAL AVEC DES CONSEILLERS AYANT POUVOIR DE DÉCISION.

Pour que l'aide apportée par une banque à une PME soit la plus efficace possible, il est essentiel que les décisions soient prises sur le plan local.

Chacune des agences BNP de France est apte à décider, ce qui lui permet d'apporter une réponse rapide et parfaitement adaptée aux besoins et aux problèmes de chaque PME.

Vous pouvez dialoguer en tête à tête avec un spécialiste PME pour lui exposer et lui expliquer votre cas particulier. Il vous fait bénéficier de toute l'expérience de la BNP en fonction des problèmes de votre région et de la dimension de votre entreprise, qu'elle soit artisanale, petite ou moyenne.

## UN CRÉDIT D'INVESTISSEMENT POUR AIDER CHAQUE PME A SE DÉVELOPPER.

Il arrive un moment dans la croissance d'une PME où elle doit s'équiper et investir pour être plus compétitive, un moment où il est important qu'une PME ne se sente pas seule et qu'elle ait l'appui, l'aide et l'expérience d'une grande banque. Une expérience qui

de déterminer avec vous l'opportunité économique et financière de cet investissement pour votre entreprise.

### Conditions du crédit.

Durée: 2 à 5 ans, adaptable selon les cas.

Montant: de 25.000 F à 400.000 F.

Quotité de financement: jusqu'à 70% du montant investi TTC.

Taux fixe: les remboursements sont d'un montant constant et connu à l'avance.

Garanties: adaptées selon le financement demandé.

Le crédit d'investissement peut financer tout équipement professionnel. Quel que soit votre problème de développement, qu'il s'agisse d'achat d'outillage, de machines ou de véhicules, qu'il s'agisse d'équipement de bureau, de la construction d'un entrepôt, de l'aménagement d'un atelier artisanal ou d'un magasin, le spécialiste PME de votre BNP vous renseignera sur toutes les utilisations de ce crédit.

Il étudiera aussi avec vous des formules de financement qui pourraient être mieux adaptées à votre entreprise telles le leasing NATIO EQUIPEMENT et NATIO CREDIBAIL ou la location NATIO LOCATION. Demandez



à votre BNP des renseignements plus détaillés sur le crédit d'investissement et sur l'ensemble des services PME-BNP.

**LES SERVICES PME-BNP  
POUR VOUS FACILITER LA VIE.**

## Chimie du fluor et énergie

par Josik Portier

(Laboratoire de chimie du solide du C.N.R.S., Université de Bordeaux I, 351, cours de la Libération, 33405 Talence Cedex)



Les fluorures organiques ou inorganiques interviennent dans de nombreuses applications énergétiques en raison de leurs propriétés thermiques exceptionnelles entraînées par l'électronégativité du fluor.

Le fluor joue un rôle primordial dans les cycles nucléaires classiques mais aussi dans les systèmes avancés tels que les réacteurs à sels fondus ou les réacteurs de fusion. L'énergie solaire utilise également divers matériaux fluorés : fluorures ioniques solides ou fondus, polymères, fluorocarbones.

Les propriétés thermodynamiques des fluorures permettent d'envisager divers modes de stockage d'énergie sous forme thermique ou électrochimique.

Des économies d'énergie peuvent être réalisées par l'emploi de composés fluorés : cycles thermiques à haut rendement, réduction de pertes par frottement, lutte contre la corrosion.

La crise politique de 1973 eut pour conséquence la plus spectaculaire l'augmentation du prix du pétrole. Un effet secondaire fut de faire découvrir le problème énergétique au monde jusque là sceptique devant les prévisions des experts.

La communauté scientifique se sentit également plus concernée, soit par conviction, soit sous la pression budgétaire entraînée par le financement de programmes à finalité énergétique.

Les chimistes du fluor ne firent pas exception et furent amenés à se poser des questions sur l'intérêt de leurs recherches dans le cadre du problème énergétique.

Le fait que le fluor soit un intermédiaire inévitable dans la production d'énergie nucléaire justifiait en partie leurs travaux. Il devint cependant important de réfléchir à d'autres aspects énergétiques de ce domaine très particulier de la chimie.

Dans la première partie de cet exposé, les propriétés fondamentales du fluor et de ses composés sont examinées dans le cadre énergétique. On suivra ensuite un schéma très classique en étudiant les applications potentielles ou effectives des composés fluorés pour la conversion, le stockage et les économies d'énergie.

**L'actualité chimique**  
*présente à ses lecteurs*  
*ses meilleurs vœux pour*  
**1980**

# I. Propriétés du fluor et des composés fluorés dans le contexte énergétique.

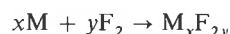
Il est difficile de consulter un ouvrage traitant du fluor en chimie organique ou inorganique, en biologie ou en géologie sans découvrir cette constatation liminaire : le fluor est, de tous les éléments, le plus électronégatif. Cet exposé ne fera pas exception : dans le domaine énergétique, c'est effectivement le fait essentiel.

Le fluor tendra à capter dans son nuage électronique un électron supplémentaire conduisant à la structure à octet de son voisin le néon ( $1s^2 2s^2 2p^6$ ) en donnant ainsi naissance à des liaisons particulièrement fortes.

Il en résultera en général une grande stabilité thermique pour les composés fluorés. Cette remarque est importante pour les applications énergétiques. En effet, il est bien connu, depuis Carnot, que lors de la conversion de l'énergie thermique en énergie mécanique, le rendement maximal ( $R < 1 - \frac{T_F}{T_c}$ ) est d'autant meilleur que la

température de la source chaude est plus élevée ; on cherchera donc des matériaux stables thermiquement, notamment pour les transferts ou le stockage de chaleur. A cet égard les fluorures sont intéressants.

L'électronégativité du fluor aura également pour conséquence de donner lieu à des réactions :



auxquelles correspondront des variations d'énergie libre de Gibbs très élevées. Lors de la transformation de l'énergie chimique en énergie électrique, dans des générateurs électrochimiques par exemple, cette propriété conduira théoriquement à des tensions très élevées.

La charge unique de l'ion fluor conduit à des températures de fusion ou d'ébullition modérées. Cette propriété, alliée à la stabilité à l'état liquide ou gazeux, peut avoir de multiples applications énergétiques, pour le stockage de l'énergie par exemple. Il faut noter d'ailleurs que c'est le point d'ébullition modéré de  $UF_6$  ( $T = 56,2^\circ C$ ) et sa stabilité en phase vapeur qui sont utilisés dans la séparation isotopique de l'uranium. Il n'existe pas d'autres composés présentant ces propriétés ; le chlorure correspondant, par exemple, est instable.

L'électronégativité du fluor confère à la liaison C-F une énergie très importante (C-F = 107 kcal/mole ; C-H = 87 kcal/mole). Une conséquence est, bien sûr, une bonne tenue en température des composés organiques fluorés mais aussi une résistance élevée aux U.V. Cette propriété est importante pour l'utilisation en énergie solaire.

Examinons maintenant dans le détail quelques propriétés physiques des fluorures.

## ● Propriétés optiques

Les composés fluorés possèdent en général une largeur de bande interdite très importante dans le solide. Cette propriété est aussi une

conséquence de l'électronégativité du fluor. En effet, la transparence au rayonnement de forte énergie est limitée par la possibilité de transfert d'électrons des éléments les plus électronégatifs sur les moins électronégatifs. Un tel transfert est difficile dans le cas des fluorures. Les fluorures alcalins ou alcalino-terreux possèdent des largeurs de bande interdite supérieures à 10 eV. Cette propriété peut être intéressante pour la réalisation de matériaux pour l'énergie solaire où est recherchée une transparence à la partie ultra-violet du spectre solaire. Par contre, on voit qu'il n'est pas possible d'utiliser les fluorures pour la conversion photovoltaïque puisqu'ils sont transparents au rayonnement solaire. Les semi-conducteurs utilisés (Si,  $Cu_2S/CdS...$ ) possèdent des largeurs de bande interdite beaucoup plus faibles comprises entre 1 eV et 2,5 eV.

Une autre propriété optique intéressante est l'indice de réfraction faible des matériaux fluorés dû à la faible polarisabilité du fluor. Alors que les oxydes ont des indices de réfraction généralement supérieurs à 1,5, on peut obtenir des matériaux fluorés contenant des éléments légers dont l'indice est de l'ordre de 1,3. Nous verrons plus loin que cette propriété est utilisée, d'une part pour la conversion de l'énergie solaire, et d'autre part pour les lasers à fusion.

## ● Propriétés électriques

Les fluorures solides sont en général des isolants électroniques, propriété liée, bien sûr, à l'électronégativité de l'halogène. Par contre, certains d'entre eux possèdent une importante conductivité ionique s'expliquant par la petite taille de l'ion  $F^-$  qui est considéré comme, un des plus petits anions. Cette propriété est intéressante pour le stockage d'énergie électrique.

## ● Propriétés thermiques

Outre la stabilité thermique, les propriétés importantes sont la chaleur spécifique, l'enthalpie de transformation ou de fusion. La conductibilité thermique doit être également considérée.

La conductibilité thermique des fluorures est en général assez faible comme c'est le cas pour la plupart des isolants. Par contre, les fluorures possèdent des capacités calorifiques et des chaleurs de fusion par unité de poids ou de volume sensiblement plus importantes que les autres sels. Cette propriété est due à la masse faible et au rayon réduit de l'atome de fluor.

Si on compare, à titre d'exemple, le fluorure et le chlorure de sodium, on voit que, si les enthalpies de fusion molaires sont du même ordre de grandeur, les enthalpies par unités de masse ou de volume sont considérablement plus élevées pour les fluorures.

	$T_F$	$\Delta H_f$ mole	$\Delta H_f/g$	$\Delta H_f/cm^3$
NaCl	801	29,5 kJ	0,5 kJ	0,8 kJ
NaF	993	33,6 kJ	0,8 kJ	1,6 kJ

# II. Conversion de l'énergie

## II.1. Énergie nucléaire

Le rôle du fluor dans la séparation isotopique est trop connu pour qu'il en soit fait ici mention. Certaines applications moins connues des fluorures dans des techniques nucléaires avancées peuvent cependant être soulignées.

### ● Réacteurs nucléaires à sels fondus (1)

On envisage de remplacer dans le futur les réacteurs nucléaires à combustible solide actuellement utilisés par des réacteurs à sels fondus. Dans ces derniers, le combustible fossile est dissous dans des chlorures ou des fluorures fondus. Les expériences les plus nombreuses semblent cependant avoir porté sur les fluorures qui comportent une meilleure stabilité thermique et qui entraînent une corrosion moins importante des matériaux de structure.

L'un des avantages de ce type de réacteur est de permettre le traitement en continu du combustible dans le but d'éliminer les éléments absorbant les neutrons issus des réactions de fission et d'où découle une diminution du rendement.

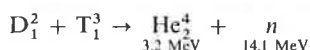
A titre d'exemple on peut citer le réacteur expérimental M.S.R.E. du laboratoire d'Oakridge (Molten Salt Reactor Experiment) utilisant un sel fondu de composition molaire ; 72 % LiF, 10 %  $BeF_2$ , 12 %  $ThF_4$ , 0,3 %  $UF_4$ .

### ● Réacteurs de fusion (2)

La réalisation de la fusion contrôlée résoudrait définitivement le problème énergétique de l'humanité. C'est pourquoi de nombreuses recherches sont consacrées à ce sujet. Divers matériaux fluorés sont envisagés dans ce programme.



La réaction de fusion la plus souvent envisagée est la suivante :



Elle se produit dans un plasma qui répond au critère de Lawson : à une température donnée  $T$ , le produit de la densité du plasma  $n$  et le temps de confinement  $t$  doivent atteindre une valeur minimale ( $T = 10^8 \text{ K}$ ,  $n = 10^4 \text{ noyaux/cm}^3$ ,  $t = 1 \text{ s}$  par exemple).

Deux types de confinement sont utilisés. Le premier est réalisé à l'aide de champs magnétiques (Tokamak). Le second, dit inertiel, consiste à bombarder une cible par des faisceaux lasers ou de particules (ions et électrons). La cible s'échauffe et s'ionise tandis que l'onde de choc comprime le cœur de la cible.

La puissance utilisée est considérable. Dans le cas de l'expérience Shiva réalisée au Lawrence Livermore Laboratory, les lasers solides délivrent des puissances de 20 à 30 TW pendant  $10^{-10} \text{ s}$ . De telles puissances nécessitent des pièces optiques de grande dimension qui, en conséquence, ne peuvent être constituées de monocristaux comme dans les dispositifs classiques. On utilise donc des verres dopés au néodyme. Parmi les matériaux testés, il semble que les verres fluorés possèdent en général des performances supérieures à leurs homologues oxygénés en raison de leur indice de réfraction non linéaire particulièrement faibles (3).

D'autres fluorures fondus tels que LiF et  $Li_2BeF_4$  sont envisagés pour les réacteurs de fusion aussi bien comme liquides de refroidissement que dans la partie fusion du réacteur (2).

## II.2. Énergie solaire

### II.2.1. Conversion photovoltaïque

Comme indiqué précédemment, la largeur de la bande interdite des fluorures n'est pas adaptée à la conversion photovoltaïque. On utilise des matériaux beaucoup plus covalents. On peut citer cependant une découverte récente qui met en jeu le fluor (4).

Les dispositifs photovoltaïques actuellement commercialisés utilisent le silicium monocristallin. C'est un matériau coûteux en raison de l'opération de cristallogénèse que nécessite sa mise en forme. On a donc pensé utiliser le silicium amorphe beaucoup moins onéreux. Malheureusement, le rendement obtenu est peu élevé en raison d'une faible longueur de diffusion de la paire électron-trou due aux imperfections du cristal. On pallie ce défaut par dopage du matériau par de l'hydrogène. Cependant « Si-H » n'est pas stable sous exposition U.V. « Si-H » dopé avec du fluor (« Si-H-F ») serait stable sous irradiation. Le rendement serait de 10 %.

### II.2.2. Conversion photothermique

Le mode de conversion le plus simple et actuellement le plus économique de l'énergie solaire est la conversion en chaleur.

## III. Stockage de l'énergie

Le stockage de l'énergie est un problème particulièrement important. Ce fait est évident pour l'utilisation d'énergie à source intermittente (énergie solaire). Par ailleurs, une bonne gestion énergétique nécessite un stockage efficace, compte tenu des variations journalières ou saisonnières de la dépense d'énergie, alors que la production est le plus souvent continue (énergie nucléaire).

### III.1. Stockage thermique (9)

Le stockage thermique s'effectue sous deux formes de façon indépendante ou combinée : chaleur sensible et chaleur latente (fusion, transformation...).

Les propriétés recherchées sont les suivantes : chaleur spécifique élevée, chaleur de fusion ou de transformation élevée, stabilité thermique, corrosion faible des métaux ou réfractaires, faible coût. Divers matériaux sont envisagés selon le niveau thermique du stockage. Certains sont des fluorures.

Quelques travaux ont porté sur l'utilisation de composés du fluor au niveau des capteurs solaires.

Un capteur solaire est constitué d'une surface transparente au rayonnement solaire mais opaque dans l'infrarouge, recouvrant une surface absorbant le rayonnement solaire de façon à réaliser un effet de serre (5).

La partie supérieure du capteur est généralement réalisée en verre. Cependant une partie du rayonnement solaire est réfléchi. De façon à limiter cette réflexion, on a envisagé de recouvrir le verre d'une couche mince d'indice inférieur. Des expériences ont été réalisées avec  $MgF_2$  (5). Une augmentation significative de 3 à 4 % de l'énergie transmise au capteur a été observée.

Il peut être intéressant de remplacer le verre des couvertures de capteurs par des polymères (6). Ces matériaux en effet présentent certains avantages par rapport au verre :

- faibles indices de réfraction donc faibles pertes par réflexion. Cette propriété s'explique en partie par le fait que les atomes constitutifs (C, F, O, H...) sont plus légers que ceux entrant en jeu dans les silicates (Si, Na, Ca...). Elle est bien entendu renforcée dans le cas des polymères fluorés en raison de la faible polarisabilité du fluor :

Matériau	Indice de réfraction
verre	$1,51 < n_0 < 1,52$
polycarbonate (PCO)	1,59
fluorure de polyvinyle (PVF)	1,45
polytétrafluoroéthylène (TFE)	1,34

- faible absorption. En effet les polymères peuvent être employés en épaisseur très faibles (film). L'absorption due aux extinctions fondamentales en est donc réduite.

L'un des inconvénients des polymères est leur détérioration par la partie UV du rayonnement solaire. A cet égard les polymères fluorés (Téflon, Tedlar...) présentent des performances supérieures aux polymères chlorés en raison de la solidité de la liaison C-F.

### II.2.3. Conversion de l'énergie solaire en énergie mécanique (8)

On peut signaler l'utilisation de fréons dans des pompes solaires destinées à pomper l'eau souterraine. Ce système, d'un faible rendement, compte tenu des températures respectives de la source chaude et de la source froide ( $\Delta T \approx 30 \text{ }^\circ\text{C}$ ) revêt cependant une certaine importance dans les régions où sévit la sécheresse (Sahel).

Un fréon est vaporisé grâce à la chaleur fournie par un capteur solaire. Le travail de compression est utilisé pour actionner la pompe. Le fréon est alors condensé en utilisant l'eau pompée. D'autres fluides peuvent être utilisés ( $SO_2$ , butane). Cependant c'est le fréon qui apporte la plus grande fiabilité.

#### ● Basses températures

Le stockage de calories à basse température ( $T < 100 \text{ }^\circ\text{C}$ ) est intéressant, notamment dans le cas de l'énergie solaire avec capteur plan. Les matériaux actuellement envisagés sont des hydrates ( $Na_2SO_4 \cdot 10 H_2O$  :  $Na_2CO_3 \cdot 10 H_2O$ ...) qui répondent aux critères précédents et sont peu onéreux. Signalons cependant que le fluorure  $KF \cdot 4H_2O$  a été proposé par K. Garvron et J. Schröder.

L'intérêt de ce composé est un point de fusion ( $18,5 \text{ }^\circ\text{C}$ ) proche de l'ambiante qui ne nécessite donc pas une isolation très importante. Par ailleurs il possède une chaleur de fusion acceptable ( $231 \text{ kJ/kg}$ ) comparable aux sels précédents ( $251 \text{ kJ/kg}$  pour  $Na_2SO_4 \cdot 10 H_2O$ ).

#### ● Moyennes températures

Les fluides organiques se sont révélés intéressants pour le stockage à  $300 \text{ }^\circ\text{C}$  environ. On utilise généralement des huiles stables à haute température. Il est possible que des huiles fluorées de type « fluorolu-

be » dérivées de  $\text{CFCl-CF}_2$  présentent un certain intérêt, compte tenu de leur stabilité thermique et malgré leur prix de revient élevé.

#### ● Hautes températures

C'est dans ce domaine (400-1 000 °C) que les fluorures semblent présenter le plus grand intérêt. En effet les fluorures fondus sont thermiquement plus stables et beaucoup moins corrosifs vis-à-vis des métaux que les autres sels, en particulier les chlorures. Par ailleurs, comme indiqué précédemment, compte tenu de la masse atomique et du rayon ionique faible de l'halogène, les fluorures comportent une énergie massique et une énergie volumique importante. La capacité de stockage est considérablement plus élevée que celle des batteries au plomb, même si on tient compte de la conversion de la chaleur en énergie mécanique. Un système de stockage de ce type associé à un moteur Stirling a été proposé par J. Schröder (10).

### III.2. Stockage électrochimique

Le stockage électrochimique est un problème important, non seulement pour pallier les écarts entre la production et la consommation d'électricité, mais aussi pour la propulsion des véhicules. Dans ces deux cas on recherche des systèmes électrochimiques possédant une énergie spécifique (Wh/kg) aussi élevée que possible ; ce critère est néanmoins plus important dans le cas du stockage mobile que dans le cas du stockage fixe.

Le maximum d'énergie qui puisse être obtenu d'une réaction électrochimique (T, P = cte) est donné par l'énergie libre de Gibbs ( $\Delta G$ ). Par ailleurs le minimum de poids de la batterie est celui des réactants si on néglige l'électrolyte et les matériaux de structure. Dans ces conditions, on peut calculer l'énergie spécifique théorique :

$$\text{Énergie spéc. théor.} = \frac{-\Delta G}{\Sigma M} = \frac{nFE}{\Sigma M}$$

où  $n$  est le nombre d'équivalents électrochimiques impliqués dans la réaction,  $F$  la constante de Faraday,  $E$  la tension moyenne et  $\Sigma M$  la somme des masses moléculaires des réactants.

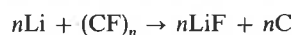
Une tension élevée sera, bien entendu, obtenue en sélectionnant pour l'électrode négative des éléments peu électronégatifs (i.e. situés à gauche du tableau périodique) et pour la positive des éléments très électronégatifs (à droite du tableau périodique). Dans les deux cas, pour obtenir une masse faible, on choisira ces éléments dans les premières périodes de la classification. Il devient évident que la meilleure batterie qui puisse être imaginée comportera du lithium à l'électrode négative et du fluor à la positive.

## IV. Économie d'énergie

Jusqu'en 1973 l'efficacité économique d'un pays était jugée en fonction du produit national brut. L'énergie étant quasiment gratuite, la consommation d'énergie était négligée. On admettait même comme une loi économique le fait qu'il y avait proportionnalité entre production et dépense d'énergie. Depuis 1973, les responsables de l'économie ont été amenés à réviser ce point de vue. Les importations massives de produits énergétiques entraînent des conséquences fâcheuses au niveau des monnaies. Par ailleurs, le maintien de la production étant nécessaire pour éviter le chômage, la réalisation d'économies d'énergie s'est imposée dans de nombreux pays. Il faut cependant constater que cet effort n'est pas général : pour produire 1 dollar US de PNB il fallait, en 1976, 15 MJ en Suède, 18 MJ en France, 23 MJ au Japon, 39 MJ aux USA, 56 MJ en URSS (17).

Une autre raison milite en faveur des économies d'énergie. Les experts prévoient une crise énergétique entre 1985 et 1995. Cette crise ne sera pas due à un manque physique de ressources, mais au fait que les nouvelles techniques de production d'énergie actuellement mises en œuvre ne permettront pas encore de pallier les augmentations des dépenses. Il est évident que les pays économes en énergie supporteront plus facilement cette crise.

Un système électrochimique de ce type existe dans la pratique (12). Il s'agit de la pile au lithium réalisée par la compagnie Matsushita sur la base des travaux, réalisés par N. Watanabe, sur les composés d'insertion du fluor dans le graphite (13). Il utilise la réaction du lithium sur le polymonofluorure de carbone :



L'électrolyte est un composé organique du lithium. L'énergie spécifique théorique est énorme (2 260 Wh/kg). Dans la pratique elle est de 300 Wh/kg ; la tension est de 2,6 V. Malheureusement ce système n'est pas réversible et n'est donc pas utilisable pour le stockage massif d'énergie.

Les nombreux travaux qui se développent depuis quelques années sur l'insertion de fluorures dans le graphite devraient conduire à d'intéressants systèmes électrochimiques.

On peut citer également des systèmes électrochimiques à forte énergie spécifique utilisant des mélanges eutectiques à bas point de fusion comme électrolyte. Ces systèmes ne sont généralement pas réversibles.

Des recherches sont actuellement menées par les électrochimistes en vue de remplacer les électrodes positives des couples métal/oxydes par des fluorures (14). Il s'ensuit une augmentation du  $|\Delta G|$  et donc de la tension. La formation à la surface de l'électrode de fluorures isolants constitue cependant un inconvénient.

Une propriété intéressante des fluorures est leur importante conductivité ionique (15). Il est donc possible de concevoir des batteries à électrolyte solide fluoré. Les performances de ces matériaux sont du même ordre de grandeur que celles de l'alumine  $\beta$  qui est actuellement considéré comme l'électrolyte solide le plus prometteur. Diverses batteries expérimentales ont été réalisées. La plus performante (16) est constituée par la chaîne galvanique  $\text{Pb/PbF}_{2\beta}$ ,  $\text{BiF}_3/\text{Bi}$ . Elle est réalisée en couche mince (1  $\mu\text{m}$ ). Son énergie spécifique modérée (48,7 Wh/kg) comparée à celle des batteries sodium-soufre (80 Wh/kg) ne permet pas une utilisation pour le stockage de grandes quantités d'énergie, mais plutôt pour l'alimentation de circuits électroniques miniaturisés.

Bien qu'il n'existe pas à cette heure de systèmes électrochimiques utilisant les fluorures pour le stockage massif d'énergie, on peut penser que les travaux actuels concernant les matériaux d'électrode et les électrolytes liquides ou solides conduiront à des résultats que laissent espérer les propriétés des fluorures.

Signalons tout d'abord que l'industrie du fluor elle-même est susceptible d'économies d'énergie. On sait en effet que la préparation électrochimique du fluor ou des composés fluorés entraîne de très fortes surtensions anodiques dues à la formation à la surface de l'anode de fluorures isolants électroniques. Une meilleure connaissance des mécanismes d'oxydation anodique apporterait probablement des solutions à ce phénomène coûteux en énergie (18).

Les économies d'énergie peuvent être effectuées dans des domaines nombreux et divers. Les composés du fluor interviennent ou peuvent intervenir dans la plupart d'entre eux. On peut citer par exemple l'utilisation des composés fluorés comme catalyseurs ( $\text{HF}$ ,  $\text{BF}_3$ , superacides...). Nous n'en donnerons pas une liste exhaustive mais nous présenterons quelques exemples d'emploi de composés fluorés pour la réduction des frottements, la revalorisation des calories basses températures, la lutte contre la corrosion.

### IV.1. Réduction des frottements (17)

On sait que 20 % de l'énergie primaire dépensée par l'homme est convertie en énergie mécanique. Bien entendu, cette transformation est limitée par le rendement de Carnot. Dans la pratique, les

rendements sont environ les deux tiers de ce dernier ; i.e. 10 à 40 % seulement de l'énergie fournie par la combustion des combustibles est récupérée sous forme d'énergie mécanique. On considère actuellement que peu de progrès sont possibles pour élever le rendement des moteurs. Par contre, l'utilisation de l'énergie mécanique est susceptible de nombreuses améliorations.

En effet, l'énergie mécanique est très mal utilisée et retourne rapidement sous forme de chaleur en raison des frottements. A titre d'exemple, une automobile roulant à 100 km/h dégrade en 266 m la même énergie que celle qui a été nécessaire pour faire passer sa vitesse de 0 à 100 km/h puis pour l'arrêter. Son rendement énergétique n'est plus que de 3 %.

Une partie des pertes est due au frottement des pièces mécaniques les unes sur les autres. On voit immédiatement l'intérêt de l'utilisation du polytétrafluoroéthylène (Téflon) pour réaliser ces pièces. Ce polymère fluoré possède en effet un coefficient de frottement très faible. Il est environ cinq fois plus faible que celui de l'acier. Il est utilisé pour la réalisation de paliers secs, de pignons... Dans certaines voitures européennes, les chaînes de distribution sont remplacées par des courroies de Téflon. Des moteurs sans huile sont à l'étude, la lubrification étant réalisée par du Téflon.

## IV.2. Valorisation des calories basses températures

La conversion de l'énergie thermique en énergie mécanique puis en énergie électrique est affectée du rendement de Carnot :

$$\frac{W}{Q} = \frac{T_c - T_f}{T_c}$$

$\frac{W}{Q}$  est le rapport du travail obtenu à la quantité de chaleur extraite à la source chaude. La chaleur qui n'est pas convertie en travail ( $W - Q$ ) est cédée à la source froide.

Le rendement est forcément inférieur à 1 (en général  $\approx 0,33$ ). Il est donc thermodynamiquement absurde de transformer le courant électrique ainsi produit en chaleur par effet Joule pour produire des calories basses températures (chauffage des habitations). Il faut reconnaître cependant que le courant électrique est un fluide commode d'emploi, notamment pour la régulation. Les pompes à chaleur permettent d'améliorer son utilisation.

En effet, si on utilise l'énergie électrique sous forme de travail  $W$ , il est possible d'extraire des calories à la source froide pour les injecter à la source chaude :

$$R' = \frac{Q}{W} = \frac{T_c}{T_c - T_f}$$

On voit que dans ce cas le « rendement » est supérieur à 1.

## Bibliographie

- (1) P. Faugeras, *L'actualité chimique*, 1975, **2**, (février) 14.
- (2) D. Steiner, « Material requirements for fusion power » in « Critical materials problem in energy production », C. Stein, Academic Press, 1976.
- (3) M. J. Weber, *id.*
- (4) S. R. Ovshinsky, A. Madan, *Nature* 1978, **276**, 482.
- (5) J. B. Goodenough, *L'actualité chimique*, 1979, **6**, (juin-juillet), 7.
- (6) C. K. Hsieh and R. W. Coldewey, *Solar Energy*, 1974, **16**, 63.
- (7) G. A. Zerlant, « Solar energy materials » in « Critical materials problem in energy production », C. Stein, Academic Press, 1976.
- (8) R. J. Vaillant in « Utilisations et promesses de l'énergie solaire », Eyrolles, 1978.
- (9) R. Dumon in « Energie solaire et stockage d'énergie », Masson, 1977.
- (10) K. Gawson, J. Schröder, *Energy Research*, 1977, **1**, 351.

Une telle opération est possible par l'utilisation de pompes à chaleur. Dans un tel dispositif, le gaz circule dans un circuit fermé. Un compresseur le liquéfie avec dégagement de chaleur dans un condenseur, la chaleur dégagée est cédée à la source chaude. Le liquide obtenu traverse un détendeur qui abaisse sa pression, avant d'arriver à un évaporateur où il redevient gazeux en absorbant de la chaleur.

De nombreux fluides peuvent être utilisés (ammoniac, butane, propane) mais en général les pompes à chaleur fonctionnent avec l'aide de dérivés fluorés des alcanes (fréons). En effet, outre leur faible toxicité, leur grande stabilité thermique, ils possèdent des propriétés physiques et notamment des températures d'ébullition très diverses suivant leur formulation (92,8 °C pour le fréon 112 (CCl<sub>2</sub>F - CCl<sub>2</sub>F) à -82,2 °C pour le fréon 23 (CHF<sub>3</sub>). Il en résulte une grande souplesse d'emploi qui permet le fonctionnement des pompes à chaleur avec des températures de source chaude et de source froide très variées.

Les pompes à chaleur sont utilisées depuis près de 50 ans pour la réfrigération. Leur utilisation pour le chauffage domestique se développe considérablement depuis 1973. On peut ainsi profiter de la souplesse d'utilisation de l'électricité et d'un rendement voisin de celui de la combustion du gaz ou du pétrole lorsque la source froide est l'air ambiant. Lorsqu'on dispose de températures plus élevées pour la source froide l'économie d'énergie devient importante.

Les pompes à chaleur utilisent du courant électrique coûteux en énergie primaire. On peut imaginer des cycles plus compliqués n'utilisant pas de compresseur électrique mais une troisième source à haute température (combustion des hydrocarbures, soleil...) Les rendements sont très élevés. On recherche pour ces dispositifs des fluides stables à haute température ( $T > 350$  °C). Les composés organiques fluorés semblent bien répondre à cette condition. Des composés aromatiques contenant le groupe trifluorométhoxy (-OCF<sub>3</sub>) ont été proposés (20).

## IV.3. Lutte contre la corrosion

L'oxydation des métaux par les agents atmosphériques correspond à une perte d'énergie. En effet la corrosion d'un kilogramme d'acier se transformant en oxyde revient à dépenser 30 MJ d'énergie primaire.

Un nouveau procédé de passivation des surfaces métalliques utilisant un composé fluoré vient d'être découvert par des chimistes du fluor (21). Il consiste à remplacer dans le traitement des tôles les sels de Cr<sup>VI</sup> par du monofluorophosphate de potassium (K<sub>2</sub>PO<sub>3</sub>F). Le mécanisme de passivation n'est pas encore connu. On sait cependant que la durée de vie des pièces métalliques est prolongée de 25 % par rapport au procédé au chrome.

- (11) J. Schröder, *Journal of engineering for industry*, 1975, **97**, n° 3, 893.
- (12) M. Fukuda, T. Iijima, W. Watanabe, 8<sup>th</sup> international symposium on fluorine chemistry, 1976.
- (13) N. Watanabe, Fluorine Chemistry and Industry, Kagaku Kogyo-sha, Tokyo, 1973.
- (14) P. Fiordiponti, S. Panero, G. Pistoia, C. Temperoni, *J. Electrochem., Soc.*, 1978, **125**, n° 4, 511.
- (15) J. M. Reau and J. Portier, « Fluorine ion conductors » in Solid Electrolytes, P. Hagemuller, W. Van Gool, Academic Press, 1978.
- (16) Y. Danto et al., Brevet INPI, n° 7728113.
- (17) Documents OCDE, 1977.
- (18) Rapports des groupes de réflexion et de prospective sur les recherches liées aux problèmes de l'énergie, (CNRS).

## Les coudes $\beta$ dans les protéines

par Marie-Henriette Loucheux-Lefebvre

(Institut de Recherches sur le Cancer de Lille, BP 3567, 59020 Lille Cedex)

### I. Introduction



Il est bien connu que les structures qui, dans les protéines, jouent un rôle essentiel dans leur stabilisation, sont l'hélice  $\alpha$  et la structure en chaîne  $\beta$ ; pendant longtemps elles ont d'ailleurs été considérées comme les deux seules structures organisées pouvant exister dans une protéine. En d'autres termes, les parties de la macromolécule qui n'adoptaient aucune de ces deux conformations étaient considérées comme ne présentant aucune structure régulière, comme « inordonnées ». Mais cette conception a dû

être modifiée à la suite des résultats obtenus par les études aux rayons X, qui, ces vingt dernières années, ont permis de connaître la structure tridimensionnelle d'un nombre important de protéines. A ce jour, on compte environ 40 à 50 protéines dont les structures primaire et tridimensionnelle sont parfaitement élucidées, et ce nombre ne cesse d'augmenter. Dès 1971, ces études par rayons X avaient permis à Lewis et ses collaborateurs (1) de mettre en évidence, au sein de ces zones dites « désordonnées », des séquences de quatre résidus d'acides aminés successifs adoptant une conformation telle qu'ils permettaient à la chaîne macromoléculaire de se replier sur elle-même, de « tourner » d'environ  $180^\circ$ . Cette structure appelée coude  $\beta$  fut ensuite confirmée par de nombreux auteurs étudiant un nombre de plus en plus important de protéines (2-5) qui ont montré que ces térapeptides en coude  $\beta$  représentaient une fraction aussi importante que l'hélice  $\alpha$  ou que la structure  $\beta$  puisque, à partir de 29 protéines (5), il a pu être montré que les proportions de résidus d'acide aminé adoptant une structure en hélice  $\alpha$ , structure  $\beta$  et coudes  $\beta$  étaient respectivement de 38 %, 20 % et 32 % (5).

On peut donc envisager que ce sont ces coudes  $\beta$  qui assurent à la protéine sa forme globulaire et pendant longtemps on a pensé que tel était leur rôle essentiel; les différents termes utilisés alors dans la littérature anglo-saxonne sont, de ce point de vue, significatifs : «  $\beta$ -bends » pour Lewis et ses collaborateurs (1, 2), « hairpin-loops » pour Kuntz (3), « reverse-turns » pour Crawford et ses collaborateurs (4), «  $3_{10}$  bends » pour Dickerson et ses collaborateurs (6).

Mais on s'est aperçu au cours du temps que leur rôle ne se bornait pas à cela et le but de cette mise au point est justement d'essayer de démontrer leur importance dans la structuration fonctionnelle des protéines.

La mise en évidence de l'importance des coudes  $\beta$  s'est faite parallèlement à l'utilisation des méthodes de prédiction de conformation des protéines. Parmi les nombreuses méthodes qui ont été publiées sur ce sujet au cours des dernières années, et dont on trouvera une revue dans la référence 7, nous ne citerons que celle de

Chou et Fasman (8) qui reste incontestablement une des plus utilisées à la fois à cause de sa simplicité de mise en œuvre que de la bonne précision qu'elle permet d'obtenir. Sans entrer dans le détail des règles énoncées par ces auteurs, rappelons-en simplement les bases. Elles ont été établies à partir d'un certain nombre de protéines dont la structure primaire est connue ainsi que la conformation tridimensionnelle par l'étude aux rayons X. Une étude statistique permet alors de déterminer l'aptitude que présente chacun des 20 acides aminés naturels à adopter telle ou telle conformation ; des paramètres structuraux peuvent ainsi être calculés : on définit donc pour un acide aminé donné les paramètres structuraux  $P_\alpha$  et  $P_\beta$  correspondant aux structures  $\alpha$  et  $\beta$  (avec  $P_\alpha = f_\alpha / \langle f_\alpha \rangle$  et  $P_\beta = f_\beta / \langle f_\beta \rangle$  dans lesquels  $f_\alpha$  et  $f_\beta$  représentent le nombre de fois que le résidu considéré est présent dans les séquences en hélice  $\alpha$  ou en structure  $\beta$  et où  $\langle f_\alpha \rangle$  et  $\langle f_\beta \rangle$  représentent le nombre moyen d'acides aminés constituant ces deux sortes de séquences). Dans le cas de prédiction des coudes  $\beta$ , les choses sont un peu plus délicates puisque la position, sur le coude, du résidu de l'acide aminé considéré, intervient elle aussi. Pour cette raison, à côté d'un paramètre conformationnel  $P_i$ , défini comme les  $P_\alpha$  et  $P_\beta$  précédents, il faut tenir compte d'une probabilité

$$P_i = (f_i \times f_{i+1} \times f_{i+2} \times f_{i+3})$$

dans laquelle  $f_i, f_{i+1}, f_{i+2}, f_{i+3}$  représentent les fréquences d'existence des différents résidus soit en position 1 du coude ( $i$ ), ou 2 ( $i+1$ ), ou 3 ( $i+2$ ), ou 4 ( $i+3$ ). Si on a  $P_i > 1 \times 10^{-4}$ , un coude  $\beta$  en position  $i$  pourra être prédit.

## II. Définition d'un coude $\beta$

Pour définir un coude  $\beta$ , il faut d'abord considérer que, pratiquement, la liaison peptidique est plane. La chaîne polypeptidique n'a que deux degrés de liberté par résidu : la rotation autour de la liaison  $C_\alpha-N$ , définie par l'angle  $\Phi$ , et celle autour de la liaison  $C_\alpha-C'$ , définie par l'angle  $\Psi$  (Figure 1). Dans cette nomenclature,  $C_\alpha$  définit le carbone asymétrique,  $C'$  le carbone sur lequel l'oxygène est attaché. Pour définir ces angles diédraux  $\Phi$  et  $\Psi$ , la convention proposée par la commission de nomenclature en biochimie de l'IUPAC-IUB en 1970 a été adoptée (9) : dans ce cas, la chaîne totalement étendue correspond à  $\Phi = \Psi = 180^\circ$ . Pour des structures comme l'hélice  $\alpha$  ou la structure  $\beta$ , les valeurs des angles  $\Phi$  et  $\Psi$  sont identiques pour tous les résidus situés dans la séquence qui adopte cette conformation : pour l'hélice  $\alpha$ ,  $(\Phi, \Psi) \simeq -60^\circ, -50^\circ$  ; pour la structure  $\beta$  parallèle,  $(\Phi, \Psi) \simeq -120^\circ, 110^\circ$  ; pour la structure  $\beta$  anti-parallèle,  $(\Phi, \Psi) \simeq -140^\circ, 135^\circ$ . Par contre, pour les coudes  $\beta$ , il n'existe pas une structure unique, mais plusieurs qui toutes permettent à la chaîne macromoléculaire, par l'intermédiaire du térapeptide qui adopte cette structure en coude  $\beta$ , de se replier sur elle-même. Deux d'entre eux sont représentés sur la figure 2. Depuis les travaux de Venkatachalam (10) qui, le premier, a donné les caractéristiques de trois coudes  $\beta$ , il a été possible, à partir de données cristallographiques d'en identifier onze (5) qui sont rapportés dans le tableau 1. Comme le montre la figure 2, ce sont les angles diédraux  $\Phi, \Psi$  correspondant aux résidus en position 2 ( $i+1$ ) et 3 ( $i+2$ ) qui

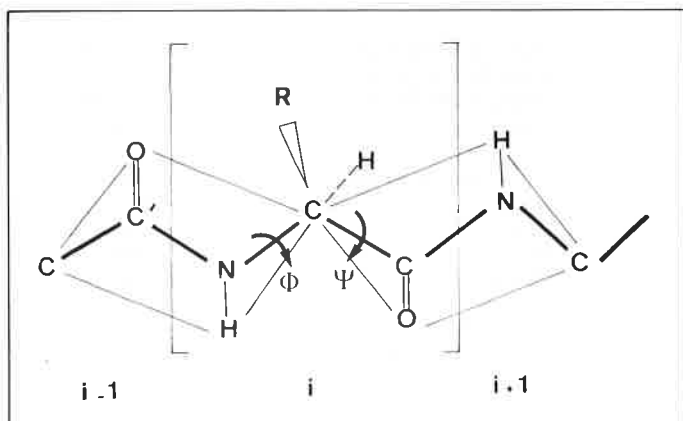


Figure 1. Définition des angles  $\Phi$  et  $\Psi$ .

Il a ainsi été possible de montrer que certains résidus présentaient une préférence plus grande d'occuper telle position dans le coude plutôt que telle autre. C'est le cas, par exemple, de la proline dont la probabilité élevée de se trouver en position 2 du coude (30 %) tombe à 3 % quand il s'agit de la position 3. D'un point de vue plus général, ce sont les résidus d'asparagine, de glycine, de sérine et de proline qui présentent, quelle que soit leur position, la probabilité la plus élevée de se trouver dans un coude  $\beta$ . Par contre, les résidus hydrophobes y seront rarement observés. Enfin, il est intéressant également de considérer la nature des résidus d'acides aminés qui se trouvent dans le voisinage des coudes  $\beta$ . Cette étude a été réalisée par Chou et Fasman (5) qui constatèrent que dans les régions adjacentes aux coudes  $\beta$  on trouve un grand nombre de résidus hydrophobes, c'est-à-dire des résidus favorisant la formation soit d'hélice  $\alpha$ , soit de structure  $\beta$  qui sont alors disposées de part et d'autre du coude  $\beta$ . Cette disposition privilégiée favorise des interactions soit hélice  $\alpha$ -hélice  $\alpha$ , soit structure  $\beta$ -hélice  $\alpha$ , aussi bien que la formation de structure  $\beta$  anti-parallèle, qui stabilisent le coude  $\beta$ .

Le rôle essentiel que jouent les coudes  $\beta$  dans les protéines sera illustré par les exemples suivants :

- la conservation des coudes  $\beta$  au cours de l'évolution des protéines,
- la phosphorylation des protéines,
- les glycoprotéines,
- les caséines  $\kappa$ , qui présentent à la fois des sites de phosphorylation et des sites de glycosylation et qui sont connues pour différentes espèces, seront plus spécialement étudiées.

Tableau 1. Classification des différents types de coude suivant la valeur des angles diédraux  $(\Phi, \Psi)_2$  et  $(\Phi, \Psi)_3$  des deux résidus centraux  $i+1$  et  $i+2$  (d'après la référence 11).

Type de coude	Angles diédraux en degrés			
	$\Phi_2$	$\Psi_2$	$\Phi_3$	$\Psi_3$
I	-60	-30	-90	0
I'	60	30	90	0
II	-60	120	80	0
II'	60	-120	-80	0
III	-60	-30	-60	-30
III'	60	30	60	30
IV	Au moins deux des quatre angles $\Phi\Psi$ considérés différent de plus de $40^\circ$ des valeurs données ci-dessus.			
V	-80	80	80	-80
V'	80	-80	-80	80
VI	Coude caractérisé par la présence d'un résidu Pro de configuration <i>cis</i> en position 3.			
VII	Un coude est créé le long de la chaîne protéique pour $\Psi_2 \simeq 180^\circ$ et $ \Phi_3  < 60^\circ$ ou $ \Psi_2  < 60^\circ$ et $\Phi_3 \simeq 180^\circ$ .			

permettront au térapeptide d'adopter une structure telle que la chaîne se repliera sur elle-même. Ce sont donc ces deux séries de valeurs d'angles qui sont données dans le tableau 1. Dans la nomenclature utilisée, le signe « prime », comme dans I', II', III' et V', signifie que les coudes correspondants sont respectivement l'image dans un miroir des coudes I, II, III, V. Cela correspond à des valeurs des angles  $(\Phi, \Psi)_2$  et  $(\Phi, \Psi)_3$  égales, au signe près. Les coudes I, II et III, donc aussi I', II' et III', avaient été identifiés par Venkatachalam (10). Ceux de type V et V' l'ont été par Lewis et ses collaborateurs (2). Les résultats cristallographiques sur un certain nombre de protéines montrent que ce sont les coudes de type I qui sont rencontrés le plus fréquemment dans les protéines, puis ceux de type III, et enfin ceux de type II. Ceux de type I', II' et III' ne se rencontrent pas souvent et

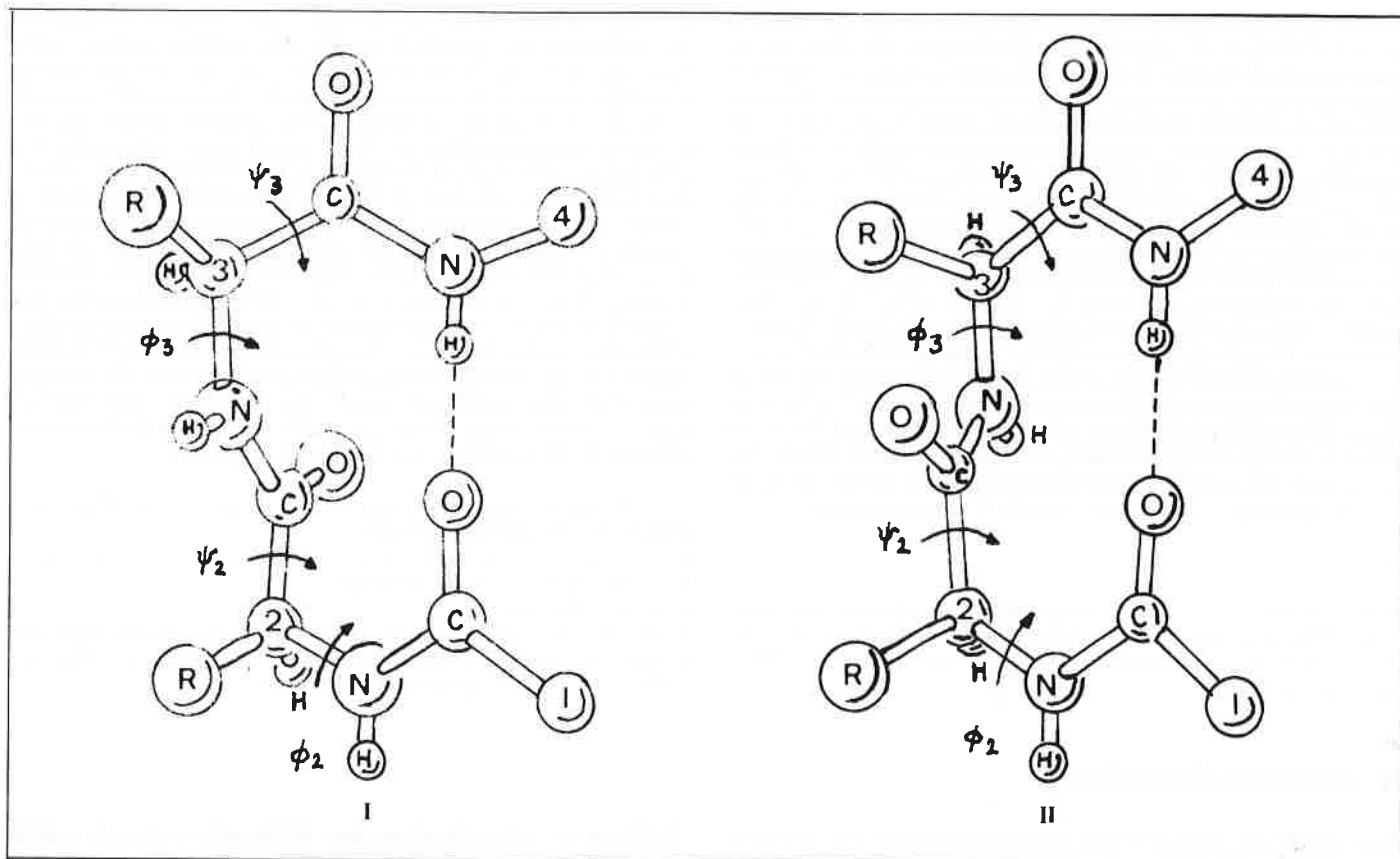


Figure 2. Représentation schématique de deux coudes  $\beta$ .

D'après Dickerson *et al.* (6).

(Les atomes de carbone  $\alpha$  sont numérotés 1, 2, 3, 4). Celui de gauche correspond à un coude  $\beta$  de type I avec  $(\Phi, \Psi)_2 = (-60^\circ, -30^\circ)$  et  $(\Phi, \Psi)_3 = (-90^\circ, 0^\circ)$  et celui de droite à un coude  $\beta$  de type II avec  $(\Phi, \Psi)_2 = (-60^\circ, 120^\circ)$  et  $(\Phi, \Psi)_3 = (80^\circ, 0^\circ)$ .

Tableau 2. Sites de phosphorylation.

La sérine ou la thréonine phosphorylée est indiquée par un astérisque. Les quatre résidus d'acide aminé qui adoptent une structure en coude  $\beta$  sont soulignés. Le résidu basique au voisinage du résidu phosphorylé est écrit en italique. Certains sites de phosphorylation ont été identifiés soit *in vivo* soit *in vitro* et sont indiqués dans le tableau. Quand aucune mention spéciale n'est donnée, il s'agit de sites « probables ».

Phosphoprotéine	Localisation	Séquence	Espèce	Référence
Histone H1	37 ou 38	<u>Lys-Ala-Sér<sup>*</sup>-Gly-Pro</u>	Foie de Rat <i>in vivo</i> Foie de Veau <i>in vitro</i> Cerveau de Porc <i>in vitro</i> Lapin	34, 35 34, 35 34, 35 36
	105	<u>Ala-Ser-Gly-Sér<sup>*</sup>-Phe-Lys</u>	Foie de Veau <i>in vitro</i> Foie de Rat <i>in vitro</i> Thymus de Veau <i>in vitro</i> Truite	37, 38 37, 38 37, 38 39
Histone H2A (numérotation : Veau; alignement : cf. réf. 9)	1	<u>Sér<sup>*</sup>-Gly-Arg-Gly</u>	Testicules de Truite <i>in vitro</i> Veau Oursin Rat Truite Poulet	40 41 42 43 44
	19	<u>Thr-Arg-Ser-Sér<sup>*</sup></u>	Cerveau de Porc <i>in vitro</i> Veau Rat Truite	34 41 43 44

Phosphoprotéine	Localisation	Séquence	Espèce	Référence	
Histone H2B (numérotation : Veau ; alignements : cf. réf. 17 et 18)	19	<u>Ser-Arg-Ser-Ser*</u>	Oursin Poulet	42 45	
	14	<u>Lys-Lys-Gly-Ser*</u>	Cervelle de Porc <i>in vitro</i> Veau Truite	34, 35 46 47	
	36	<u>Lys-Glu-Ser*-Tyr-Ser</u>	Veau	46	
	36	<u>Lys-Glu-Ser*-Thr-Ser</u>	Cervelle de Porc <i>in vitro</i> Lymphocytes humains <i>in vitro</i>	34 48, 49	
		<u>Lys-Glu-Ser*-Tyr-Ala</u> <u>Lys-Glu-Ser*-Tyr-Gly</u>	Truite Oursin	47 50, 51	
	6	<u>Pro-Ala-Lys-Ser*-Ala-Pro-Lys</u>	Testicules de Truite <i>in vitro</i> Veau Truite	52 46 47	
	32	<u>Arg-Ser*-Arg-Lys</u>	Veau Truite	46 47	
	Histone H4	1	<u>Ser*-Gly-Arg-Gly</u>	Testicules de Truites <i>in vivo</i>	40
	Histone H5	45	<u>Ser-Ser*-Arg-Gln</u>	Pigeon <i>in vitro</i> Poulet Oie	53 54 55
	Phosphorylase b	91	<u>Gly-Ala-Gly-Ser*-Ser*-Phe-Arg</u>	Pigeon <i>in vitro</i>	53
14		<u>Ser*-Val-Arg-Gly</u>	Muscle de Lapin <i>in vitro</i> Muscle humain <i>in vitro</i>	56, 57, 58 56, 57, 58	
Protéine basique de la myéline	12	<u>His-Gly-Ser*-Lys</u>	Muscle cardiaque de Bœuf <i>in vitro</i>	59	
	110	<u>Gly-Arg-Gly-Leu-Ser*-Leu-Ser-Arg</u>	Muscle de Lapin <i>in vitro</i>	60, 61	
	55	<u>Arg-Gly-Ser*-Gly-Lys</u>	Muscle de Lapin <i>in vitro</i>	62	
Phosphorylase ki- nase sous-unité $\alpha$ sous-unité $\beta$		<u>Arg-Leu-Ser*-Ile-Ser</u> <u>Arg-Ser-Gly-Ser*</u>	Muscle de Lapin <i>in vitro</i>	63 64	
	Troponine 1	<u>Ala-Ile-Thr*-Ala-Arg-Arg</u> <u>Val-Lys-Ser-Ser*</u> <u>Val-Arg-Met-Ser*</u>	Muscle de Lapin <i>in vitro</i> Muscle de Lapin <i>in vitro</i> Muscle de Lapin <i>in vitro</i>	65, 66 65, 66 65, 66	
Protamine I	6, 7, 8	<u>Ser*-Ser*-Ser*-Arg</u>	Sperme de Truite <i>in vitro</i>	67	
	21	<u>Ser*-Arg-Arg-Arg</u>	Sperme de Truite <i>in vitro</i>	67	
Inhibiteur de la phosphatase		<u>Arg-Pro-Thr*-Pro</u>		68	
Caséine $\kappa_A$	149	<u>Ser*-Pro-Glu-Val</u>	Vache	69, 70	
	151	<u>Ser*-Ser-Glu-Ser</u>	Chèvre	71	

ceux de type V et V' encore plus rarement. Lewis et ses collaborateurs (2) ont également mis en évidence d'autres térapeptides permettant à la chaîne polypeptidique de se replier sur elle-même, désignés par IV,

VI et VII. Parmi eux, les coudes de type VI et VII ont une probabilité quasi nulle de se rencontrer sur les protéines, alors que celui de type IV l'est assez souvent.

### III. Conservation des coudes $\beta$ dans les protéines

Nous avons vu précédemment que l'identification des coudes  $\beta$  dans les protéines avait été possible grâce aux études cristallographiques qui ont permis la détermination de la structure tridimensionnelle

d'un certain nombre d'entre elles. Il était donc intéressant de voir ce que devenaient ces coudes  $\beta$  pour une même protéine au cours de l'évolution. Une telle étude peut être facilement envisagée en utilisant

Inhibiteur de la protéase du pancréas de Boeuf	Arg Pro Asp Phe	Cys	Leu Glu Pro Pro Tyr Thr	Gly Pro	Cys	Lys Ala Arg Ile Ile Arg Tyr
Inhibiteur de la protéase du colostrum de Vache	Phe Gln Thr Pro Pro Asp Leu	Cys	Gln Leu Pro Gln Ala Arg	Gly Pro	Cys	Lys Ala Leu Leu Arg Tyr
Inhibiteur de la protéase du blanc d'oeuf de Tortue	(Lys, Glx, Asx, Gly, Arg) Asp Ile	Cys	Arg Leu Pro Pro Glu Gln	Gly Pro	Cys	Lys Gly Arg Ile Pro Arg Tyr
Inhibiteur K de la protéase d'Escargot	Glu Gly Arg Pro Ser Phe	Cys	Asn Leu Pro Ala Glu Thr	Gly Pro	Cys	Lys Ala Ser Phe Arg Gln Tyr
Toxine de la Vipère de Russell	His Asp Arg Pro Thr Phe	Cys	Asn Leu Ala Pro Glu Ser	Gly Arg	Cys	Arg Gly His Leu Arg Arg Ile
Toxine K du Mamba noir	Ala Ala Lys Tyr	Cys	Lys Leu Pro Leu Arg Ile	Gly Pro	Cys	Lys Arg Lys Ile Pro Ser Phe
Toxine I du Mamba noir	(Gln, Pro) Leu Arg Lys Leu	Cys	Ile Leu His Arg Asn Pro	Gly Arg	Cys	Tyr Gln Lys Ile Pro Ala Phe
Inhibiteur de la protéase du pancréas de Boeuf	Phe Tyr Asn Ala Lys Ala Gly Leu	Cys	Gln Thr	Phe Val Tyr	Gly	Cys Arg Ala Lys Arg Asn Asn Phe
Inhibiteur de la protéase du colostrum de Vache	Phe Tyr Asx Ser Thr Ser Asn Ala	Cys	Glu Pro	Phe Thr Tyr	Gly	Cys Gln Gly Asn Asn Asx Asn Phe
Inhibiteur de la protéase du blanc d'oeuf de Tortue	Phe Tyr Asn Pro Ala Ser Arg Met	Cys	Glu Ser	Phe Ile Tyr	Gly	Cys Lys Gly Asn Lys Asn Asn Phe
Inhibiteur K de la protéase d'Escargot	Tyr Tyr Asn Ser Lys Ser Gly Gly	Cys	Gln Gln	Phe Ile Tyr	Gly	Cys Arg Gly Asn Gln Asn Arg Phe
Toxine de la Vipère de Russell	Tyr Tyr Asn Leu Glu Ser Asn Lys	Cys	Lys Val	Phe Tyr	Gly	Cys Gly Gly Asn Ala Asn Asn Phe
Toxine K du Mamba noir	Tyr Tyr Lys Trp Lys Ala Lys Gln	Cys	Leu Pro	Phe Asp Tyr Ser	Gly	Cys Gly Gly Asn Ala Asn Arg Phe
Toxine I du Mamba noir	Tyr Tyr Asn Gln Lys Lys Lys Gln	Cys	(Glx, Gly) Phe	Thr Trp Ser	Gly	Cys Gly Gly Asn Ser Asn Arg Phe
Inhibiteur de la protéase du pancréas de Boeuf	Lys Ser Ala Glu Asp	Cys	Met Arg Thr	Cys Gly Gly Ala		
Inhibiteur de la protéase du colostrum de Vache	Glu Thr Thr Glu Met	Cys	Leu Arg Ile	Cys Glu Pro Pro Gln Gln Thr Asp Lys Ser		
Inhibiteur de la protéase du blanc d'oeuf de Tortue	Lys Thr Lys Ala Glu	Cys	Val Arg Thr	Cys Gly Pro Gly Ile Cys Leu		
Inhibiteur K de la protéase d'Escargot	Asp Thr Thr Gln Gln	Cys	Gln Gly Val	Cys Val		
Toxine de la Vipère de Russell	Glu Thr Arg Asp Glu	Cys	Arg Gln Thr	Cys Gly Gly Lys		
Toxine K du Mamba noir	Lys Thr Ile Glu Glu	Cys	Arg Arg Thr	Cys Val Gly		
Toxine I du Mamba noir	Lys Thr Ile Glu Glu	Cys	Arg Arg Thr	Cys Ile Arg Lys		

Les onze résidus invariants sont encadrés. La structure tridimensionnelle de l'inhibiteur de la trypsine pancréatique de Boeuf (1<sup>re</sup> ligne) est connue (12) : les tétrapeptides correspondant à des coudees β sont soulignés, ainsi que ceux prédicts (11) dans les autres inhibiteurs.

Figure 3. Séquences primaires de sept homologues de l'inhibiteur de la protéase (d'après Creighton, réf. 13).







	76	80	85	90	95	100
Boeuf	Tyr Ser	Ile Thr	Cys Arg	Glu Thr	Lys Tyr	Ala Tyr
Cheval	Ser Ser	Ile Thr	Cys Arg	Leu Thr	Lys Tyr	Ala Tyr
Chèvre	Tyr Ser	Ile Thr	Cys Arg	Glu Thr	Lys Tyr	Ala Tyr
Chevreuil	Asn Ser	Ile Thr	Cys Arg	Glx Ser	Lys Tyr	Val Tyr
Cerf	Asn Ser	Ile Thr	Cys Arg	Glx Ser	Lys Tyr	Val Tyr
Cochon	Asn Ser	Ile Thr	Cys Arg	Gln Thr	Lys Tyr	Val Tyr
Rat	Ser Ser	Ile Thr	Cys Arg	Leu Thr	Lys Tyr	Ala Tyr
Girafe	Tyr Ser	Ile Thr	Cys Arg	Glu Thr	Lys Tyr	Ala Tyr
Coypu	Asn Ser	Ile Thr	Cys Arg	Val Thr	Lys Tyr	Ala Tyr
Chinchilla	Asn Ser	Ile Thr	Cys Arg	Leu Thr	Lys Tyr	Ala Tyr
Cochon d'Inde A	Tyr Ser	Ile Thr	Cys Arg	Leu Thr	Lys Tyr	Ala Tyr
Cochon d'Inde B	Tyr Ser	Ile Thr	Cys Arg	Val Thr	Lys Tyr	Ala Tyr
Boeuf	Gln Ala	Ile Val	Ala Cys	Gly Asn	Val Pro	Asp Ala
Cheval	Gln Lys	Ile Val	Ala Cys	Gly Asn	Val Pro	Asp Ala
Chèvre	Gln Ala	Ile Val	Ala Cys	Gly Asn	Val Pro	Asp Ala
Chevreuil	Glx Ala	Ile Val	Ala Cys	Gly Asn	Val Pro	Asp Ala
Cerf	Glx Ala	Ile Val	Ala Cys	Gly Asp	Val Pro	Asp Ala
Cochon	Gln Glu	Ile Val	Ala Cys	Gly Asn	Val Pro	Asp Ala
Rat	Asn Ser	Ile Ile	Ala Cys	Gly Asn	Val Pro	Asp Ala
Girafe	Gln Ala	Ile Ile	Ala Cys	Gly Asn	Val Pro	Asp Ala
Coypu	Gln Glu	Ile Ile	Ala Cys	Gly Asn	Val Pro	Asp Ala
Chinchilla	Arg Glu	Ile Ile	Ala Cys	Gly Asn	Val Pro	Asp Ala
Cochon d'Inde A	Gln Ala	Ile Ile	Ala Cys	Gly Lys	Val Pro	Asp Ala
Cochon d'Inde B	Gln Ala	Ile Ile	Ala Cys	Gly Asp	Val Pro	Asp Ala
Boeuf	126					
Cheval	Thr					
Chèvre						
Chevreuil						
Cerf						
Cochon						
Rat						
Girafe						
Coypu						
Chinchilla						
Cochon d'Inde A						
Cochon d'Inde B						
Boeuf	101	105	110	115	120	125
Cheval	Gln Ala	Ile Val	Ala Cys	Gly Asn	Val Pro	Asp Ala
Chèvre	Gln Lys	Ile Val	Ala Cys	Gly Asn	Val Pro	Asp Ala
Chevreuil	Glx Ala	Ile Val	Ala Cys	Gly Asn	Val Pro	Asp Ala
Cerf	Glx Ala	Ile Val	Ala Cys	Gly Asp	Val Pro	Asp Ala
Cochon	Gln Glu	Ile Val	Ala Cys	Gly Asn	Val Pro	Asp Ala
Rat	Asn Ser	Ile Ile	Ala Cys	Gly Asn	Val Pro	Asp Ala
Girafe	Gln Ala	Ile Ile	Ala Cys	Gly Asn	Val Pro	Asp Ala
Coypu	Gln Glu	Ile Ile	Ala Cys	Gly Asn	Val Pro	Asp Ala
Chinchilla	Arg Glu	Ile Ile	Ala Cys	Gly Asn	Val Pro	Asp Ala
Cochon d'Inde A	Gln Ala	Ile Ile	Ala Cys	Gly Lys	Val Pro	Asp Ala
Cochon d'Inde B	Gln Ala	Ile Ile	Ala Cys	Gly Asp	Val Pro	Asp Ala
Boeuf	126					
Cheval	Thr					
Chèvre						
Chevreuil						
Cerf						
Cochon						
Rat						
Girafe						
Coypu						
Chinchilla						
Cochon d'Inde A						
Cochon d'Inde B						

**Figure 5. Séquences primaires de douze homologues de la ribonucléase (d'après les références 25, 26, 27, 28).**  
 Les résidus invariants sont encadrés. La structure tridimensionnelle de la ribonucléase de Bœuf (1<sup>re</sup> ligne) est connue (24) : les tétrapeptides correspondant à des coudes  $\beta$  y sont soulignés, ainsi que ceux prédits dans les autres ribonucléases (11).

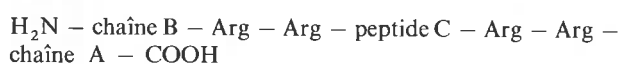
les méthodes de prédiction de conformation à partir de la structure primaire : en effet, les variations de séquence pouvant exister d'une protéine à une autre sont plus facilement mises en évidence que n'est réalisée une étude cristallographique sur chacune d'elle. Ce sont Chou et Fasman eux-même qui ont réalisé une telle étude (11). Nous donnons ici les résultats qu'ils ont obtenus à partir de trois classes de protéines : plusieurs inhibiteurs de protéases, le peptide C de différentes proinsulines et certaines ribonucléases.

### III.1. Inhibiteurs de protéases

Laskowski et ses collaborateurs (12) ainsi que Creighton (13) ont mis en évidence des homologues de séquence de sept inhibiteurs de protéases, malgré leur grande différence d'ordre phylogénétique (inhibiteur de la trypsine pancréatique de Bœuf, de protéases du colostrum de Vache, du blanc d'œuf de Tortue, de l'Escargot, ainsi que la toxine de la Vipère de Russel (*Vipera russelli*) et les toxines K et I du Mamba noir) (Figure 3). Dans tous les cas, les six résidus de cystéine peuvent toujours être appariés pour donner entre les résidus 5-55, 30-51 et 14-38 les ponts disulfurés et, pour ces résidus, il n'y a ni délétion, ni insertion. Si l'on considère les sept séquences de la figure 3, on constate que seuls cinq autres résidus d'acides aminés sont invariants, autrement dit, qu'il n'y a finalement que 20 % de résidus qui sont conservés pour ces sept protéines. Les probabilités d'existence des coudes  $\beta$  ont été calculées et les profils correspondants en ont été tracés (11). Ils montrent que les coudes  $\beta$  sont conservés. De plus, puisque la structure tridimensionnelle de la protéine d'origine bovine a été déterminée aux rayons X par Deisenhofer et Steigemann (14), il est intéressant de constater que les prédictions de conformation donnent des résultats tout à fait comparables. Les tétrapeptides 12-15, 25-28, 37-40 et 41-44 adoptent une structure en coude  $\beta$ . De plus, sur les onze résidus invariants, quatre (Gly<sub>12</sub>, Cys<sub>14</sub>, Gly<sub>37</sub>, Cys<sub>38</sub>) sont situés dans les coudes 12-15 et 37-40. Trois autres (Tyr<sub>23</sub>, Cys<sub>30</sub> et Phe<sub>44</sub>) sont situés tout près des coudes 25-28 et 41-44. Cette étude met, non seulement, en évidence l'homologie qui existe entre les différents inhibiteurs, mais elle a permis aussi d'infirmer l'hypothèse de Reddy et de ses collaborateurs (15) selon laquelle ces différentes protéines étaient aussi homologues de l'inhibiteur de la bromélaïne d'ananas comme auraient pu le faire penser les résultats préliminaires concernant la séquence de cette protéine. Cependant, lorsque la séquence primaire fut entièrement connue (13), les prédictions de conformation ont permis de montrer qu'il n'existait aucune analogie entre sa structure secondaire et celles des sept autres inhibiteurs.

### III.2. Peptide C de la pro-insuline

Le précurseur de l'insuline, la pro-insuline, est synthétisé sous forme d'une chaîne polypeptidique unique que l'on peut caractériser par le schéma suivant :



dans lequel les deux chaînes polypeptidiques A et B sont réunies par l'intermédiaire d'un peptide possédant deux résidus Arg à chacune de ses extrémités N- et C-terminales. La transformation de la pro-insuline en insuline s'effectue grâce à une protéolyse limitée de la pro-insuline (16, 17) dans laquelle le peptide C est libéré (c'est-à-dire le peptide de jonction entre les chaînes A et B, moins les quatre résidus Arg). La longueur du peptide C varie beaucoup d'une espèce à l'autre (Figure 4) et, en particulier, il est constitué de vingt-six résidus d'acides aminés chez le Bœuf et le Mouton, vingt-neuf chez le Porc et le Cochon d'Inde, et trente-et-un chez l'Homme, le Singe, le Chinchilla, le Cheval et le Rat chez qui deux variants ont pu être caractérisés (18). Bien que le rôle du peptide C ne soit pas encore

connu, il est intéressant de noter que la fraction de la chaîne protéique de la proinsuline, qui deviendra ensuite l'insuline elle-même, possède la même structure dans la proinsuline que dans l'insuline (19, 20). Snell et Smyth (21) proposèrent une structure secondaire pour les neuf peptides C de pro-insuline indiqués figure 4 prédites à partir des règles empiriques de Chou et Fasman (8). Une telle détermination fut également réalisée par Vogt et ses collaborateurs (22) et enfin par Chou et Fasman eux-mêmes (11) qui utilisent alors des paramètres conformationnels obtenus à partir d'un nombre plus important de protéines. Les trois séries de résultats (11, 21, 22) sont tout à fait comparables : on observe que, bien qu'il n'y ait que le tiers environ des résidus qui soient invariants pour les neuf peptides considérés, une remarquable conservation de structure secondaire est observée : un tétrapeptide adoptant une structure en coude  $\beta$  est toujours prévu au centre du peptide C, dans la région 12-20 alors que cette probabilité est quasi nulle dans le reste de la molécule, où deux séquences hélicoïdales sont prévues, de part et d'autre du coude  $\beta$  (11). Chou et Fasman pensent qu'une telle configuration qui, parce qu'elle permettrait un repliement approprié des parties hélicoïdales, servirait à masquer la région de l'insuline qui se lie au récepteur (23) justifiant ainsi le fait que la pro-insuline soit inactive.

### III.3. Ribonucléases

La structure tridimensionnelle de la ribonucléase S pancréatique de Bœuf a été déterminée aux rayons X (24). A partir de cette étude, il a été possible de mettre en évidence onze coudes  $\beta$  correspondant aux tétrapeptides 16-19, 23-26, 34-37, 36-39, 65-68, 66-69, 75-78, 87-90, 91-94, 92-95 et 112-115 (Figure 5). Puisque la séquence d'un certain nombre de ribonucléases A de différentes espèces est connue, il était intéressant de rechercher si les coudes  $\beta$  étaient conservés pour ces différentes protéines. C'est ce que Chou et Fasman (11) ont réalisé à partir des ribonucléases de Bœuf (25), de Cheval, de Chèvre, de Chevreuil, de Cerf, de Cochon, de Rat (26), de Girafe (27) de Coypu, de Chinchilla et de Cochon d'Inde (28). Huit des douze espèces considérées ont des longueurs de chaînes de 124 résidus. Les séquences de la ribonucléase varient d'environ 25 % dans les espèces étudiées. L'invariabilité de la distribution des résidus hydrophobes aurait pour effet de stabiliser la structure secondaire et ce rôle a été discuté récemment par Leustra et ses collaborateurs (29). Les probabilités de formation de coudes  $\beta$  ont été calculés (11). Les tétrapeptides correspondants ont été soulignés dans la figure 5. Pour la ribonucléase S, ce sont les coudes  $\beta$  identifiés par rayons X qui ont été soulignés. Comme on peut le remarquer, seule la séquence 65-68 est constituée de résidus d'acide aminé identiques pour les douze espèces. Elle correspond au tétrapeptide Cys-Lys-Asn-Gly qui présente une probabilité très élevée d'adopter une structure en coude  $\beta$ .

Pour les douze espèces étudiées, aucun coude  $\beta$  n'est prévu entre les résidus 40 et 65. Il est intéressant de constater, à partir de l'étude tridimensionnelle de la ribonucléase S, que cette région contient deux séquences en structure  $\beta$ , 42-48 et 60-65, entourant une zone hélicoïdale, 50-59. On constate de plus que l'accessibilité au solvant de cette zone est quasi nulle (24). Par contre, les résidus pour qui l'accessibilité du solvant est élevée sont trouvés dans des coudes  $\beta$ , indiquant que les régions de repliement de la chaîne se trouvent surtout à la surface de la protéine. Enfin, la position des ponts disulfurés (Cys<sub>40</sub>-Cys<sub>72</sub>, Cys<sub>84</sub>-Cys<sub>110</sub>) montre que ce sont les coudes  $\beta$  qui doivent induire l'organisation spatiale favorable à leur formation. Il semble donc que les coudes  $\beta$  jouent un rôle particulièrement important puisqu'ils permettent la conservation au cours de l'évolution de caractéristiques structurales importantes qui permettraient de préserver certaines fonctions biologiques.

## IV. Phosphorylation des protéines

Le rôle de la phosphorylation des protéines dans les phénomènes de régulation métabolique est maintenant bien connu (30). Cette phosphorylation, bien que n'impliquant que les résidus de sérine et de thréonine, se fait en des sites très spécifiques. Il n'a cependant pas été possible de mettre en évidence des homologues de séquences pour expliquer cette spécificité (31). Par contre, un examen systématique

des séquences entourant les résidus phosphorylés dans un certain nombre de phosphoprotéines intracellulaires montre que l'on trouve généralement au voisinage de la sérine ou de la thréonine phosphorylée un résidu d'acide aminé dont la chaîne latérale porte une charge positive. Plus précisément, cet acide aminé basique (lysine ou arginine) qui peut être situé aussi bien du côté N- que C-terminal du

**Tableau 3. Sites de glycosylation.**

Cas des chaînes N-glycosylées. Le groupement asparagine portant la chaîne glycanique est indiqué par un astérisque. Le coude  $\beta$  est souligné.

Glycoprotéine	Localisation	Séquence	Référence
Lactoferrine humaine	6	<u>Gly-Ser-Asn-Val-Thr</u> <sup>**</sup>	77
Protéine de la salive parotidienne humaine		<u>Gly-Pro-Asn-Gln-Ser</u> <sup>**</sup>	78
Orosomucoïde humain	15	<u>Thr-Asn-Ala-Thr</u> <sup>**</sup>	79
	38	<u>Tyr-Asn-Lys-Ser</u> <sup>**</sup>	79
	54	<u>Thr-Pro-Asn-Lys-Thr</u> <sup>**</sup>	79
	75	<u>Tyr-Asn-Ser-Ser</u> <sup>**</sup>	79
	85	<u>Asn-Gly-Thr-Val-Ser</u>	79
Avidine de Poule	17	<u>Gly-Ser-Asn-Met-Thr</u> <sup>**</sup>	80
Bromelaine d'ananas	20	<u>Pro-Arg-Asn-Asn-Glu-Ser</u> <sup>**</sup>	81
Chaîne $\gamma$ du fibrinogène humain	52	<u>Asn-Lys-Thr-Ser</u> <sup>**</sup>	82
Chaîne $\beta$ de l'haptoglobine humaine	32	<u>Asx-Asn-Ser-Thr</u> <sup>**</sup>	83
Hormone lutéinisante de Mouton. Chaîne $\alpha$	56	<u>Pro-Lys-Asn-Ile-Thr</u> <sup>**</sup>	84
	82	<u>Glu-Asn-His-Thr</u> <sup>**</sup>	84
Transferrine de Poulet	6	<u>Asn-Arg-Thr-Gly</u> <sup>**</sup>	85
	336	<u>Met-Asn-Asn-Ser</u> <sup>**</sup>	85

Tableau 3 (suite).

Glycoprotéine	Localisation	Séquence	Référence
Macroglobuline Ou de Waldenstrom. Chaîne $\mu$	170	<u>Asn-Asn-Asn-Lys-Ser</u> **	86
	332	<u>Gln-Asn-Ala-Ser</u> **	86
	395	<u>His-Thr-Asn-Ile-Ser</u> **	86
	402	<u>His-Pro-Asn-Ala-Thr</u> **	86
	563	<u>Tyr-Asn-Val-Ser</u> **	86
Ribonucléase pancréatique de Porc	21	<u>Ser-Ser-Asn-Ser-Ser</u> **	87
	34	<u>Arg-Arg-Asn-Met-Thr</u> **	
	76	<u>Gln-Ser-Asn-Ser-Thr</u> **	
Ribonucléase pancréatique de Boeuf	34	<u>Ser-Arg-Asn-Leu-Thr</u> **	88
Hormone cortico-gonadotropine humaine (HCG) sous-unité	52	<u>Lys-Asn-Val-Thr-Ser</u> **	89
	78	<u>Glu-Asn-His-Thr</u> **	89
Prothrombine de Boeuf	77	<u>Tyr-Arg-Glu-Asn-Val-Ser</u> **	90
	101	<u>Glu-Ile-Asn-Ser-Thr-Thr</u> **	90
	376	<u>Trp-Asp-Lys-Asn-Phe-Thr</u> **	90
Fibrinopeptide Lamproie	9	<u>Thr-Asn-Asn-Ser-Asp-Pro</u> **	90
Lipases pancréatiques L <sub>A</sub> et L <sub>B</sub> de Porc		<u>Thr-Asn-Gly-Thr-Ile</u> **	91

Tableau 3 (suite).

Glycoprotéine	Localisation	Séquence	Référence
Céruleoplasmine (Homme et Porc)		<u>TYR-Asn-Asp-Thr</u> **	92
		<u>Asn-Val-Ser-Asn</u> **	92
	(Porc)	<u>Thr-Lys-Glu-Asn</u> **	92
Ovalbumine de Poule		<u>Glu-Lys-Tyr-Asn-Leu-Thr</u> *	93
Phosvitine de Poule		<u>Gly-His-Gly-Asn-Lys-Ser-Ser</u> **	94
Fétuine de Boeuf		<u>Ser-Asn-Gly-Ser</u> **	95
		<u>Asn-Asp-Ser-Arg</u> **	95

résidu phosphorylé n'en est séparé que par un seul acide aminé qui peut être de n'importe quelle nature. Il était donc tentant de rechercher l'existence d'un « signal de reconnaissance » au niveau de la structure secondaire. A partir des vingt-quatre protéines phosphorylées qui ont été étudiées jusqu'ici (32, 33), il a été possible de montrer que pratiquement 80 % des sérine et thréonine impliquées étaient situées dans des coudes  $\beta$ . Parmi les 20 % restants, la grande majorité est localisée dans des régions adjacentes à des coudes  $\beta$ . Seuls deux résidus de sérine phosphorylés n'ont été trouvés ni dans ni près d'un coude  $\beta$  (Tableau 2) : la sérine 110 de la protéine basique de la myéline et une sérine de la phosphorylase kinase.

## V. Étude des glycoprotéines

Les glycoprotéines font partie d'un groupe très important de biopolymères que l'on trouve dans les tissus conjonctifs, les cellules sanguines, le sérum, l'urine, la salive etc... et qui présentent des fonctions biologiques très diversifiées. Elles sont essentiellement constituées d'un squelette protéique au niveau duquel différentes chaînes glycaniques sont liées de façon covalente. Non seulement les proportions et l'agencement des différents sucres de ces glycannes peuvent varier, mais le nombre des chaînes glycaniques et leur localisation peuvent être très différents d'une glycoprotéine à l'autre. Le type de liaison glycanne-peptide présente dans les glycoprotéines est caractérisé à la fois par le résidu monosaccharidique et l'acide aminé impliqués dans la liaison (voir Neuberger *et al.*, référence 72). Deux types de liaison entre la chaîne glycanique et la protéine sont caractérisés : l'un, de type N-glycosidique, lorsque l'asparagine est impliquée dans la liaison ; l'autre, de type O-glycosidique, lorsque la liaison se fait par l'intermédiaire d'un résidu de sérine ou de thréonine. Certaines glycoprotéines contenant plusieurs chaînes glycaniques peuvent présenter les deux types de liaison. Théoriquement, la caractérisation totale d'une glycoprotéine implique la connaissance de la structure de sa chaîne glycanique et de sa séquence primaire en acides aminés. Mais une telle détermination n'est pas toujours aisée et seules quelques glycoprotéines sont actuellement entièrement connues. Par contre, à l'aide de coupures enzymatiques ou chimiques de la chaîne protéique, il a été possible d'obtenir un grand nombre de glycopeptides dans lesquels la chaîne glycanique est pratiquement intacte et la partie peptidique constituée d'un nombre relativement petit d'acides aminés, mais suffisant pour envisager des déterminations de configuration.

A partir de l'étude d'un certain nombre de ces glycopeptides, Marshall et Neuberger (73, 74) ont pu démontrer que, dans le cas où la chaîne glycanique est liée à un résidu d'asparagine, celui-ci est inclus dans une séquence Asn-X-Ser (Thr), dans laquelle le résidu X peut être n'importe quel résidu d'acide aminé. Marshall (75) a émis l'hypothèse que le groupement hydroxyle de la sérine peut créer une liaison hydrogène avec le groupement carbonyle de la chaîne latérale de l'asparagine, diminuant ainsi la constante de dissociation du groupement amide, ce qui aurait pour effet de faciliter la liaison de la N-acétylglucosamine au résidu d'asparagine. Il a été suggéré par plusieurs auteurs (73, 74, 76) que cette séquence Asn-X-Ser (Thr) pouvait constituer une condition nécessaire — mais non suffisante — pour que la glycosylation enzymatique puisse se faire. Il était donc tentant de regarder si d'autres conditions, d'ordre conformationnel cette fois, ne devaient pas aussi être remplies pour qu'une telle glycosylation enzymatique puisse se faire. La recherche d'une conformation préférentielle que pourrait adopter la partie protéique au voisinage du site de fixation de la chaîne glycanique a donc été systématiquement entreprise. Elle l'a été non seulement sur les glycopeptides N-glycosylés (Tableau 3) dont nous venons de parler mais aussi sur les glycopeptides O-glycosylés (Tableau 4) bien que, dans ce cas, aucune séquence « code » n'ait pu être mise en évidence. L'utilisation des règles de prédiction de conformation a permis de prévoir que le résidu d'acide aminé sur lequel était attaché la chaîne glycanique présentait une probabilité élevée d'être situé dans un coude  $\beta$  (107). Ces résultats, repris par la suite sur un plus grand nombre de glycoprotéines (108, 109) ont montré que cinquante-neuf des soixante et une chaînes N-glycosidiques considérées (soit plus de 95 %) se liaient à un résidu d'asparagine situé sur un coude  $\beta$  et que cette proportion atteignait 100 % pour les chaînes O-glycosylées : la totalité des liaisons considérées — soit 21 — se font sur un résidu de sérine (ou de thréonine) appartenant à un coude  $\beta$ .

**Tableau 4. Sites de glycosylation.**

Cas des chaînes O-glycosylées. La sérine ou la thréonine impliquée dans la liaison glycanique est indiquée par un astérisque. Le coude β est souligné.

Glycoprotéine	Localisation	Séquence	Référence
Protéine de la maladie ZUC		<u>Pro-Gly-Gly-Ser</u> **	96
Chondroïtine sulfate du cartilage de Porc		<u>Glu-Gly-Ser-Gly</u> **	97
Mucine sous-maxillaire de Boeuf		<u>Ser-Thr-Gly-Ser</u> **	98
		<u>Ser-Thr-Gly-Ser</u> **	98
Immunoglobuline γ G de Lapin		<u>Pro-Thr-Cys-Pro</u> **	99
Hormone cortico-gonadotropine (HCG) sous-unité β	121	<u>Ser-Ser-Ser-Ser</u> **	89
	127	<u>Pro-Pro-Ser-Leu</u> **	89
	132	<u>Ser-Pro-Ser-Arg</u> **	89
	138	<u>Gly-Pro-Ser-Thr</u> **	89
α-Amylase		** <u>Ser-Glu-Asp-Gly</u>	100
Fétuine de Boeuf		** <u>Gly-Pro-Ser-Pro</u>	95
		** <u>Ser-Thr-Pro-Gly</u>	95
Immunoglobuline IgA <sub>1</sub>		** <u>Thr-Pro-Ser-Pro</u>	101
Immunoglobuline IgG de Lapin		** <u>Pro-Thr-Cys-Pro</u>	102



Tableau 4 (suite).

Glycoprotéine	Localisation	Séquence	Référence
Caséine $\kappa_A$ de Vache		** Thr-Pro-Thr-Thr	103
Caséine $\chi_A$ de Mouton		** Thr-Pro-Thr-Thr	104
Apolipoprotéine (Apo C-III)		** Arg-Pro-Thr-Ser	105
Protéine encéphalitogénique		** Thr-Pro-Arg-Thr	106

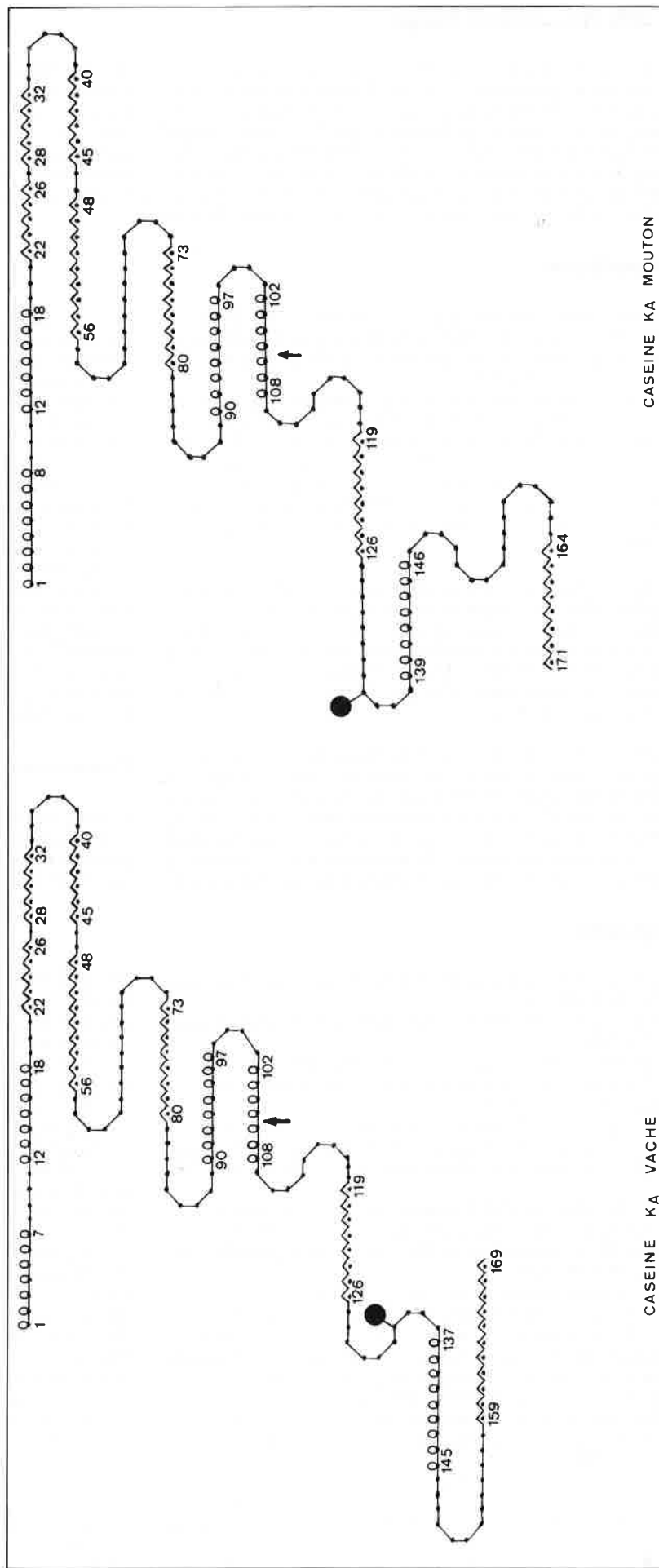


Figure 7. Représentation schématique de la structure secondaire prédite pour les caséines kappa de Vache et de Mouton. Les résidus sont représentés selon la conformation qu'ils adoptent : en hélice  $\alpha$  (O), en structure  $\beta$  ( $\Delta$ ), en structure inordonnée (-) ou en coude  $\beta$  ( $\zeta$ ) (33).

## VI. Étude des caséines kappa

L'étude des caséines kappa illustre bien ce qui vient d'être dit : ce sont des glycoprotéines qui possèdent un site de phosphorylation et dont la conformation a été prédite pour deux espèces différentes, la Vache et le Mouton (33). La chaîne peptidique (Figure 6) peut être coupée par la chymosine entre les résidus 107 et 108 (Phe-Met) donnant ainsi une partie N-terminale, insoluble et une partie C-terminale, soluble, le caséino-glycopeptide. C'est dans cette partie que l'on trouve le plus de variations de la structure primaire quand on passe de la Vache au

## VII. Conclusion

Nous avons voulu démontrer dans les exemples ci-dessus le rôle privilégié que joue le coude  $\beta$  dans le problème de la transformation chimique des protéines. Il est intéressant de discuter ce fait à la lumière de deux constatations.

La première est que, comme cela a été précédemment mis en évidence (3), les coudes  $\beta$  présentent une probabilité élevée d'être localisés à la surface de la protéine. Ils correspondent en effet à des zones hydrophiles ; les acides aminés qui les constituent auront donc tendance à être en contact avec l'eau environnante ; les résidus hydrophobes se trouveront alors de préférence au centre de la protéine, c'est-à-dire qu'ils chercheront à éviter au maximum le contact avec le solvant (110).

La seconde constatation concerne les modifications chimiques post-transcriptionnelles que subissent les protéines. Une récente revue (111) dans ce domaine montre en effet que si le nombre d'acides aminés qui constituent les protéines n'est que de vingt, il a été cependant possible d'identifier, à partir d'un grand choix de protéines appartenant à des organismes différents, 120 dérivés d'acides aminés en plus des vingt constituants.

En d'autres termes, une fois la protéine biosynthétisée à partir des vingt acides aminés naturels, elle subit un certain nombre de modifications chimiques, modifications par lesquelles des liaisons covalentes peuvent être formées. Il semble logique de penser que ces transformations ne peuvent se faire qu'en certains sites correspondant à une « présentation privilégiée » de leur conformation spatiale. Si l'on considère ce qui se passe par exemple pour certains enzymes

Mouton. Mais c'est aussi dans cette partie que l'on trouve les sites d'intérêt biologique : les résidus sérine 149 ou 151, respectivement pour la Vache et le Mouton, sont phosphorylés et les résidus thréonine 133 ou 131 portent une chaîne glycanique. On observe que ces résidus sont toujours situés dans des coudes  $\beta$  (Figure 7) : les modifications intervenant dans la structure primaire se font d'une manière telle qu'elles permettent aux coudes  $\beta$  d'être conservés.

dont la modulation est assurée par une réaction réversible de phosphorylation-déphosphorylation (comme par exemple la phosphorylase musculaire et hépatique, la pyruvate kinase etc...), on est tenté de penser qu'une telle réaction doit se faire plus facilement à la surface de la protéine et dans une structure qui permettra à la chaîne latérale de l'acide aminé impliqué dans la phosphorylation d'être correctement exposée. On imagine aisément qu'un coude  $\beta$  permette une telle exposition privilégiée et ce d'autant plus que sa stabilité est conditionnée par son environnement immédiat ou proche, donc par la séquence primaire de la protéine.

Dans les exemples que nous avons considérés, nous avons mis en évidence l'importance de l'accessibilité de la chaîne latérale des résidus d'asparagine pour la glycosylation (107), de sérine et de thréonine pour la glycosylation (107) ou la phosphorylation (32). Cela a aussi été démontré lors de l'hydroxylation des résidus prolyl du collagène (112). Ces considérations d'ordre conformationnel éclairent d'un jour nouveau le problème des modifications post-transcriptionnelles des protéines qui interviennent soit dans leur modulation précise, soit dans les fonctions de structuration, soit dans les régulations.

## Remerciements

L'auteur remercie vivement M. le Professeur G. Biserte, Directeur de l'Unité 124 de l'INSERM, pour les discussions très fructueuses qu'elle a souvent eues avec lui sur le problème des coudes  $\beta$ , ainsi que pour la lecture critique de son manuscrit.

## Bibliographie

- (1) P.N. Lewis, F.A. Momany et H.A. Scheraga, *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*, 1971, **68**, 2293.
- (2) P.N. Lewis, F.A. Momany et H.A. Scheraga, *Biochim. Biophys. Acta*, 1973, **303**, 211.
- (3) I.D. Kuntz, *J. Amer. Chem. Soc.*, 1972, **94**, 4009.
- (4) J.L. Crawford, W.N. Lipscomb et C.G. Schellman, *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*, 1973, **70**, 538.
- (5) P.Y. Chou et G.D. Fasman, *J. Mol. Biol.*, 1977, **115**, 135.
- (6) R.E. Dickerson, T. Takano, D. Eisenberg, O.B. Kallai, L. Samson, A. Cooper et E. Margoliash, *J. Biol. Chem.*, 1971, **246**, 1511.
- (7) M.J.E. Sternberg et J.M. Thornton, *Nature*, 1978, **271**, 15.
- (8) P.Y. Chou et G.D. Fasman, *Biochemistry*, 1974, **13**, 211.
- (9) IUPAC-IUB Commission on Biochemical Nomenclature, *Biochemistry*, 1970, **9**, 3471.
- (10) C.M. Venkatachalam, *Biopolymers*, 1968, **6**, 1425.
- (11) P.Y. Chou et G.D. Fasman, *Adv. Enzym.*, 1978, **47**, 45.
- (12) M. Jr. Laskowski, I. Kato, T.R. Leary, J. Schrode et R.W. Sealock, In « *Proteinase Inhibitors* », (Edited by H. Tschesche, L.J. Greene, E. Truscheit) SpringerVerlag, 1974, Berlin.
- (13) T.E. Creighton, *Nature*, 1975, **255**, 743.
- (14) J. Deisenhofer et W. Steigemann, *Acta Cryst.*, 1975, **B-31**, 238.
- (15) M.N. Reddy, P.S. Keim, R.L. Heinrikson et F.J. Kozdy, *J. Biol. Chem.*, 1975, **250**, 1741.
- (16) D.F. Steiner et P. Oyer, *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*, 1967, **57**, 473.
- (17) R.E. Chance, R.M. Ellis et W.W. Bromer, *Science*, 1968, **161**, 165.
- (18) J. Markussen et F. Sundby, *Eur. J. Biochem.*, 1972, **25**, 153.
- (19) B.H. Frank et A.J. Veros, *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, 1968, **32**, 155.
- (20) A.H. Pekar et B.H. Frank, *Biochemistry*, 1972, **11**, 4013.
- (21) C.R. Snell et D.G. Smyth, *J. Biol. Chem.*, 1975, **250**, 6291.
- (22) H.P. Vogt, A. Vollmen, V.K. Naithani et H. Zahn, *Hoppe-Seyler's Z. Physiol. Chem.*, 1976, **357**, 107.
- (23) R.A. Pullen, D.G. Lindsay, S.P. Wood, I.J. Tickle, T.L. Blundell, A. Wollmer, G. Krail, D. Brandenburg, H. Zahn, J. Gliemann et S. Gammeltoft, *Nature*, 1976, **259**, 369.
- (24) F.M. Richards et H.W. Wyckoff, In « *Atlas of Molecular Structures in Biology. Ribonuclease S* », 1973, Clarendon Press, Oxford.
- (25) D.G. Smyth, W.H. Stein et S. Moore, *J. Biol. Chem.*, 1963, **238**, 227.
- (26) A.J. Scheffer et J.J. Beintema, *Eur. J. Biochem.*, 1974, **46**, 221.
- (27) W. Gaastra, G. Groen, G.W. Welling et J.J. Beintema, *FEBS-Letters*, 1974, **41**, 227.
- (28) A. Van den Berg et J.J. Beintema, *Nature*, 1975, **253**, 207.
- (29) J.A. Lenstra, J. Hofsteenge et J.J. Beintema, *J. Mol. Biol.*, 1977, **109**, 185.
- (30) F. Huijting et E.Y.C. Lee, In « *Protein Phosphorylation in Control Mechanisms* », 1973, Academic Press, New York.
- (31) R.E. Williams, *Science*, 1976, **192**, 473.
- (32) D. Small, P.Y. Chou et G.D. Fasman, *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, 1977, **79**, 341.
- (33) M.H. Loucheux-Lefebvre, J.P. Aubert et P. Jollès, *Biophys. J.*, 1978, **23**, 323.
- (34) S.V. Shlyapnikov, A.A. Arutyunyan, S.N. Kurochkin, L.V. Memelova, M.V. Nesterova, L.P. Saschenko et E.S. Severin, *FEBS-Letters*, 1975, **53**, 316.

- (35) T.A. Langan, *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*, 1969, **64**, 1276.
- (36) S.C.R. Elgin et H. Weintraub, *Ann. Rev. Biochem.*, 1975, 725.
- (37) T.A. Langan, *Fed. Proc. Fed. Am. Soc. Exp. Biol.*, 1971, **30**, 1089.
- (38) T.A. Langan, *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, 1971, **185**, 160.
- (39) A.R. MacLeod, N.C.W. Wong et G.H. Dixon, *Eur. J. Biochem.*, 1977, **78**, 281.
- (40) M.T. Sung et G.H. Dixon, *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*, 1970, **67**, 1616.
- (41) P. Sautière, D. Tyrou, B. Laine, J. Mizon, P. Ruffin et G. Biserte, *Eur. J. Biochem.*, 1974, **41**, 563.
- (42) D. Wouters, P. Sautière et G. Biserte, *Eur. J. Biochem.*, 1978, **90**, 231.
- (43) B. Laine, P. Sautière et G. Biserte, *Biochemistry*, 1976, **15**, 1640.
- (44) G.S. Bailey et G.H. Dixon, *J. Biol. Chem.*, 1973, **248**, 5463.
- (45) B. Laine, D. Kmićik, P. Sautière et G. Biserte, *Biochimie (Paris)*, 1978, **60**, 147.
- (46) K. Iwai, K. Ishikawa et H. Hayashi, *Nature*, 1970, **226**, 1056.
- (47) A. Kootstra et G.S. Bailey, *FEBS-Letters*, 1976, **68**, 76.
- (48) A. Farago, T. Romhányi, F. Antoni, A. Takato et F. Fabian, *Nature*, 1975, **254**, 88.
- (49) E. Hashimoto, M. Takeda, Y. Nishizuka, K. Hamana et K. Iwai, *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, 1975, **66**, 547.
- (50) M. Strickland, W.N. Strickland, W.F. Brandt et C. Von Holt, *Eur. J. Biochem.*, 1977, **77**, 263.
- (51) W.N. Strickland, M. Strickland, W.F. Brandt et C. Von Holt, *Eur. J. Biochem.*, 1977, **77**, 277.
- (52) A.J. Louie, E.P.M. Candido et G.H. Dixon, *Cold Spring Harbor Symp. Quant. Biol.*, 1974, **38**, 803.
- (53) S.N. Kurochkin, N.B. Andreeva, K.G. Gasaryan, E.S. Severin et I.V. Kurchatov, *FEBS-Letters*, 1977, **76**, 112.
- (54) P. Sautière, G. Briand, D. Kmićik, O. Loy, G. Biserte, A. Garel et M. Champagne, *FEBS-Letters*, 1976, **63**, 164.
- (55) M. Yaguchi, C. Roy, M. Dove et V. Selegy, *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, 1977, **76**, 100.
- (56) K. Titani, P. Cohen, K.A. Walsh et H. Neurath, *FEBS-Letters*, 1975, **55**, 120.
- (57) E.H. Fisher, D.G. Graves, E.R. Snyder-Crittenden et E.G. Krebs, *J. Biol. Chem.*, 1959, **234**, 1698.
- (58) D.P. Wolf, E.H. Fisher et E.G. Krebs, *Biochemistry*, 1970, **9**, 1923.
- (59) P. Daile et P.R. Carnegie, *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, 1974, **61**, 852.
- (60) P.R. Carnegie, B.E. Kemp, P.R. Dunkley et A.W. Murray, *Biochem. J.*, 1973, **135**, 569.
- (61) P. Daile, P.R. Carnegie et J.D. Young, *Nature*, 1975, **257**, 416.
- (62) P.R. Carnegie, P.R. Dunkley, B.E. Kemp et A.W. Murray, *Nature*, 1974, **249**, 147.
- (63) P. Cohen, D.C. Watson et G.H. Dixon, *Eur. J. Biochem.*, 1975, **51**, 79.
- (64) S.J. Yeman, P. Cohen, D.C. Watson et G.H. Dixon, *Biochem. J.*, 1977, **162**, 411.
- (65) T.S. Huang, D.B. Bylund, J.T. Stall et E.G. Krebs, *FEBS-Letters*, 1974, **42**, 253.
- (66) A.J.G. Moir, J.M. Wilkinson et S.V. Perry, *FEBS-Letters*, 1974, **42**, 253.
- (67) M.M. Sanders et G.H. Dixon, *J. Biol. Chem.*, 1972, **247**, 851.
- (68) P. Cohen, D.B. Rylatt et G.A. Nimmo, *FEBS-Letters*, 1977, **76**, 182.
- (69) J. Jollès, A.M. Fiat, C. Alais et P. Jollès, *FEBS-Letters*, 1973, **30**, 173.
- (70) J.C. Mercier, J. Uro, B. Ribadeau-Dumas et F. Grosclaude, *Eur. J. Biochem.*, 1972, **27**, 535.
- (71) J.C. Mercier, J.M. Chobert et F. Addeo, *FEBS-Letters*, 1976, **72**, 208.
- (72) A. Neuberger, A. Gottschalk, R. Marshall et R.G. Spiro, In « *Glycoproteins: their Composition, Structure and Function* », (A. Gottschalk, ed.), 1972, Vol. 5, Part A, p. 450, Elsevier, Amsterdam.
- (73) A. Neuberger et R.D. Marshall, In « *Carbohydrates and their Roles* », (H.W. Schultz, R.F. Cain et R.W. Wroolstao, eds), 5th Symp. on Foods at Oregon State University, AVI Publishing, Westport, 1968, p. 115.
- (74) R.D. Marshall et A. Neuberger, *Adv. Carb. Chem. Biochem.*, 1970, **25**, 407.
- (75) R.D. Marshall, *Ann. Rev. Biochem.*, 1972, **41**, 673.
- (76) H.C. Sox et L. Hood, *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*, 1970, **66**, 975.
- (77) P. Charet, M. Monsigny, G. Spik et J. Montreuil, *C.R. Acad. Sci. Paris*, 1969, **D269**, 1019.
- (78) P. Degand, Communication personnelle.
- (79) K. Schmid, H. Kaufman, S. Isemura, F. Bauer, J. Emura, T. Motoyama, M. Ishiguro et S. Nanno, *Biochemistry*, 1973, **12**, 2711.
- (80) R.J. Delange et T.S. Huang, *J. Biol. Chem.*, 1971, **246**, 698.
- (81) T. Murachi et N. Takahashi, In « *Structure-Function Relationships of Proteolytic Enzymes* », (P. Desnuelle, H. Neurath et M. Ottesem, eds.), p. 298, Munkogaard, Copenhagen, 1970.
- (82) S. Iwanaga, B. Blomback, N.J. Grondhal, B. Hessel et P. Wallen, *Biochim. Biophys. Acta*, 1968, **160**, 280.
- (83) M.O. Dayhoff, In « *Atlas of Protein Sequence and Structure* », National Biomedical Research Foundation, Washington, 1972.
- (84) W.K. Liu, H.S. Nahm, C.M. Sweeney, H.N. Baker, W.M. Lamkin et D.N. Ward, *Res. Comm. Chem. Path. Pharmacol.*, 1971, **2**, 168.
- (85) T.C. Elleman et J. Williams, *Biochem. J.*, 1970, **116**, 515.
- (86) A. Shimizu, C. Paul, H. Köhler, T. Shimoda et F.W. Putnam, *Science*, 1971, **173**, 629.
- (87) R.L. Jackson et C.H.W. Hirs, *J. Biol. Chem.*, 1970, **245**, 635.
- (88) D.G. Smyth, W.H. Stein et S. Moore, *J. Biol. Chem.*, 1963, **238**, 227.
- (89) F.J. Morgan, S. Birken et R.E. Camfield, *Mol. Cell. Biochem.*, 1973, **2**, 97.
- (90) Handbook of Biochemistry and Molecular Biology, Vol. III, 1975 (G.D. Fasman, ed.) CRC Press, Cleveland.
- (91) T.H. Plummer Jr. et L. Sarda, *J. Biol. Chem.*, 1973, **248**, 7865.
- (92) L. Ridén et D. Eaker, *Eur. J. Biochem.*, 1974, **44**, 171.
- (93) M.O. Dayhoff, in « *Atlas of Protein Sequence and Structure* », Vol. V, National Biomedical Research Foundation, Washington, 1972.
- (94) R. Shainkin et G.E. Perlmann, *J. Biol. Chem.*, 1971, **246**, 2278.
- (95) R. Begbie, *Biochim. Biophys. Acta*, 1974, **371**, 549.
- (96) B. Frangione et C. Milstein, *Nature*, 1969, **224**, 597.
- (97) N. Katsura et E.A. Davidson, *Biochim. Biophys. Acta*, 1966, **121**, 120.
- (98) T. Ozeki et Z. Yosizawa, *Arch. Biochem. Biophys.*, 1971, **142**, 177.
- (99) D.S. Smyth et S. Utsumi, *Nature*, 1967, **216**, 332.
- (100) A. Tsugita et B. Akabori, *J. Biochem. (Tokyo)*, 1959, **46**, 695.
- (101) J. Baenziger et S. Kornfeld, *J. Biol. Chem.*, 1974, **249**, 7270.
- (102) M.W. Fanger et D.G. Smyth, *Biochem. J.*, 1972, **127**, 767.
- (103) J. Jollès, F. Schoentgen, C. Alais, A.M. Fiat et P. Jollès, *Helv. Chim. Acta*, 1972, **55**, 2872.
- (104) J. Jollès, A.M. Fiat, F. Schoentgen, C. Alais et P. Jollès, *Biochem. Biophys. Acta*, 1974, **365**, 335.
- (105) H.B. Brewar Jr., R. Schulman, P. Herbert, R. Roman et K. Wehrly, *J. Biol. Chem.*, 1974, **249**, 4975.
- (106) A. Hagopian, J.S. Whitehead et F.C. Westall, *Fed. Proc.*, 1971, **30**, 1186.
- (107) J.P. Aubert, G. Biserte, M.H. Loucheux-Lefebvre, *Arch. Biochem. Biophys.*, 1976, **175**, 410.
- (108) J.G. Beeley, *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, 1977, **76**, 1051.
- (109) M. Nagarajan et V.S.R. Rao, *Curr. Sci.*, 1977, **46**, 395.
- (110) G.D. Rose, *Nature*, 1978, **272**, 586.
- (111) R. Ury et F. Wold, *Science*, 1977, **198**, 890.
- (112) S.K. Brahmachari et V.S. Ananthanarayanan, *Curr. Sci.*, 1978, **47**, 107.

## Les électrodes volumiques à matrice non consolidée

par F. Cœuret

(C.N.R.S., Laboratoire d'études aérodynamiques et thermiques, 40, avenue du Recteur-Pineau, 86022 Poitiers)



La Société des Électriciens, des Électroniciens et des radioélectriciens (S.E.E.) organisait, le 26 avril dernier, une Journée consacrée aux Électrodes volumiques dispersées, sous la présidence de M. R. Dumon.

Sept conférences constituaient l'essentiel de cette Journée qui se terminait par une Table ronde.

Chacun connaît les développements et les réalisations de l'électrochimie en chimie minérale et en métallurgie; certains secteurs de la grande industrie (chlore soude, hydrogène, oxygène, aluminium) sont liés à l'électrolyse moderne de façon classique.

Depuis quelques années, la chimie organique s'est ouverte à l'électrolyse grâce à la remarquable synthèse de l'adiponitrile de Monsanto. D'autres synthèses ont suivi, plus ou moins importantes, comme la production de l'oxyde de propylène.

Mais il s'agissait jusque là d'électrolyse utilisant des électrodes de forme plane, le plus souvent, de faible épaisseur. On avait déjà fait apparaître l'intérêt des électrodes plus ou moins « dispersées », plus ou moins volumineuses avec des formes de « grillage », de tissus de fibres, etc... mais ce n'est que relativement récemment que des chercheurs se sont penchés sur l'étude systématique des électrodes volumiques dispersées, en lit fixe, en lit fluidisé entre autres.

Ces formes d'électrodes permettraient de réaliser de façon industrielle et rentable certaines productions et étendraient ainsi les applications de l'électrochimie.

Nous sommes au début de cette nouvelle voie de développement et il a semblé intéressant, à la S.E.E., de rassembler un certain nombre de spécialistes européens pour faire le point. L'actualité chimique publiera successivement trois conférences présentées lors de la Journée du 26 avril.

### I. Introduction

L'intérêt pour les électrodes volumiques à matrice non consolidée semble remonter à une quarantaine d'années (1), mais c'est sans doute lors de l'apparition du procédé NALCO (2, 3) pour la fabrication du plomb tétraéthyle que cette nouvelle notion d'électrode s'est concrétisée pour la première fois de manière industrielle. C'est dans les années qui ont suivi que des travaux ont été entrepris dans les laboratoires en initiant la série de recherches que nous connaissons aujourd'hui sur ces électrodes volumiques ou tridimensionnelles : électrodes à suspension (4, 5), électrodes poreuses consolidées avec circulation (6, 7), électrodes non consolidées (lits fixes, lits

fluidisés, etc...). L'apparition de ces dernières électrodes, auxquelles ce texte est consacré, semble due principalement à la rencontre de l'électrochimie et du génie chimique. L'introduction des techniques électrochimiques dans les laboratoires de génie chimique (en vue notamment de la détermination expérimentale des coefficients de transfert de matière liquide-paroi) assez orientés vers l'étude des milieux poreux et dispersés, a en effet contribué à l'apparition de la notion de réacteur électrochimique à électrode dispersée.

Pour ce qui est de cette dernière origine, preuve en est la publication quasi-simultanée en 1966 de brevets sur l'électrode à lit fluidisé ou électrode fluidisée :

- l'un, anglais, issu de la collaboration des Universités de Southampton (Électrochimie) et de Newcastle upon Tyne (Génie chimique) (8);
- l'autre, français, déposé conjointement par le C.N.R.S. et la Société d'Électrochimie d'Ugine et issu de travaux réalisés à Nancy (9).

Il faut reconnaître que les dix années qui ont suivi, bien que riches en travaux tant fondamentaux qu'appliqués, n'ont pas fait apparaître de procédés développés industriellement. La raison en revient certainement au fait que l'électrode fluidisée (dont la conception avait redonné de l'intérêt fondamental pour l'électrode à lit fixe qui en

apparaissait comme un cas limite) avait été imaginée pour extraire en continu les métaux à partir des liqueurs de lixiviation de minerais. Les dits minerais étaient alors riches, et donc les solutions issues de la lixiviation suffisamment concentrées pour que leur traitement ne nécessite pas des électrodes de grande surface mais puisse être envisagé suivant d'autres procédés. Pour ces solutions peu diluées l'électrode fluidisée manquait à la fois de performance et de fiabilité.

Les problèmes d'économies de matières premières métalliques (minerais pauvres, déchets valorisables) et de traitement des effluents en vue de l'extraction de métaux lourds toxiques ont redonné de l'intérêt aux électrodes volumiques. La crise pétrolière de 1973 a éveillé, par ailleurs, le besoin de recherche de procédés électrochimiques capables de concurrencer des procédés chimiques de production. C'est sans doute vers 1974 qu'apparaît distinctement le besoin de développement de la discipline nouvelle du génie électrochimique dans laquelle la préoccupation pour les électrodes volumiques semble prendre une grande place.

L'objet du présent texte est de situer aujourd'hui ces électrodes volumiques après avoir rappelé leurs avantages et inconvénients, de montrer l'évolution de leur conception et de faire le bilan de la maîtrise de leur comportement.

## II. Propriétés des électrodes volumiques

### II.1. Principe de réalisation

Une électrode volumique est une électrode dont la surface active se trouve répartie dans un volume ; lorsqu'elle fait partie d'un réacteur électrochimique, elle est en général percolée par un électrolyte sur lequel est à effectuer une certaine transformation électrochimique. C'est d'ailleurs ce type d'électrode (en anglais : « flow-through porous electrodes ») qui intéresse les concepteurs et les utilisateurs de génie électrochimique.

On peut donner à ces électrodes diverses configurations dont deux exemples typiques sont schématisés à la figure 1 :

- figure 1a : écoulement de l'électrolyte et circulation générale du courant électrique sont parallèles et de même sens ;
- figure 1b : directions de l'écoulement et du courant sont perpendiculaires (configuration la plus avantageuse en pratique).

Elles consistent en une matrice conductrice M qui a une certaine texture (granulaire dense, granulaire lâche, granulaire mobile, grillagée) et qui est réalisée dans le matériau convenable d'électrode ; les pores de cette matrice sont occupés par la solution S en circulation forcée. Le courant est amené à cette matrice conductrice (amenée de

courant de frontière, ou immergée) avec comme résultat une distribution (voir figure 1) des potentiels individuels  $\varphi_M$  et  $\varphi_S$  de la matrice et de la solution, et donc du potentiel d'électrode

$$E = \varphi_M - \varphi_S$$

Ces distributions correspondraient au cas le plus général mais, en pratique, la matrice est souvent équipotentielle ( $\varphi_M = \text{constante}$ ). L'on peut espérer distribuer E dans tout le volume et réaliser ainsi une électrode volumique ; nous verrons plus loin qu'en fait là est tout le problème.

### II.2. Avantages et inconvénients

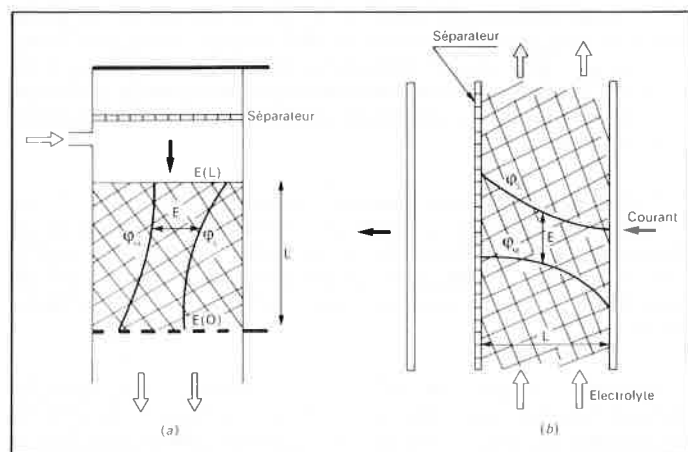
Leur avantage essentiel est de pouvoir, dans certaines conditions, offrir de grandes surfaces d'électrode par unité de volume d'électrode et, par conséquent, d'être potentiellement intéressantes pour les opérations électrolytiques nécessitant la mise en œuvre de faibles densités de courant. Le caractère « volumique » ou « tridimensionnel » ne suffit pas ; il faut aussi que la surface active par unité de volume soit grande.

La distribution du potentiel d'électrode E (voir figure 1) est l'un des inconvénients majeurs. De cette distribution (bonne ou mauvaise) dépend directement l'existence ou non de la volumicité ; elle doit être maîtrisée, ne serait-ce que pour réaliser au sein de l'électrode la réaction voulue, et celle-ci seulement.

Il faut souligner, parmi les autres avantages :

- la circulation forcée de l'électrolyte dans les pores (permanents ou non) de la matrice de l'électrode permet d'espérer des densités de courant limite locales assez importantes.
- si la matrice de l'électrode est mobile, il est possible d'envisager des opérations continues sur les éléments d'une telle matrice (granulaire par exemple). C'était l'objectif visé dans la conception de l'électrode fluidisée : alimentation en grains fins au sommet, soutirage de grains grossis à la base (Figure 2).
- on peut transposer aux électrodes poreuses les concepts et les méthodes déjà utilisés en génie chimique pour modéliser des réacteurs chimiques hétérogènes à milieux poreux ou dispersés (10).

Parmi les autres inconvénients, signalons le colmatage progressif des lits fixes utilisés pour la récupération des métaux (sauf le mercure), l'importance de la conduction électronique dans la phase dispersée et la méconnaissance de la conductibilité correspondante lorsque celle-ci est finie (cas notamment de la phase dispersée mobile).



**Figure 1. Deux configurations extrêmes d'électrodes volumiques**

(a) courant et écoulement sont parallèles

(b) courant et écoulement sont perpendiculaires.

On pourrait croire que les inconvénients l'emportent sur les avantages, au moins pour ce qui est de l'électrode fluidisée, puisqu'il semble que les réalisations industrielles soient inexistantes.

### II.3. Domaines d'intérêt potentiel

Ces domaines semblent être aujourd'hui :

- l'hydrométallurgie : purification et extraction des métaux à partir des effluents, électrodissolution de métaux à partir de minerais pauvres pulvérulents, traitement électrolytique de déchets valorisables. C'est dans ce domaine de l'hydrométallurgie que semblent avoir été portés les efforts d'application des électrodes volumiques.
- l'oxydation des polluants organiques et des cyanures.
- les électrosynthèses organiques ou minérales.

Il ne semble donc pas que des procédés récents existent. Certes, des unités-pilote ont été étudiées :

- C'est ainsi que l'électrode fluidisée classique (Figure 2) a fait l'objet d'expérimentations, surtout dans le cas de la récupération du cuivre. On trouvera dans la référence (11) une bibliographie relativement récente sur cette question et dans la référence (12) une énumération des difficultés d'utilisation ; les principales étaient certainement la tendance à la formation d'agglomérats de particules dans les parties du lit qui cessaient d'être mobiles et le déchirement de la membrane par suite du développement préférentiel de dépôts amorcés sur cette membrane. Des travaux récents en pilotes ont été mentionnés dans la référence (13) mais leurs résultats ne sont pas encore connus.
- Les électrodes à boues (slurry electrodes) sont d'un considérable intérêt dans le développement des procédés électrolytiques au niveau

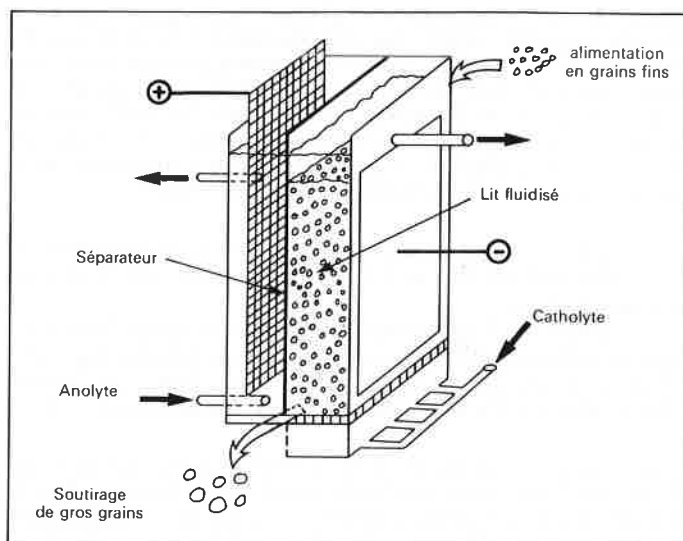


Figure 2. Schéma de principe de l'électrode fluidisée pour la récupération des métaux.

du traitement des minerais et l'on peut trouver certaines informations à leur sujet (14) excepté pour ce qui concerne la conception des réacteurs. Il est aussi signalé (13) qu'au niveau du procédé CYMET, la dissolution électrolytique de la chalcopirite aurait été abandonnée au profit d'une attaque chimique directe.

## III. Évolution des conceptions d'électrodes

La figure 3 présente quelques schémas d'électrodes dispersées ou de cellules à électrodes dispersées qui obéissent à l'une ou à l'autre des deux configurations de la figure 1. La majorité des dispositifs correspondant à ces schémas a été élaborée et étudiée principalement en vue de l'extraction électrolytique des métaux.

### III.1. Lits fixes

La cellule de la figure 2a répond au principe de la cellule de Bennion et Newman (15) de concentration des solutions diluées par le jeu de colmatages et de décolmatages successifs du lit cathodique.

La cellule conçue par Kreysa (16) et indiquée figure 2b comporte, comme la précédente, un lit fixe de grains de graphite. Son originalité est d'offrir une épaisseur disponible d'électrode qui croît au fur et à mesure de l'épuisement de l'électrolyte ; cette conception originale met en application les résultats de la modélisation.

Le schéma de la figure 2c ne correspond pas à des travaux réalisés au niveau du pilote. Ce type d'électrode à empilement de grillages, mais où courant et électrolyte circulent parallèlement, a été très expérimenté par Sioda au laboratoire (17). Il est signalé ici étant donné l'intérêt que les électrodes volumiques grillagées peuvent être amenées à prendre.

### III.2. Lits fluidisés

L'inconvénient majeur au niveau de l'électrode fluidisée est dû au caractère homogène des lits fluidisés liquide-solide (par opposition aux lits fluidisés gaz-solide qui sont hétérogènes) qui se traduit par une très mauvaise conduction électrique intergranulaire (cas du lit schématisé figure 2). Des auteurs se sont penchés sur la recherche du mode de conduction dans les lits fluidisés (conduction par ponts de grains ou par transfert de charges) mais il n'en est pas resté moins vrai que la conduction électrique au sein de la phase dispersée se fait difficilement. Ceci pénalise fortement l'électrode fluidisée au sens de sa conception mais les faibles résultats et les difficultés rencontrées

ont conduit à proposer des variantes :

- d'une part, on a cherché à se rapprocher du lit hétérogène afin d'améliorer la conduction électronique dans la phase dispersée. Les auteurs ont songé à réaliser des lits type « spouted bed » ou à circulation du solide en phase diluée ascendante et phase dense descendante. C'est cette idée qui a été mise en œuvre au niveau du compartiment représenté figure 2d et qui antécipise en quelque sorte le système de la figure 2e où la circulation du solide est assurée par l'inclinaison de la cellule classique représentée figure 2. Les articles ayant respectivement indiqué les conceptions des figures 2d et 2e sont donnés sous les références (18) et (19) ; la figure 2d montre la circulation du liquide et la figure 2e la circulation du solide (couche diluée ascendante à grande vitesse le long du séparateur ou diaphragme, couche dense s'apparentant à un lit fixe mobile en mouvement descendant). Cette mise en circulation de la phase dispersée peut prétendre avoir deux effets positifs : d'une part éviter le « blocage » de grains sur le diaphragme, et donc l'amorce de prise en masse, d'autre part éviter aussi le dépôt de métal au niveau de l'amenée de courant. On ne connaît pas les résultats d'un tel système à l'échelle pilote.
- d'autre part, l'électrode fluidisée bipolaire (Figure 2f) où est précisément recherchée la mauvaise conductibilité de la phase dispersée et le comportement des grains en électrodes bipolaires (20). Cette bipolarité a été observée comme phénomène parasite lors de travaux sur la récupération de cuivre sur grains de cuivre fluidisés (11).

L'apparition du procédé AKZO (21) schématisé à la figure 2g témoigne du fait que l'idée du lit fluidisé classique n'a pas été abandonnée, au moins en vue de l'épuration des effluents des métaux lourds qu'ils contiennent à faible concentration. Le réacteur ressemble à un faisceau tubulaire, le lit se trouvant fluidisé autour des compartiments anodiques (tubulaires) et autour des amenées de courant au lit lui-même. Le but de cette configuration semble avoir été de minimiser la distance diaphragme/amenée de courant cathodique et d'avoir un lit aussi équipotentiel que possible.

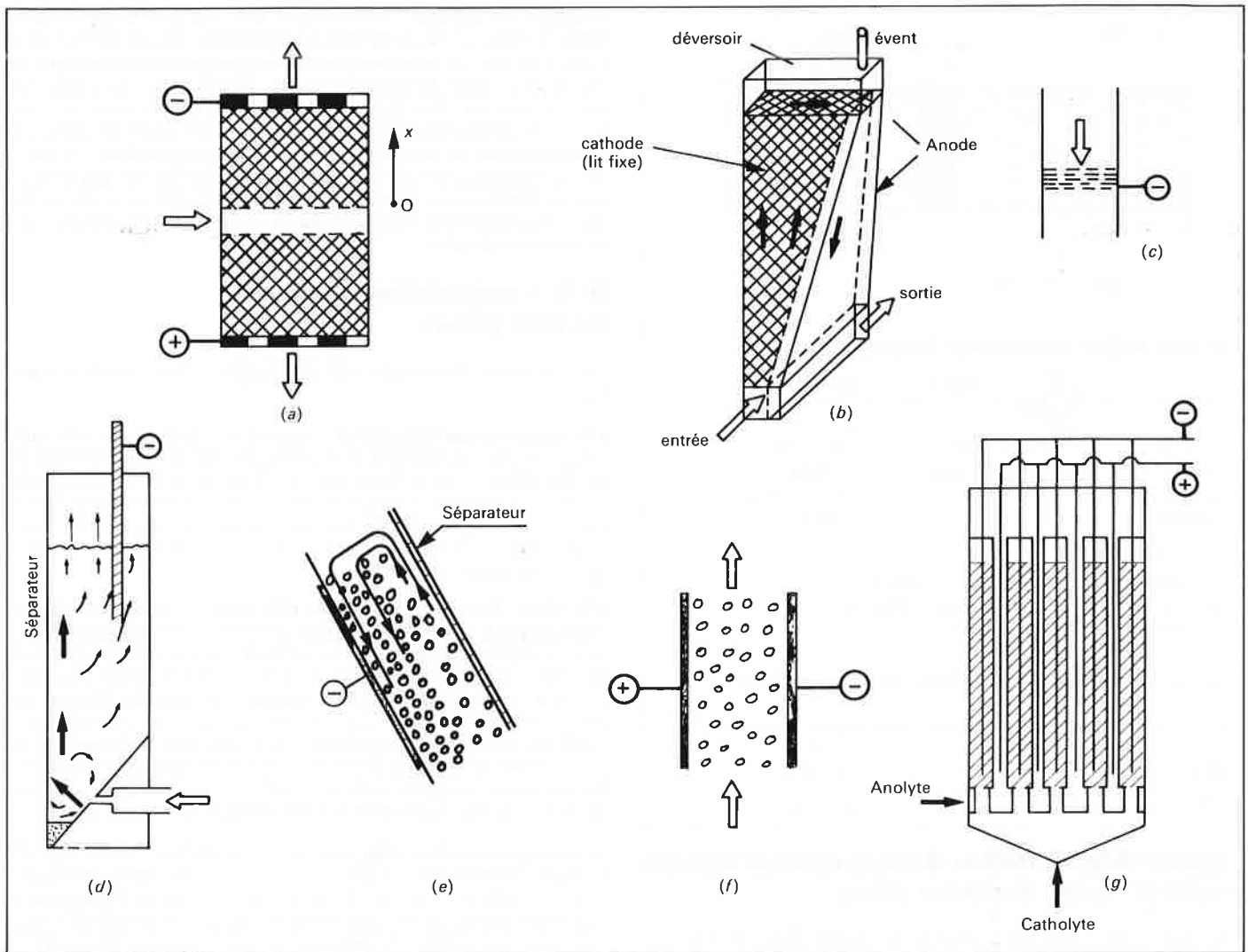


Figure 3. Quelques vues schématiques d'électrodes dispersées ou de cellules à électrodes dispersées.

## IV. Problèmes liés à la maîtrise du comportement des électrodes dispersées

### IV.1. Hydrodynamique et transfert de matière

La littérature de génie chimique donne beaucoup d'informations sur l'écoulement au travers des milieux poreux et dispersés. Le concepteur de génie électrochimique appelé à mettre en œuvre des électrodes dispersées aura besoin sans doute de s'en informer mais aussi de s'imprégner de la notion de réacteur électrochimique et des différents types de réacteurs (piston avec ou sans dispersion axiale, parfaitement mélangé) (22).

Pour traiter un électrolyte donné, le concepteur de génie électrochimique devra, dans la mesure du possible, rechercher globalement le caractère piston de son réacteur. C'est en effet le réacteur piston qui, pour un temps de passage donné de l'électrolyte, permet d'atteindre les taux de conversion les plus élevés ; il répond par ailleurs assez bien au mode d'écoulement au travers des lits fixes.

La taille minimale de l'électrode dispersée nécessaire pour faire passer un électrolyte de la concentration  $C_o$  à la concentration  $C_s$ , correspond à un fonctionnement d'ensemble de cette électrode au courant limite de diffusion. La figure 4 rapporte, dans le cas d'un écoulement de type piston, l'écriture d'un bilan de matière dans l'électrode, bilan qui aboutit à l'équation du profil de concentration  $C(x)$  le long de l'électrode et, comme conséquence, au

taux de conversion :

$$R = \frac{C_s - C_o}{C_o} = 1 - \frac{C_s}{C_o} = \exp \left\{ - \frac{k \cdot A_s}{u} \cdot L \right\}$$

cette dernière équation sert au calcul de la longueur  $L$  d'électrode nécessaire pour garantir un taux de conversion donné. La connaissance du coefficient de transfert de matière  $k$  entre l'électrolyte des pores et la matrice de l'électrode est nécessaire au calcul. La littérature de génie chimique donne suffisamment d'informations concernant les milieux granulaires mais peu d'informations sur les structures grillagées.

### IV.2. Distribution du potentiel $E$ dans l'électrode

La distribution  $E(x)$  du potentiel dans l'électrode est nécessaire au dimensionnement de l'électrode (hauteur pour la figure 1a, épaisseur pour la figure 1b) qui doit opérer dans un domaine limité de variation du potentiel. La littérature s'est beaucoup intéressée au cas de la figure 1a pour plusieurs raisons :

- c'est le cas le plus simple et il a l'avantage de conduire à des solutions analytiques
- il est facile de le mettre en œuvre au laboratoire

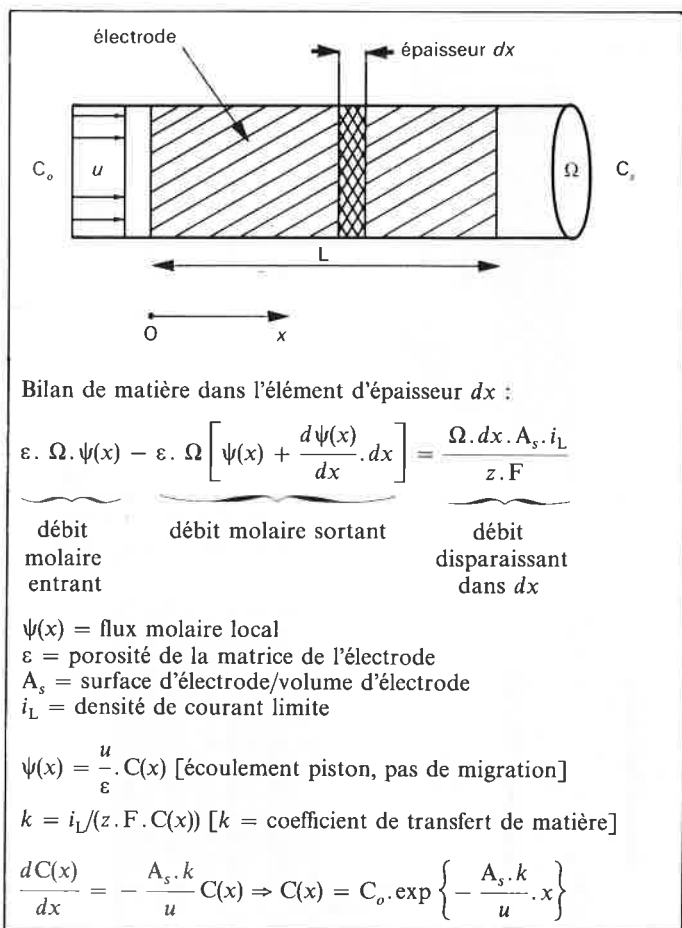


Figure 4. Bilan de matière dans une électrode dispersée considérée comme un réacteur piston.

• il était raisonnable de s'attacher à vérifier d'abord sur cette configuration simple les hypothèses de la modélisation.

## V. Modélisation des électrodes dispersées

Nous ne considérerons ici que quelques exemples, nous limitant aussi à la méthode et aux résultats et renvoyant le lecteur intéressé à la littérature spécialisée pour de plus amples renseignements.

### V.1. Électrode de la figure 1a au courant limite de diffusion (27)

L'écriture successive des équations :

- de conservation de la charge électrique
- de la loi d'Ohm à la conduction dans la solution des pores (phase continue), la matrice étant considérée comme équipotentielle

$$i_s(x) = - \gamma \frac{d\varphi_s(x)}{dx} = - \gamma \frac{d\{\varphi_s(x) - \varphi_M\}}{dx} = \gamma \frac{dE(x)}{dx}$$

- de la loi de Faraday
- du bilan matière dans l'électrode {relation donnant  $c(x)$ }

conduit à une équation différentielle d'ordre deux qui s'intègre pour donner la distribution  $E(x)$  de potentiel dans l'électrode, par rapport au potentiel  $E(0)$  au niveau de l'amenée de courant. Au niveau du calcul de génie électrochimique, une quantité qu'il est important de considérer est la différence globale de potentiel dans l'électrode, soit :

$$\Delta E = E(L) - E(0) = - \frac{L \cdot I_L}{\Omega \cdot \gamma \ln(1 - R)} \left\{ \frac{1}{1 - R} + \ln(1 - R) - 1 \right\}$$

Toutefois, en pratique, il est évident que c'est la conception de la cellule de la figure 1b qui est la plus intéressante et serait retenue dans la majorité des cas, de préférence même à une géométrie radiale. Des taux de conversion élevés peuvent être obtenus dans cette configuration où courant électrique et écoulement d'électrolyte ont des directions perpendiculaires. Ce cas a aussi été examiné mais par moins d'auteurs au moins pour ce qui concerne les lits fixes (23, 24) ; à ce jour les résultats n'ont pas donné lieu à des solutions analytiques pour les électrodes opérant au courant limite de diffusion c'est-à-dire dans des conditions d'investissement minimum pour assurer une productivité donnée.

## IV.3. Conductibilités électriques des deux phases

Les électrodes dispersées sont assimilables à un système à deux phases :

• **la phase continue (électrolyte)** à laquelle on attribue une conductivité ionique  $\gamma$  qui dépend de la conductivité électrique vraie  $\gamma_0$  de cet électrolyte et de la tortuosité des lignes de courant autour des éléments de la matrice. On peut atteindre  $\gamma$  expérimentalement si la matrice peut être simulée par une texture identique mais non-conductrice ; pour des électrodes granulaires  $\gamma$  est une fonction de  $\gamma_0$  et de la porosité  $\varepsilon$  (25).

• **la phase dispersée (matrice de l'électrode)** a une conductivité électronique  $\sigma$ , inférieure à la conductivité  $\sigma_0$  du matériau d'électrode et dépendante de sa texture (taille des grains, nombre de points de contact intergranulaires, etc...). Sauf peut-être pour des lits lâches de grains de graphite,  $\sigma$  peut en général être considéré comme très grand devant  $\gamma$  lorsqu'il s'agit de lits fixes (pas de résistance à la conduction dans la phase dispersée). Il n'en est plus de même pour les lits fluidisés ou pour les lits transportés pour lesquels  $\sigma$  est faible, probablement du même ordre de grandeur que  $\gamma$ , mais malheureusement inaccessible aussi bien par l'expérience que par le calcul.

Le concepteur d'électrodes dispersées aura intérêt à rechercher des matrices suffisamment conductrices ( $\sigma \gg \gamma$ ) aussi nous limiterons-nous à examiner ce cas du point de vue de la modélisation. Cependant il faut savoir que l'influence de la conductivité  $\sigma$  peut être prise en compte, en général d'ailleurs sous la forme de la conductivité relative  $\gamma/\sigma$  des deux phases (26).

où  $\Omega$  est l'aire de la section droite de l'électrode et  $I_L$  l'intensité du courant traversant la cellule.

L'examen de cette dernière équation montre l'importance de la conductivité  $\gamma$  de l'électrolyte des pores (qui devra être aussi proche que possible de  $\gamma_0$ ). Il faut attirer l'attention de l'utilisateur sur l'ordre de grandeur des dimensions de l'électrode qui devraient être compatibles avec une réalisation industrielle. Un exemple assez parlant, tiré de (15) concerne le dimensionnement d'une cellule de concentration de solutions diluées répondant à la géométrie de la figure 2a :

<b>Données :</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• concentration d'entrée <math>C_0 = 0,6</math> g de Cu/l</li> <li>• concentration de sortie du lit cathodique <math>C_s = 0,001</math> g de Cu/l</li> <li>• conductivité <math>\gamma_0 = 0,17</math> mho/cm</li> <li>• porosité du lit fixe <math>\varepsilon = 0,3</math></li> <li>• surface spécifique d'électrode <math>A_s = 25</math> cm<sup>2</sup>/cm<sup>3</sup></li> <li>• différence de potentiel <math>\Delta E = - 0,2</math> volt</li> </ul>
<b>Résultats du dimensionnement</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li><math>L = 6,1</math> cm</li> <li>vitesse débitante : <math>u = 4,3 \cdot 10^{-3}</math> cm/s</li> </ul>



Dans cet exemple, le taux d'épuisement très élevé ( $R = 0,998$ ) fait que la cellule est irréalisable (sauf au laboratoire) étant donné l'extrême petitesse de la vitesse débitante et donc l'énormité de la section qu'il faudrait prévoir pour traiter un débit raisonnable de solution.

Il est certain qu'une cellule du type de celle de la figure 1b conviendrait mieux. Comme nous l'avons dit précédemment, ce cas bidimensionnel n'a pas aujourd'hui de solutions analytiques, même approchées, mais on peut espérer que l'effort des chercheurs permettra prochainement d'y parvenir. Quoi qu'il en soit, il faudra ici aussi que l'épaisseur  $L$  (qu'il s'agira de déterminer par le calcul) soit suffisante pour justifier une technologie particulière de cellules.

## V.2. Électrodes des figures 1a et 1b opérant en dessous du courant limite

Nous résumerons ci-dessous la méthode d'approche préconisée par l'auteur et présentée en détail par ailleurs (10). Cette méthode repose sur l'analogie entre réaction électrochimique au sein d'une électrode dispersée et réaction chimique hétérogène dans des lits de catalyseur. Elle admet l'écriture générale de l'équation cinétique sous la forme :

$$i = i_o \cdot \frac{zF}{RT} \cdot \alpha^{1-n} \cdot \eta^n$$

où  $i_o$  est la densité de courant d'échange,  $n$  un exposant et  $\alpha$  un coefficient dimensionnel. Cette équation peut être établie empiriquement dans un certain domaine de variation de la surtension  $\eta$ .

Cette analogie avec les réacteurs chimiques hétérogènes a permis d'introduire les notions suivantes :

- d'efficacité  $E_n$  de l'électrode, quantité qui représente la fraction de hauteur effectivement active de l'électrode
- de critère d'efficacité  $K_n$  de l'électrode, qui est un nombre adimensionnel tel que :

$$K_n = \left( \frac{n+1}{2} \cdot i_o \cdot \frac{zF}{RT} \cdot A_s \cdot \frac{L^2}{\gamma} \cdot \left\{ \frac{\alpha}{\eta(L)} \right\}^{1-n} \right)^{1/2}$$

Cette notion d'efficacité  $E_n$  est importante puisque le produit  $E_n \cdot L$  désigne (voir figure 5) la profondeur de la zone électrochimiquement active ; au-delà de cette zone l'électrode se trouve à l'équilibre ( $\eta = 0$ ) et les couches correspondantes sont inutiles.

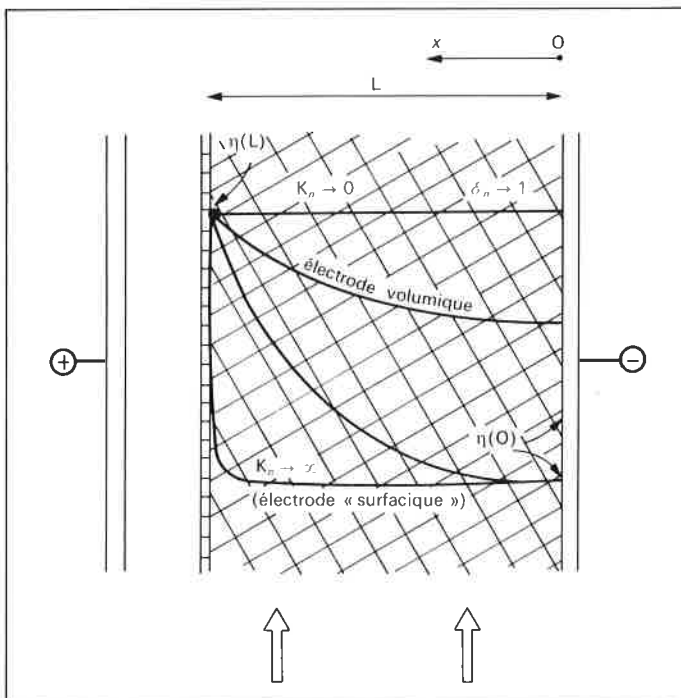


Figure 5. Signification de la notion d'efficacité de l'électrode.

On montre (10) que  $E_n$  et  $K_n$  sont approximativement liés par l'expression simple suivante :

$$E_n = \frac{th(K_n)}{K_n}$$

- lorsque  $K_n \rightarrow 0$ ,  $E_n \rightarrow 1$  (toute l'épaisseur  $L$  de l'électrode est active. C'est une électrode parfaitement tridimensionnelle)
- lorsque  $K_n \rightarrow \infty$ ,  $E_n \rightarrow 0$  (seule, la surface supérieure ou la frontière de l'électrode est active. Une matrice dispersée est inutile)
- lorsque  $0 < K_n < \infty$  la réaction électrochimique se trouve limitée à une certaine hauteur.

On pourra trouver en (10) l'expression donnant la distribution  $\eta(x)$ , car elle peut être d'usage utile. Elle a été reproduite graphiquement sous forme réduite à la figure 6 où l'on peut remarquer l'évolution de la distribution avec  $K_n$ .

Il est clair que lors des considérations pratiques de choix d'une électrode dispersée, quelle que soit la texture de celle-ci, le critère  $K_n$  devra être aussi faible que possible afin que l'épaisseur de l'électrode soit suffisante pour envisager une réalisation. L'action sur  $K_n$  peut se faire :

- soit au niveau de  $\gamma_o$  (électrolyte le plus conducteur possible)
- soit au niveau de la texture de la matrice qui doit autoriser une bonne conductibilité  $\gamma$  dans les pores
- soit en choisissant des matrices de faible  $A_s$ , c'est-à-dire, afin de satisfaire en même temps la condition précédente, des matrices suffisamment poreuses.
- au travers de la densité de courant d'échange  $i_o$ .

On pourra trouver en (28) une autre méthode d'approche.

Il semble aujourd'hui que les électrodes granulaires auxquelles on s'est beaucoup intéressé jusqu'à maintenant :

- soit pour des raisons d'économie au niveau des applications (possibilité d'utiliser des lits fixes de grains de graphite)
- soit à cause de l'intérêt donné aux électrodes fluidisées
- soit enfin pour le laboratoire, à cause de la relative précision de la connaissance des surfaces spécifiques des lits de sphères doivent céder le pas à des électrodes de type grillages car celles-ci présentent sensiblement les mêmes surfaces spécifiques que les lits fixes de sphères mais avec une porosité beaucoup plus grande (80 à 90 % par opposition à 40 % pour les lits fixes). Toutefois la nature du matériau d'électrode sera souvent déterminante dans le choix de la texture de la matrice.

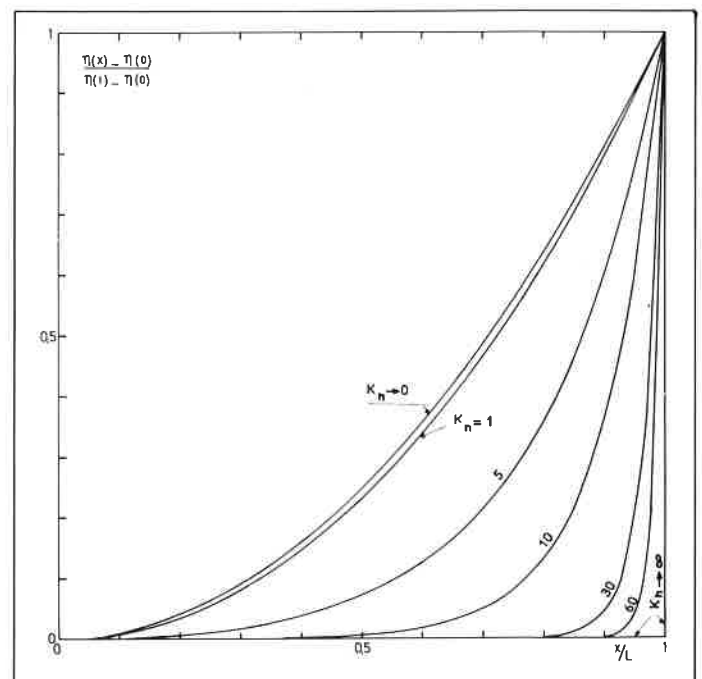


Figure 6. Évolution de la distribution réduite des surtensions d'électrode avec le critère d'efficacité  $K_n$ .

## VI. Conclusion

Nous avons passé rapidement en revue le problème des électrodes dispersées avec écoulement forcé d'électrolyte auquel a été consacrée jusqu'à aujourd'hui une quantité assez importante de travaux. Ce problème semble être de nouveau à l'ordre du jour, notamment pour ce qui concerne les matrices fixes non consolidées (empilement de grillages en particulier) mais, à notre connaissance, il n'y aurait pas encore de nouvelles réalisations industrielles. Il faut reconnaître que, si ces électrodes ont des avantages évidents, leur mise en œuvre n'est pas simple : il faut d'abord (lorsqu'il s'agit de traiter un électrolyte

donné) que le matériau d'électrode puisse être mis sous forme d'électrode dispersée, que l'électrolyte ait une bonne conductibilité électrique (ce qui n'est pas le cas de tous les effluents industriels) et que les conditions cinétiques d'une part, de texture de l'électrode d'autre part, autorisent un fonctionnement en électrode « volumique » c'est-à-dire une épaisseur active suffisamment importante. S'il n'en était pas ainsi l'utilisateur pourrait se contenter de cellules classiques à circulation rapide de l'électrolyte.

## Bibliographie

- (1) H. Gorke, U.S. Patent, 1937, 2083648.
- (2) D. G. Braithwaite, J. S. D'Amico, P. L. Gross et W. Hanzel, Auslegeschrift 1221223 et aussi U.S. Patent 3007837.
- (3) C. L. Mantel, *Chem. Eng.*, 1967, **74**, 128.
- (4) H. Gerischer, *Ber. Bunsenges Phys. Chem.*, 1963, **67**, 164.
- (5) J. Held et H. Gerischer, *Ber. Bunsenges Phys. Chem.*, 1963, **67**, 921.
- (6) J. S. Newman et C. W. Tobias, *J. Electrochem. Soc.*, 1962, **109**, 1183.
- (7) J. Euler et W. Nonnenmacher, *Electrochimica Acta*, 1960, **2**, 268.
- (8) M. Fleischmann, F. Goodridge et J. R. Backhurst, British Patent, 1970, 1194181.
- (9) F. Cœuret, P. Le Goff et F. Vergnes, Brevet français, 1967, 1500269.
- (10) M. Paulin, D. Hutin et F. Cœuret, *J. Electrochem. Soc.*, 1977, **124**, 180.
- (11) D. Hutin et F. Cœuret, *Jal Applied Electrochem.*, 1977, **7**, 463.
- (12) F. Cœuret, *Informations Chimie*, 1978, **183**, 159.
- (13) R. G. Bautista, D. S. Flett et R. J. Ollerenshaw, Warren Spring Laboratory Report LR 244.
- (14) R. G. Bautista et D. S. Flett, Warren Spring Laboratory Report LR 226.
- (15) D. N. Bennion et J. Newman, *Jal Applied Electrochem.*, 1972, **2**, 113.
- (16) G. Kreysa, *Chem. Ing. Tech.*, 1978, **50** (5), 332.
- (17) R. E. Sioda, *Electrochimica Acta*, 1977, **22**, 439.
- (18) H. D. Steppke et R. Kammel, *Erzmetall*, 1973, **26** H.11, 533.
- (19) F. Goodridge, *Electrochimica Acta*, 1977, **22**, 929 et *Electrochimica Acta*, 1977, **22**, 1073.
- (20) F. Coodridge, C. J. H. King et A. R. Wright, *Electrochimica Acta*, 1977, **22**, 1087.
- (21) G. Van der Heiden, C. M. S. Raats et H. F. Boon, *Chemistry and Industry*, 1 July 1978, p. 465.
- (22) D. J. Pickett, *Electrochemical Reactor Design*, Elsevier, 1977.
- (23) F. Goodridge et B. M. Ismail, *Electrochemical Engineering Symposium*, Newcastle upon Tyne (30 mars-1<sup>er</sup> avril 1971).
- (24) R. Alkire et P. K. Ng, *J. Electrochem. Soc.*, 1974, **121** (1), 95.
- (25) G. H. Neale et W. K. Nader, *A.I. Ch. E. Journal*, 1973, **19** (1), 112.
- (26) A. Gaunand et F. Cœuret, *Electrochimica Acta*, 1978, **23**, 1197.
- (27) A. Gaunand et F. Cœuret, *Electrochimica Acta*, 1977, **22**, 93.
- (28) G. Kreysa, *Electrochimica Acta*, 1978, **23**, 1351.

**VOTRE TEMPS  
EST PRECIEUX,  
POUR ETRE EFFICACE  
VOUS AVEZ BESOIN  
D'INFORMATIONS**

**LE  
CENTRE  
NATIONAL  
DE  
L'INFORMATION  
CHIMIQUE**

utilisez toutes les  
possibilités d'accès à  
l'information chimique

Quel que soit votre domaine :

**CHIMIE ORGANIQUE  
CHIMIE MINERALE  
CHIMIE ANALYTIQUE  
CHIMIE APPLIQUEE  
PETROCHIMIE  
CHIMIE AGRO-ALIMENTAIRE  
BIOCHIMIE  
TOXICITE  
COSMETIQUE  
METALLURGIE  
POLYMERES & PLASTIQUES  
ENERGIE  
etc...**

Le CNIC vous permet de maîtriser votre information par les moyens de la télématique. Vous pouvez accéder directement à toutes les bases de données et retrouver les publications françaises et étrangères qui vous sont indispensables. Deux possibilités s'offrent à vous :

- Vous former au cours de nos **stages de formation** à ces nouvelles techniques.
- Confier à notre service de **Recherche Rétrospective** le soin de traiter vos questions.

## carte-réponse •

Je souhaiterais recevoir,  
des renseignements sur :

- les stages de formation aux nouvelles méthodes de l'exploitation automatisée de l'information;
- le service de "Recherche Rétrospective";



Vous  
ne pouvez pas  
tout savoir, mais  
vous devez pouvoir retrouver  
toutes les publications  
qui traitent les sujets  
sur lesquels vous travaillez.

- Le CNIC forme les futurs utilisateurs aux nouvelles méthodes de l'exploitation automatisée de l'information.
- Le CNIC assure un service de "Recherche Rétrospective" et peut interroger pour vous toutes les bases de données disponibles et vous fournir très rapidement la liste complète des travaux publiés dans le monde entier sur votre sujet.



nom .....

Société ou  
Centre de Recherche

fonction .....

adresse .....

tél. ....



**CNIC**  
**CENTRE NATIONAL**  
**DE L'INFORMATION**  
**CHIMIQUE**

26, rue Boyer

**75971 PARIS CEDEX 20**

Pour avoir des  
renseignements  
sur  
nos différents  
services,  
appelez ou écrivez  
au CNIC:

tél. : 797.29.29

26, rue Boyer  
75971 PARIS  
CEDEX 20

## La chimie d'aujourd'hui face à ses nouvelles missions Conséquences pour les formations supérieures

par Jacques Bénard, (*Membre de l'Institut, Professeur à l'Université Pierre-et-Marie Curie et à l'École Nationale Supérieure de Chimie de Paris.*)



### Repenser la finalité de l'enseignement

La tâche essentielle à laquelle se trouvent confrontés aujourd'hui, plus que jamais, les responsables des institutions d'enseignement scientifique est d'adapter la formation des étudiants aux missions que ceux-ci se verront confier plus tard dans la vie professionnelle. Ceci est vrai aussi bien pour les Universités que pour les Écoles d'ingénieurs. Cette situation étant reconnue, l'urgence et les modalités de cette adaptation font cependant l'objet de nombreuses discussions. Trois ordres de difficultés doivent en effet être surmontées.

Ce sont tout d'abord les difficultés que l'on éprouve lorsqu'on cherche à imaginer ce que seront, dans un monde en rapide évolution, les activités professionnelles confiées aux cadres scientifiques, techniques et économiques de la Nation. On sait combien toute extrapolation vers l'avenir de ce qui s'est produit dans un passé récent est hasardeuse.

Des difficultés d'un autre ordre résultent de la diversité des voies que peuvent suivre plus tard des étudiants engagés initialement dans un même cursus. Faut-il mieux dispenser une formation relativement générale, ce qui facilite les reconversions ultérieures éventuelles, ou au contraire adapter plus étroitement la formation à l'accomplissement de tâches précises ce qui accroît l'efficacité immédiate ? C'est la discussion jamais close entre les mérites du généraliste et ceux du spécialiste.

Restent enfin, et ce ne sont pas les moindres, les difficultés qui résultent de la pesanteur des habitudes acquises. Ceux d'entre nous qui vivent dans les milieux de l'enseignement en connaissent bien les symptômes. Quant aux causes, elles tiennent dans une large mesure au gigantisme et à la structure exagérément centralisée des institutions universitaires. Aussi ne faut-il pas s'étonner que ce soit dans des centres de formation de volume restreint et doués d'une large autonomie, que l'adaptation de l'enseignement ait été souvent la plus efficace.

Je me propose d'examiner, dans ce qui suit, ce qu'est la situation en chimie à cet égard. Il convient tout d'abord de rappeler l'effort de réflexion qui a été réalisé depuis quelques années par un certain nombre de nos collègues en vue d'améliorer l'enseignement de la chimie. Cet effort a porté en particulier sur le contenu des programmes, sur le contrôle des connaissances, sur le développement des activités au laboratoire. Nous devons être reconnaissants à ces collègues de s'être éloignés, pour un temps, de leurs chères études afin de se consacrer à ces problèmes pédagogiques parfois au détriment de leur carrière. Grâce à eux notre pays joue un rôle plus qu'honorable au sein des instances internationales qui s'en préoccupent et cet effort doit bien entendu être poursuivi.

Mais il ne semble pas que le même effort ait été accompli en vue de procéder à un réexamen des missions que les futurs chimistes, dont nous avons la charge, auront à accomplir dans leur vie professionnelle. En chimie, comme d'ailleurs dans d'autres disciplines, les réformes des cycles universitaires se ramènent trop souvent, sinon dans les déclarations d'intention du moins dans les faits, à une simple redistribution des matières enseignées précédemment suivant des grilles nouvelles, sans qu'une réponse ait été donnée au préalable à la question pourtant essentielle : quel type d'homme, ou de femme, voulons-nous former et pour quoi faire ?

Il faut reconnaître que l'évolution du contexte technique et économique a été si rapide au cours des dernières décennies que l'élaboration d'une doctrine éducative appropriée est particulièrement délicate. En effet, si les membres du corps enseignant sont parfois mal informés de la nature des activités qui seront confiées plus tard à leurs élèves dans la vie professionnelle (reproche fréquemment formulé) les industriels sont

pour leur part extrêmement divisés au sujet des profils qu'ils souhaitent pour leurs futurs cadres. Ces divergences se manifestent jusqu'au sein d'une même société que l'on s'adresse au responsable de tel ou tel service.

Pour essayer de voir clair dans cette situa-

tion complexe et évolutive, il paraît nécessaire de raisonner par récurrence en se posant successivement les trois questions suivantes :

1. Quel rôle sera dévolu à la chimie dans l'ensemble des activités industrielles au cours des prochaines décennies ?

2. Ce rôle étant connu, quelles seront les missions qui incomberont aux chimistes dans leur vie professionnelle ?

3. Ces missions étant connues, quel type de formation est-il souhaitable non seulement pour les chimistes mais encore pour les non chimistes ?

## La chimie dans l'industrie hier et aujourd'hui

La place occupée par la chimie dans le monde industriel était jadis clairement définie. Il existait une industrie chimique consacrée essentiellement à la préparation d'un nombre limité de produits de base : engrais, solvants organiques, acides, bases et sels minéraux. Des entreprises spécialisées se consacraient en outre à l'élaboration de produits plus sophistiqués : pigments minéraux, colorants organiques, produits pharmaceutiques, encres, colles, peintures et vernis. L'ensemble de ces industries constituait un monde très particulier, peut ouvert vers l'extérieur et dont les membres, jaloux de leur savoir-faire, étaient peu soucieux de justifier l'utilité de leurs activités. Les étudiants, qui s'engageaient dans cette voie, devaient acquérir une formation, en général très spécialisée, dans une École de chimie ou dans une Université. Hors ce cadre strict, le chimiste n'avait que peu de possibilités d'exercer son art dans des conditions telles que sa compétence soit véritablement utilisée. Ceci explique, soit dit en passant, son extrême vulnérabilité sur le marché de l'emploi toutes les fois que l'économie entrait en récession.

Bien différente est maintenant la situation à laquelle sont confrontés les jeunes chimistes diplômés des Écoles d'ingénieurs ou des Universités à leur arrivée dans l'industrie. Au cours des dernières décennies, un certain nombre d'industries, qui étaient considérées jadis comme totalement étrangères à la chimie, ont vu leur activité évoluer dans un sens qui fait jouer à celle-ci un rôle de plus en plus important. Cette situation est souvent méconnue, y compris de certains chimistes, ce qui explique la trop lente adaptation de l'enseignement de notre discipline et la désaffection dont elle continue de pâtir dans l'esprit de beaucoup de membres du corps enseignant. Quant à l'opinion publique, dont les chimistes n'ont commencé à se préoccuper que lorsqu'elle a commencé à les mettre en accusation sur le thème de la pollution, elle n'a aucune idée de ce nouvel état de choses. Je n'en veux pour témoignage qu'un souvenir récent qu'on me permettra d'évoquer.

Au cours d'un colloque qui réunissait l'an dernier à Mulhouse, sous les auspices du CNRS, des personnalités venues des horizons les plus variés sur le thème de *l'Image de la Chimie*, un journaliste scientifique voulant illustrer le peu d'intérêt que ses lecteurs manifestaient pour la chimie disait que par-

mi toutes les lettres qu'il recevait, il n'y avait jamais de question posée à son sujet, mais qu'en contrepartie il était assiégré de questions sur les médicaments, la pollution, le nucléaire, l'énergie, les matériaux. Cette remarque illustre simplement l'ignorance dans laquelle l'opinion publique se trouve en ce qui concerne le rôle décisif que joue maintenant la chimie dans tous ces thèmes d'actualité.

En ce qui concerne le rôle de la chimie dans la thérapeutique, tout développement serait superflu. Il est bon cependant de souligner que le regain d'intérêt accordé aux substances naturelles, bien loin de restreindre le rôle du chimiste, a ouvert au contraire à celui-ci un nouveau champ d'action encore à peine exploré. Non moins évident est le rôle croissant joué par la chimie dans l'industrie des matières odorantes et dans tout le secteur des industries agro-alimentaires.

Mais il nous faut maintenant évoquer des exemples moins connus, tels ceux de l'industrie électronique et de l'industrie nucléaire. L'élaboration des matériaux utilisés en électronique met aujourd'hui en jeu les techniques les plus fines de la chimie moderne : purification ultime du silicium et du germanium, préparation de monocristaux, dopage par des traces d'éléments d'addition soigneusement dosées, fixation rigoureuse d'écartés à la stœchiométrie. La réalisation des circuits intégrés exige en outre une maîtrise de la science des surfaces et des interfaces qui relève autant de l'art du chimiste que de celui du physicien. L'histoire des progrès réalisés dans l'élaboration des nouveaux matériaux magnétiques : oxyde de chrome, ferrites, grenats, montre que ceux-ci n'ont pu être réalisés que grâce à une collaboration étroite de physiciens et de chimistes de haut niveau au sein d'équipes industrielles ou universitaires. La situation est identique dans le cas des matériaux ferro-électriques, photoconducteurs et luminescents.

Venons en à l'industrie nucléaire. On est rarement conscient du fait que la mise en œuvre des réacteurs pose des problèmes qui relèvent dans une large mesure de la compétence des chimistes : corrosion des cuves et des installations annexes, élaboration des combustibles sous une forme appropriée, retraitement de ces combustibles en vue de la séparation de leurs constituants, purification des effluents. La chimie minérale des solutions aussi bien que celle de l'état solide ont

été appelées à résoudre dans ce domaine une multitude de problèmes nouveaux, rendus particulièrement complexes en raison de l'influence des radiations sur la réactivité des matériaux.

L'évolution actuelle de la métallurgie fine tend, elle aussi, à accorder un rôle accru à la chimie dans la mesure où les exigences des utilisateurs en matière de qualité des matériaux deviennent de plus en plus sévères et où la composition d'alliages réservés à des usages spéciaux devient de plus en plus complexe. On prend maintenant conscience du fait que les opérations d'élaboration des métaux et la maîtrise des traitements thermiques auxquels on les soumet ne peuvent échapper à l'empirisme que grâce à une meilleure connaissance des processus physico-chimiques dont ils sont le siège.

De façon plus générale, l'emprise de la chimie sur toutes les industries qui gravitent autour de l'habillement, du logement, des transports va croissant. Qu'on s'en réjouisse ou qu'on le déplore, l'homme vit aujourd'hui dans un univers où la nécessité de substituer aux matériaux et aux substances naturelles des produits élaborés par l'industrie est imposée par la croissance démographique et l'urbanisation. Or à l'origine de la chaîne d'innovations qui conduit de la manifestation d'un besoin à la découverte et à la production du produit qui permet de la satisfaire, il est bien rare que le chimiste ne soit pas appelé à jouer un rôle souvent décisif.

Ces exemples montrent que contrairement à ce que nous avons connu dans le passé, la chimie ne peut plus être considérée de nos jours comme une spécialité qui ne trouve son épanouissement que dans le cadre des seules industries chimiques traditionnelles. Elle est appelée maintenant à jouer un rôle décisif dans les secteurs les plus variés. Cette évolution se concrétise actuellement sous nos yeux dans la restructuration de nombreux groupes industriels dont la vocation était à l'origine purement chimique, qui prennent maintenant des participations et vont même jusqu'à absorber des entreprises vouées à l'utilisation des matériaux qu'ils produisent. À l'inverse d'autres groupes, dont la vocation initiale était entièrement étrangère à la chimie, développent en leur sein d'importantes unités de recherche et de production destinées à alimenter en matériaux appropriés à leurs besoins, leurs propres chaînes de montage.

## La chimie devant les grands défis du monde actuel

La place croissante occupée par la chimie dans les secteurs industriels les plus variés ne

reflète qu'imparfaitement le rôle qu'elle est désormais appelée à jouer dans l'avenir. On

constate en effet que les trois grands défis techniques auxquels sont contraintes de faire

face les nations industrielles : énergie, matières premières, pollution, sont tributaires, dans une large mesure, de l'intervention des chimistes.

Considéré sous sa forme traditionnelle qui est l'exploitation rationnelle ou la transformation des combustibles fossiles, le problème de l'énergie constitue évidemment un domaine privilégié pour les chimistes. Mais ceux-ci sont également appelés à intervenir dans l'alternative nucléaire comme nous l'avons rappelé il y a un instant, et même dans l'alternative solaire. Qu'il s'agisse de produire, de transformer ou de stocker l'énergie sous quelques formes que ce soit, le recours aux chimistes est inévitable.

L'approvisionnement de l'industrie en matières premières, autres que celles utilisées comme sources d'énergie, bien que moins

critique que celui des combustibles fossiles, prendra peu à peu et prend déjà dans certains cas particuliers un caractère inquiétant. La nécessité de recourir à des minerais de plus en plus pauvres et celle de procéder, en particulier pour les métaux rares, à une récupération de ces éléments remettront bien souvent en cause des méthodes pratiquées de longue date et impliqueront la mise au point de procédés nouveaux. Là encore de nombreuses industries vont se trouver confrontées à des difficultés nécessitant un recours à des spécialistes avertis de la chimie des métaux.

Quant au défi de la pollution, il n'est pas besoin d'une longue réflexion pour se rendre compte que si dans certains cas les chimistes en portent la responsabilité, ils sont les seuls à savoir y porter remède sur le plan technique. Encore faut-il ensuite faire appliquer les

solutions qu'ils préconisent par des dispositions réglementaires appropriées et surtout faire accepter aux intéressés, c'est-à-dire à nous tous, les charges financières parfois très lourdes qu'elles entraînent.

Les trois défis qui viennent d'être évoqués concernent surtout les nations fortement industrialisées. Mais d'autres défis, auxquels la chimie n'est pas étrangère, s'imposent d'une manière dramatique aux nations en voie de développement : celui de la faim, celui de la santé, celui de la surnatalité. Face à ces grands problèmes c'est seulement par un travail en équipe que des solutions peuvent être trouvées. Dans ces équipes le chimiste est appelé à travailler en liaison étroite avec des physiciens, des biologistes, des géologues, des agronomes et, ne l'oublions pas, des économistes.

## Pour une évolution nécessaire de la formation des chimistes

La situation actuelle de l'industrie et les grands défis technologiques auxquels doivent faire face les Sociétés modernes, que nous venons d'évoquer, semblent remettre en question, d'une manière inéluctable, le type de formation traditionnelle des chimistes qui était jadis adopté dans les Universités et dans la plupart des Écoles supérieures consacrées à cette discipline. Cette formation hautement spécialisée était sans doute excellente pour préparer les futurs cadres d'une industrie dont le champ d'action était strictement défini et l'évolution relativement lente. Elle prépare mal en revanche les étudiants à affronter les tâches variées auxquelles ceux-ci auront à faire face désormais dans la vie professionnelle et à surmonter les reconversions auxquelles ils auront toutes chances de se voir confrontés plus tard.

Cette remise en question nécessaire de l'enseignement dispensé aux futurs chimistes a-t-elle été réellement opérée dans notre enseignement supérieur ? Je crois pouvoir répondre objectivement par l'affirmative pour un petit nombre de cas particuliers et malheureusement par la négative dans la plupart des autres cas. Reprenant la remarque que nous avons faite au début, c'est surtout dans des unités de formation de volume limité et surtout douées d'une certaine autonomie telles que certaines Écoles d'ingénieurs, que la nécessité de cette adaptation a été ressentie le plus tôt et que les conséquences en ont été tirées depuis plusieurs années sur le plan pédagogique. Beaucoup plus rares sont les exemples que l'on puisse citer d'une telle évolution dans les Universités. Dans celles-ci en effet le corps enseignant, fidèle à une tradition respectable, mais semble-t-il dépassée, tend à privilégier à l'excès la finalité purement scientifique et spécialisée de son enseignement de second cycle au détriment de l'insertion de celui-ci dans un cadre plus large. Les étudiants ne s'y trompent pas, qui

cherchent de plus en plus à s'intégrer de préférence dans certains établissements dont ils pensent qu'ils leur assureront une formation orientée plus directement vers les réalités professionnelles.

Cette situation étant reconnue, quelles sont les recommandations précises qui devraient inspirer toute tentative d'adaptation de l'enseignement de la chimie à la situation nouvelle que nous avons décrite, aussi bien dans les Universités que dans les Écoles d'ingénieurs qui se réclament de cette discipline ?

### 1. Il faut ouvrir plus largement aux sciences et aux techniques voisines de la chimie l'enseignement destiné aux futurs chimistes.

Parmi celles-ci, une sélection peut être faite suivant les situations locales entre la physique, la biologie, le génie chimique, la science des matériaux. Les étudiants qui désirent acquérir des connaissances approfondies dans un domaine particulier conservent la possibilité de le faire en préparant un Diplôme d'études approfondies et une thèse de Doctorat qui feront d'eux des experts recherchés par certains employeurs et de futurs chercheurs. Cette pratique déjà éprouvée évite d'imposer à tous une formation spécialisée dont la plupart n'ont que faire par la suite et qui les rend plus difficilement reconvertis en cas de nécessité.

En ce qui concerne plus particulièrement la physique, il est profondément regrettable que cette discipline soit devenue totalement absente de la licence et des maîtrises de chimie des Universités. On peut, de ce fait, voir des Docteurs ès sciences appelés à professer la chimie dans des établissements d'enseignement supérieur qui ne possèdent pour toute formation dans cette discipline que le léger bagage qu'ils avaient acquis en propédeutique. La suppression de la seconde

thèse sur un sujet de physique qui était de règle jadis n'a fait que confirmer cette orientation déplorable.

Dans le même ordre d'idées, la dualité des maîtrises de chimie et de chimie-physique, qui se perpétue dans certaines universités, provoque un compartimentage des enseignements et une ségrégation prématurée des étudiants qui va à l'encontre de l'évolution de notre discipline aussi bien sur le plan strictement scientifique que sur celui des applications.

### 2. Il faut entraîner de bonne heure les futurs chimistes à travailler au cours de leurs études avec des étudiants relevant d'autres disciplines.

Ceci peut être aisément réalisé au sein de petits groupes opérationnels constitués en vue de la préparation de projets, rapports ou microthèses de nature multidisciplinaire. De telles méthodes, qui sont rarement adoptées, préfigureraient les conditions de travail dans lesquelles se trouveront placés le plus souvent les jeunes diplômés dans la vie professionnelle.

### 3. En marge des activités de types scientifique et technique, les étudiants devraient acquérir la pratique courante d'une langue étrangère et être sensibilisés aux problèmes économiques.

Cette exigence est maintenant satisfaite dans la majorité des écoles d'ingénieurs mais est ignorée dans la quasi-totalité des filières de second cycle purement universitaires. C'est là l'une des raisons parmi d'autres du peu d'intérêt que les milieux industriels manifestent devant les candidatures des étudiants de ces formations. Le temps consacré à ces activités doit cependant rester très limité, contrairement à ce qu'on a pu recommander parfois.

## De la chimie pour les non chimistes

De même que nous souhaitons une ouverture de l'enseignement dispensé aux chimistes vers les disciplines extérieures, il paraît en

contrepartie indispensable que les étudiants qui se consacrent à ces disciplines possèdent un minimum de connaissances en chimie.

L'ostracisme, qui sévit à l'encontre de la chimie dans certains milieux et en particulier dans les sections mathématiques des classes

préparatoires aux grandes Écoles, procède d'une vision rétrograde de ce qu'est le métier d'ingénieur. L'ignorance des diplômés, qui sortent de certaines Écoles parmi les plus prestigieuses, en matières de chimie même élémentaire ne leur permet que très difficilement d'établir une collaboration constructive avec leurs collègues chimistes en vue de résoudre les problèmes inter-disciplinaires qu'ils auront à résoudre par la suite où qu'ils se trouvent.

Les professeurs qui enseignent la chimie dans ces établissements ou filières de formation universitaires doivent faire l'effort de concevoir leur enseignement sous une forme adaptée aux besoins de ces étudiants. Cette forme sera en général très différente

(approfondissement mis à part) de celle qui s'adresse à de futurs chimistes. L'insuccès de certains de ces enseignements et le discrédit qui en rejaillit sur la chimie sont dus le plus souvent à la méconnaissance de cette règle de bon sens.

Enfin, il est nécessaire d'insister sur la nécessité d'obliger les étudiants, qu'ils soient ou non chimistes, à acquérir deux qualités essentielles qui sont :

- le sens de l'observation et celui de l'expérimentation
- le souci d'orienter l'activité intellectuelle en fonction des objectifs à atteindre bien qu'en fonction de la beauté des raisonnements mis en œuvre dans ce but.

Si j'ai cru devoir insister sur ces aspects généraux de l'enseignement, au risque de paraître trop pragmatiste, c'est parce que nous assistons à une évolution que je juge dangereuse de notre enseignement scientifique supérieur vers une sous-estimation de ces deux qualités qui seront indispensables à la grande majorité de la population estudiantine qui vient chercher à l'Université et dans les Écoles un passeport pour la vie active. En suivant cette voie l'Enseignement supérieur remplirait mieux sa mission à l'égard de cette population, sans pour autant faillir à la mission traditionnelle qui est la sienne de former une élite scientifique dans les formations préparant aux divers Doctorats.

Vient de paraître :

## **FIRMENHANDBUCH CHEMISCHE INDUSTRIE 1979-1981**

**TOUTE L'INDUSTRIE CHIMIQUE ALLEMANDE**

11 000 Produits avec noms et adresses de leurs fabricants et distributeurs

1 volume, 448 pages, 21,5 × 30 cm, couverture plastique - Frs 400.-

---

**Diffusion Exclusive « TECHNISCENCES »**



## W. C. Röntgen et la découverte des rayons X

par Józef Hurwic

(Université de Provence, 3, place Victor-Hugo, 13331 Marseille Cedex 3)

*Il y a 79 ans, le prix Nobel de physique fut décerné à Wilhelm Conrad Röntgen pour la découverte des rayons X qui, rapidement appliquée en médecine, devint la radiologie. En 1979, cette haute distinction scientifique a récompensé, en médecine et physiologie, les travaux d'un ingénieur électricien britannique, Godfrey Newbold Hounsfield, et d'un physicien américain d'origine sud-africaine, Allan MacLeod Cormack, pour les perfectionnements apportés à la radiologie. L'histoire de la découverte des rayons X présente donc une nouvelle actualité.*



**Figure 1. Wilhelm Conrad Röntgen (1845-1923).**

Wilhelm Conrad Röntgen est né, le 27 mars 1845, à Lennep, petite ville située sur le Bas-Rhin, connue par son industrie textile (1). Il était l'enfant unique d'un commerçant allemand, Friedrich Conrad Röntgen, marié à une Hollandaise, Charlotte Constanze Frowein. En 1848, sa famille s'établit au pays de sa mère où il a passé son enfance et sa jeunesse. Comme élève, il ne se distinguait pas des autres ce qui, d'ailleurs, n'est pas un cas rare parmi les futurs grands savants, pour ne citer que l'exemple du génial Albert Einstein. Ce sont plutôt les élèves tranquilles, disciplinés, qui ne posent pas de questions embarrassantes, qui obtiennent les meilleures notes.

A l'âge de 17 ans, Röntgen est expulsé du lycée d'Utrecht pour le refus de la dénonciation d'un camarade qui avait dessiné une méchante caricature d'un professeur. Les intrigues de cet enseignant ne furent pas, par la suite, étrangères à l'échec de Röntgen à l'examen du baccalauréat. Pendant un an, il fréquente ensuite une école technique à Appeldoorn. Mais ne pouvant y trouver satisfaction, il quitte les Pays-Bas pour entrer à la célèbre École Polytechnique de Zurich qui n'exige pas le baccalauréat. Au début, il ne manifeste pas une trop grande assiduité dans ses études mais il change bientôt son comportement.

Trois ans plus tard, en 1868, il obtient le diplôme d'ingénieur-mécanicien. Quelques mois après, il devient assistant du physicien, August Kundt, connu surtout comme auteur d'une méthode de mesure de la vitesse du son dans les gaz et solides. Sous sa direction Röntgen prépare une thèse de doctorat sur les gaz. Quand Kundt est nommé professeur de physique à l'Université Julius-Maximilian, à Wurtzbourg en Bavière, il emmène avec lui son jeune collaborateur. Mais sans baccalauréat, il ne peut, en Allemagne, avancer dans sa carrière universitaire.

En 1872, Kundt est invité à occuper la chaire de physique de l'Université de Strasbourg, ouverte de nouveau après plusieurs années d'interruption. Fidèle assistant, Röntgen l'accompagne et continue ses recherches sur les propriétés des gaz, en particulier sur leur compressibilité et leur capacité calorifique spécifique, sur les propriétés électriques des cristaux, etc. A l'école scientifique de Kundt il acquiert une maîtrise de l'expérience en physique, une grande précision dans les mesures et l'habitude d'analyser rigoureusement les erreurs expérimentales.

La jeune université de Strasbourg, libérée des traditions féodales des anciennes universités allemandes, offre à Röntgen, bien qu'il ne soit pas bachelier, le titre de maître de conférences (Dozent). En 1879, ayant déjà un acquis scientifique important et recommandé par Hermann von Helmholtz et Gustav Kirchhoff, il devient professeur titulaire de physique expérimentale à l'Université de Giessen, en Hesse. Il consacre tout son temps, sauf de courtes excursions dans les Alpes, au travail scientifique. Pendant dix ans de séjour à Giessen, ses recherches couvrent un vaste espace de physique, depuis la tension superficielle de diverses solutions, en passant par l'influence de hautes pressions sur les propriétés des corps, jusqu'aux études des cristaux. Son travail le plus connu, de cette époque, est la constatation de l'effet

magnétique provoqué par le déplacement du diélectrique polarisé (courant de Röntgen).

En 1888, Röntgen obtient, après Friedrich Kohlrausch, célèbre par ses mesures électriques et magnétiques, la direction de l'Institut de Physique, parfaitement équipé, de l'Université de Wurtzbourg. Six ans plus tard, il devient Recteur de cette université. C'est dans cette même université qu'il fit sa grande découverte.

Vers 1850, le mathématicien allemand, Julius Plücker, qui était aussi physicien, a entrepris, à Bonn, l'étude de la décharge électrique dans les gaz raréfiés, contenus dans des tubes de verre préparés pour lui par Heinrich Geissler. Ce phénomène est resté, pendant quarante ans, le sujet préféré des recherches des physiciens dans différents pays. On peut, par exemple, citer en Allemagne, à part Plücker et Geissler, Johann Hittorf, élève de Plücker, Eugen Goldstein, Heinrich Hertz et son élève, Philipp Lenard, en Angleterre William Crookes, Joseph John Thomson, en France Jean Perrin et plusieurs autres. Les études des rayons cathodiques ont apporté une avalanche de découvertes qui devaient ébranler tout l'édifice de la physique classique.

Les rayons cathodiques ont aussi attiré l'attention de Röntgen. Au début d'octobre 1895, il commence des expériences avec un tube de Crookes sous vide poussé, excité par une bobine d'induction de Ruhmkorff alimentée par une batterie d'accumulateurs et susceptible de donner des étincelles longues d'environ 10 à 15 cm. Un mois plus tard, au cours de ces expériences, il remarque un phénomène étrange. Lorsque le courant passe à travers le tube, recouvert d'un papier noir et placé dans une pièce complètement obscure, un petit écran, recouvert de  $\text{BaPt}(\text{CN})_4$ , placé au voisinage, présente une nette fluorescence. Cette fluorescence persis-

te même en éloignant l'écran à une distance de deux mètres. Fait plus surprenant encore, les cristaux de  $\text{BaPt}(\text{CN})_4$  continuent à briller malgré l'interposition, entre le tube et eux, d'objets divers, tel un livre relié de mille pages.

Pour vérifier le phénomène soigneusement, pendant quelques semaines, Röntgen couche et prend ses repas sur le lieu de travail et accumule des expériences. Il peut incontestablement confirmer l'existence d'un agent nouveau, différent des rayons cathodiques qui ne peuvent pas traverser le verre du tube, et susceptible de traverser un carton noir assez épais, donc différent de la lumière visible ou ultraviolette, mais produisant comme elle la fluorescence. Il finit par établir que la cause de ces faits réside dans une nouvelle sorte des rayons invisibles, émis par le tube, auxquels il donna le nom de rayons X. Il étudie la transparence, pour ces rayons, de différents milieux, de diverses épaisseurs. On peut imaginer l'épouvante ressentie par le chercheur lorsqu'il aperçut, sur l'écran fluorescent, une ombre foncée du squelette d'une main humaine. C'était sa propre main : les os apparaissent comme une ombre évidente tandis que les chairs ne donnèrent qu'une pénombre très légère. Ensuite, Röntgen ne tarde pas à découvrir que les rayons X impressionnent la plaque photographique. Le pas suivant dans ses travaux fut donc le remplacement de l'écran fluorescent par ce nouveau moyen de recherche. Röntgen photographie aux rayons X un fil de fer, enroulé sur une bobine, à travers une épaisse planche de bois, une série de poids dans une boîte, une aiguille aimantée et le cadran d'une boussole enfermée dans une boîte métallique et divers autres objets. La plus célèbre est la photographie, obtenue, le 22 décembre par exposition durant quinze minutes de la main de sa femme. Cette photographie est soigneusement conservée à l'Institut de Physi-

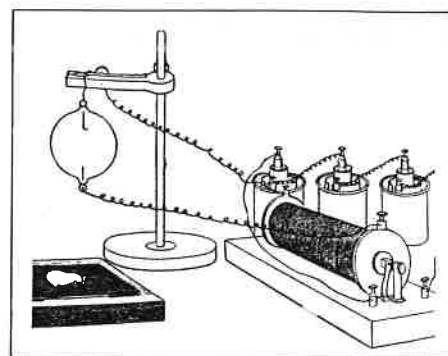


Figure 2b. Installation primitive de roentgenographie alimentée par piles (*Annuaire gén. de Photographie*, 1896).

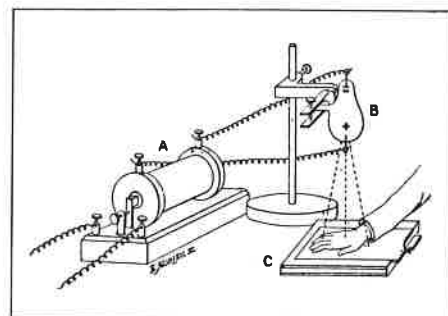


Figure 2c. Appareil pour les expériences des rayons X (*La Nature*, 1896, 1<sup>er</sup> sem., 24, 158).

que, à Wurtzbourg. Sur ce premier roentgenogramme d'un être vivant on voit, en plus des os, l'image noire intense d'une bague sur un doigt. Röntgen rassembla tous ces résultats, en 17 points dans une communication préliminaire qu'il alla, le 28 décembre, déposer à la Physikalisch- medizinische Gesellschaft zu Würzburg aux fins de présentation lors de la première séance à venir, c'est-à-dire le 23 janvier 1896. Mais la communication fut publiée tout de suite dans les Comptes rendus de la Société (2), avant la présentation à sa séance. C'était irrégulier, mais cette exception à l'usage était justifiée par l'importance de l'article.

Dans cette publication, Röntgen indique, de façon nette, que les rayons X partent de la région du tube où les rayons cathodiques frappent le verre. Il montre que leur propagation est rectiligne ; qu'ils ne peuvent être ni réfractés, ni réfléchis, ni polarisés par aucune des méthodes connues à l'époque ; qu'ils ne peuvent pas donner d'interférences et, enfin, que contrairement aux rayons cathodiques, les nouveaux rayons ne subissent pas la moindre déviation dans le champ d'un aimant. En ce qui concerne la nature de ces rayons, il émit l'hypothèse qu'il devraient être attribués à des vibrations longitudinales de l'éther.

Le jour du Nouvel An 1896, Röntgen envoya les tirés à part et les copies de ses premières photographies par rayons X à quelques sa-

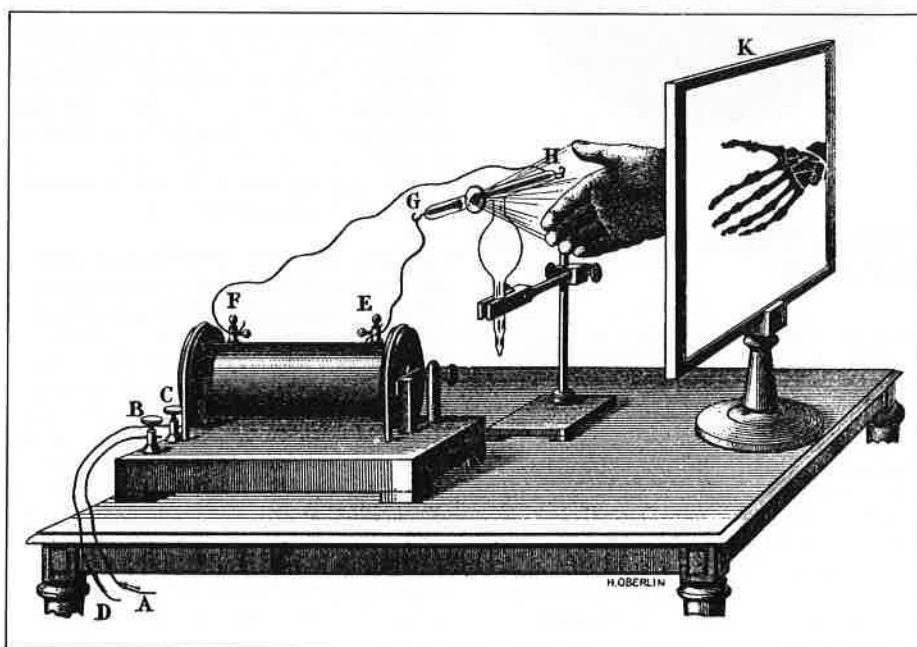


Figure 2a. Expérience de roentgenoscopie (*Rev. gén. Sci. pures appl.*, 1896, 7, 857).



Figure 3. Couverture du tiré à part de la première publication (2a) de Röntgen décrivant la découverte des rayons X.

vants d'Allemagne et de l'étranger; entre autres, à Henri Poincaré, grand mathématicien français, à Paris. Le 23 janvier 1896, après avoir exposé en public sa découverte, Röntgen prit la photographie aux rayons X de la main d'un anatomiste célèbre de l'Université de Wurtzbourg, Rudolf von Kölliker. L'excellent roentgenogramme, présenté peu après, provoqua un énorme enthousiasme et les applaudissements de l'assistance. Von Kölliker proposa que les rayons X fussent appelés Röntgen. Et, en réalité, ils portent ce nom en allemand, russe, polonais et dans plusieurs autres langues.

La deuxième partie de la communication de Röntgen parut en mars 1896 (2b). Elle fut suivie, en mai 1897, par une troisième publication sur ce sujet (3). Röntgen approfondit, dans ces deux publications, l'étude des propriétés de ses rayons et, surtout, leur pouvoir ionisant : l'air et certains diélectriques solides deviennent conducteurs de l'électricité quand les rayons X les traversent. Il faut remarquer que, pendant plusieurs années, les physiciens, malgré des efforts acharnés, n'ont pu rien ajouter d'essentiel aux résultats publiés par Röntgen, dans ses trois premières communications.

Les propriétés mystérieuses des rayons X et, en particulier, le fait qu'ils traversent les corps opaques, excitèrent aussitôt une énorme curiosité et une fascination, non seulement dans les milieux scientifiques mais, par l'intermédiaire des articles souvent sensationnels des journalistes, aussi parmi le grand public. Certains commencèrent même à s'inquiéter sur la possibilité de ces rayons de violer le secret personnel. Une firme londonienne de confection ne tarda pas,



Figure 4. Falstaff de Shakespeare vu aux rayons X à travers son costume. Dessin humoristique dans le célèbre hebdomadaire satirique anglais « Punch », en 1896.

pour rassurer les femmes devant l'indiscrétion des hommes, à communiquer qu'elle produisait de la lingerie non transparente aux rayons X ! Dans les périodiques de l'époque on trouve d'innombrables dessins humoristiques concernant ces rayons. Au début du mois de janvier 1896, un médecin français de Paris, Toussaint Barthélemy, apprend, par la lecture du numéro du 5 janvier du quotidien allemand « Frankfurter Zeitung », que, le 4 janvier, au cours de la commémoration du cinquantième anniversaire de la Société de Physique de Berlin, le président de la Société de Physique et de Médecine de Wurtzbourg avait révélé l'existence d'une communication du professeur

Röntgen annonçant la découverte d'un rayonnement extraordinaire, accompagnée de quelques « photographies de l'invisible » et parmi elles, la photographie du squelette d'une main d'adulte vivant. Le docteur Barthélemy, passionné par cette nouvelle, décide, tout de suite, de reproduire l'expérience de Röntgen (4). Dans ce but il s'adresse à son ami (aussi médecin), Paul Oudin, qui s'occupe d'électrologie médicale et qui, en 1893, avait inventé un résonateur pour les ondes de Hertz. (C'est d'ailleurs avec le résonateur de Oudin que fut monté le premier émetteur de T. S. F. de la Tour Eiffel.) Le docteur Oudin, en se basant sur les indications contenues dans l'article du journal, reconstitue rapidement le montage de Röntgen. Gaston Séguy, préparateur au Laboratoire de physique de l'École Supérieure de Pharmacie de Paris procure le tube de Crookes, au vide suffisamment poussé. Ce tube, qui a la forme d'une sphère de 7 cm environ de diamètre, renferme un simple fil comme cathode. Une batterie de douze accumulateurs alimente une bobine de Rhumkorff munie d'un interrupteur réglé pour trois à quatre décharges par seconde. Ce dispositif est utilisé par Barthélemy et Oudin comme source des rayons X. Dans un premier essai ils déplacent continuellement le tube, pendant 25 mn, au-dessus de la main placée, à son tour, sur une plaque photographique Lumière enveloppée dans du papier noir. Le squelette apparaît mais déformé. Les clichés suivants sont pris avec le tube fixe. La pose de 10 mn se révèle insuffisante. C'est seulement la troisième photographie, avec un temps de pose de 20 mn et le tube fixé à 10 cm au-dessus de la main, qui est réussie. C'est cette photographie qui est communiquée, le 20 janvier 1896, par Poincaré, à la séance de l'Académie des Sciences à Paris (5).

N'étant ni physicien, ni médecin, Poincaré, au début, ne s'intéresse pas aux rayons X. Mais, chargé ensuite de présenter à l'Académie le travail d'Oudin et Barthélemy, ce grand savant universel se penche sérieusement sur la découverte de Röntgen.

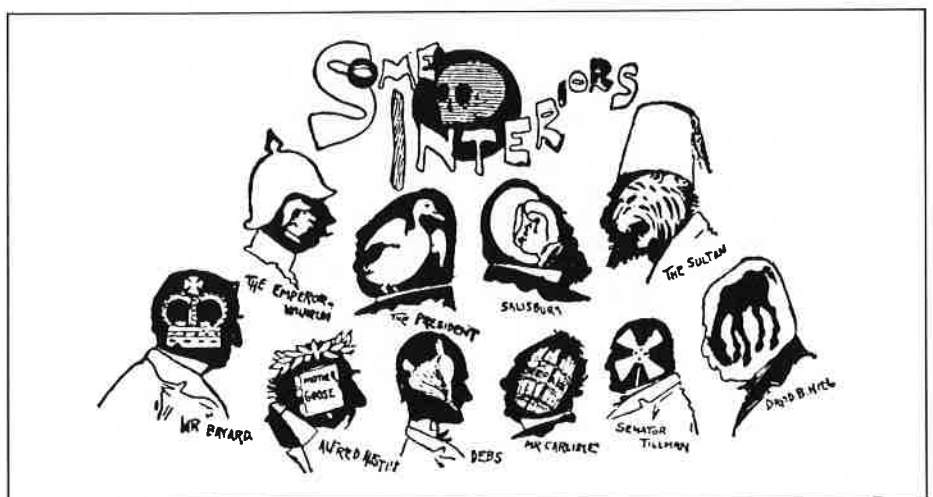
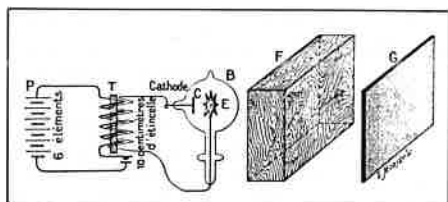
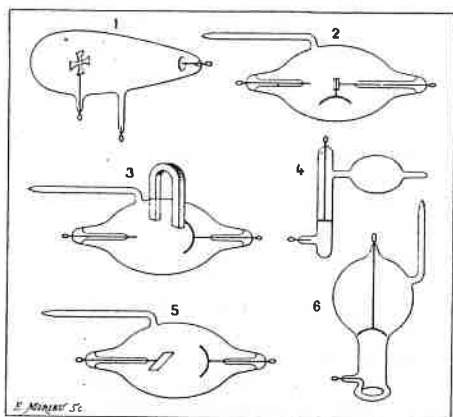


Figure 5. Les rayons X permettent de connaître le contenu des crânes de différentes personnalités. Dessin humoristique dans un journal américain de 1896.



**Figure 6. Diagramme du dispositif adopté par G. Seguy pour la répétition des expériences de Röntgen** (*La Nature*, 1896, 1<sup>er</sup> sem., 24, 156).



**Figure 7. Divers modèles de tubes pour la production des rayons X** (*La Nature*, 1896, 2<sup>e</sup> sem., 24, 27).

Le tube de rayons X d'aujourd'hui possède une anticathode métallique. Mais dans les premiers tubes de Röntgen, la source d'émission des rayons X était constituée par la paroi de verre bombardée par les rayons cathodiques.

On observait simultanément une fluorescence de la paroi. Cette fluorescence, comme on le sait maintenant, est émise par le verre sous l'influence des rayons X (et, en partie, également provoquée directement par les rayons cathodiques). Mais Poincaré prend la cause, c'est-à-dire les rayons X, pour l'effet de la fluorescence : il pense que la fluorescence produit les rayons X. Il se demande alors si tous les corps dont la fluorescence est suffisamment intense n'émettent pas, outre les rayons lumineux, des rayons X, quelle que soit la cause de leur fluorescence (6). Cette hypothèse, fautive, est cependant très fructueuse pour la science. Les physiciens français, Charles Henry (7) et Henri Becquerel (8-12) entreprennent la vérification de l'hypothèse de Poincaré. Les recherches de Becquerel conduisent à la découverte de la radioactivité.

Revenant à la communication d'Oudin et Barthélemy (5), on constate qu'ils ne se sont pas limités à ce travail. Des expériences systématiques sont entreprises les jours suivants par ces mêmes auteurs sous la direction d'Odilon-Marc Lannelongue, professeur de pathologie chirurgicale, dans son service à l'Hôpital Troussau, et présentées, le 27 janvier 1896, à l'Académie (13). Leurs photographies aux rayons X d'un fémur et

des mains ont montré l'utilité de l'emploi de ces rayons dans le diagnostic chirurgical. De cette façon la radiologie a quitté le domaine de la simple curiosité scientifique pour entrer dans celui des études médicales.

L'ordre du jour de la même séance de l'Académie comportait encore deux notes relatives aux rayons X.

La première était de Jean Perrin (14) à l'époque préparateur de physique à l'École Normale Supérieure. Ayant eu, par des journaux quotidiens, connaissance des expériences de Röntgen, il les a répétées et confirmées. A titre d'exemple, il joignait deux roentgenographies, celle d'un pleuronecte et celle d'une grenouille.

La deuxième note était de H. Dufour (15), professeur de physique à Lausanne, qui, par l'entremise de E. Mascart, professeur de physique générale et expérimentale au Collège de France, montrait trois épreuves obtenues aux rayons X : une main d'enfant aux doigts bagués, une grenouille et un bac incomplètement rempli de sang.

Le 10 février 1896, la première communication de radiodiagnostic authentique, est présentée à l'Académie celle de Lannelongue et Oudin. Ils ont montré que les nouveaux rayons peuvent traverser les parties épaisses du corps humain pour examiner l'état des parties dures qui s'y trouvent.

Les milieux scientifiques et médicaux furent rapidement informés, en détail de la découverte de Röntgen lorsque ses publications originales parurent et furent aussitôt réimprimées, par différents journaux scientifiques, en allemand, français et anglais. Les rayons X, très vite, sont devenus indispensables pour le chirurgien dans l'étude des lésions osseuses ou dans la recherche des corps étrangers métalliques. En décembre 1896, Charles-Jacques Bouchard, professeur de pathologie générale et de thérapeutique, dans trois notes présentées à l'Académie des Sciences (17-19), montre que l'exploration par les rayons X donne à la médecine interne le même service qu'à la chirurgie. Il décrit les images du thorax d'un homme bien portant et de malades atteints de pleurésie, observées, à l'aide des rayons X, sur un écran fluorescent. Ce sont les premières communications de roentgenoscopie (radioscopie) médicale que complète la roentgenographie (radiographie). La radiologie devenant une autopsie *in vivo* introduit le facteur précision dans la médecine permettant non seulement de déterminer le caractère de la maladie mais, en plus, de la localiser de façon exacte.

Le principe de la radioscopie et de la radiographie médicales, c'est-à-dire la différence d'absorption des rayons X par les divers tissus traversés, n'a pas changé jusqu'à aujourd'hui, mais les techniques ont constamment progressé pour aboutir avec tous les travaux des prix Nobel de médecine et physiologie de l'année 1979 à l'invention de scannographie. Le scannographe représente une combinaison d'un tube à rayons X mobile, pouvant adopter des positions variables, et d'un ordinateur. Celui-ci fait apparaître,

sur un écran cathodique des images d'une extraordinaire précision des « coupes anatomiques » de tous les niveaux du corps, en ouvrant les nouvelles possibilités de diagnostic.

Déjà, dans la communication de Röntgen de mars 1896 (2b), on trouve la description d'un nouveau type de tube qui possède une anticathode de platine alimentée par une haute tension et donne un faisceau de rayons X d'une grande intensité. Ce type, presque sans modifications, fut utilisé pendant les vingt années suivantes.

Plusieurs firmes commencent alors à fabriquer les dispositifs pour production des rayons X et l'expérimentation. On peut trouver cet appareillage dans le commerce. L'amélioration du tube ainsi que du matériel photographique a augmenté l'exploitation médicale des rayons X.

Le nombre des travaux de roentgenologie, publiés déjà dans la première année qui suivit la grande découverte, a dépassé mille : l'excellente biographie de Röntgen, écrite par Otto Glasser (1), donnant la liste des publications scientifiques sur ce sujet, en 1896, compte 1 044 titres. Grâce surtout aux applications médicales, la découverte des rayons X est devenue le succès scientifique le plus connu et reconnu à l'époque. Il n'est donc pas étonnant que son auteur obtint, en 1901, le premier prix Nobel en physique.

Mais la nature véritable des rayons X resta encore longtemps inconnue. Cette question n'a été résolue qu'en 1912 à l'Université Ludwig-Maximilian à Munich où Röntgen, sur l'invitation spéciale du gouvernement bavarois, dirigeait, depuis 1900, l'Institut de Physique expérimentale. Il introduit, naturellement, dans l'Université ses préoccupations relatives aux rayons X. Dans cette même université, depuis 1909, travaille un théoricien spécialiste en optique, Max von Laue, qui s'intéresse particulièrement à la théorie ondulatoire de la lumière, et la cristallographie y est professée par Paul von Groth, partisan acharné de l'hypothèse du réseau cristallin. Dans cette conjoncture, lorsqu'un soir de février 1912, Paul Ewald préparant une thèse chez Arnold Sommerfeld, célèbre professeur de physique théorique à l'Université de Munich, rend visite à von Laue pour lui demander son avis sur les réseaux cristallins formés par les plans atomiques, il vient à l'esprit de ce dernier que la longueur d'onde problématique des rayons-X doit être comparable aux espacements de ces plans. Si cela est vrai, ces réseaux naturels doivent produire des interférences de rayons X, comme les réseaux optiques agissent sur la lumière visible. Les deux jeunes collaborateurs de von Laue, Walter Friedrich et Paul Knipping, sous sa direction ont obtenu les premières figures de diffraction des rayons X par le sulfate de cuivre après une exposition prolongée (20-22). Cette expérience mémorable prouve, à la fois, la nature électromagnétique des rayons X et la structure (triple) périodique des cristaux. Il devenait alors possible de déterminer la longueur d'onde du rayonnement X (de

APPAREILS ET USTENSILES POUR  
**Expériences avec les rayons X  
 de Röntgen**

— (PHOTOGRAPHIE DE L'INVISIBLE) —  
**RICHARD, CH. HELLER et Cie**  
 Fabrique d'Appareils d'électricité médicale et industrielle. 18, cité Trévisse, PARIS  
 Nous demandons, à cause des nombreuses commandes, un délai de  
 livraison de 8 à 10 jours. — **CHARGE DES ACCUMULATEURS A FORFAIT**

a

**MATÉRIEL COMPLET**  
 Pour répéter les expériences  
 DU  
**Professeur ROËNTGEN**

---

**PHOTOGRAPHIE**  
 à travers les  
**CORPS OPAQUES**



**Succes garanti**

Envoi franco de la Notice  
 sur demande

**COMPTOIR  
 GAL DE  
 PHOTOGRAPHIE** 57, rue Saint-Roch, 57  
 — PARIS

b

**RAYONS X PHOTOGRAPHIE A TRAVERS les CORPS RAYONS X**

**MATÉRIEL COMPLET**  
 BOBINES RUHMKORFF — TUBES DE CROOKES

CHEZ  
**RADIGUET** 15, Bd des Filles-du-Calvaire  
 PARIS  
 PAS DE SUCCURSALE

c

Figure 8abc. Publicité des premiers appareils de Röntgen du commerce à Paris.

l'ordre du dix-millionième de millimètre). D'autre part, la cristallographie, et par conséquent aussi la chimie, ont obtenu un moyen efficace pour les études structurales. La découverte de la diffraction des rayons Röntgen par les cristaux a valu à von Laue le prix Nobel de physique en 1914.

Mais Röntgen lui-même ne participait pas à ces recherches. Il est même étonnant qu'après ses trois célèbres communications (2 et 3), il n'ait presque rien publié pendant plusieurs années. Peut-être est-ce le « far-

deau » de sa gloire qui porte la responsabilité de cette situation : il craignait probablement de communiquer des travaux incomparables avec sa grande découverte.

Röntgen jouit, naturellement, d'une grande estime dans le milieu scientifique. Mais il existe aussi des cas de jalousie et de malveillance. On a, par exemple soulevé le rôle prétendu décisif du hasard dans sa découverte. Sans aucun doute, le hasard a aidé Röntgen à découvrir les rayons X. Mais il suffit de relire attentivement sa première

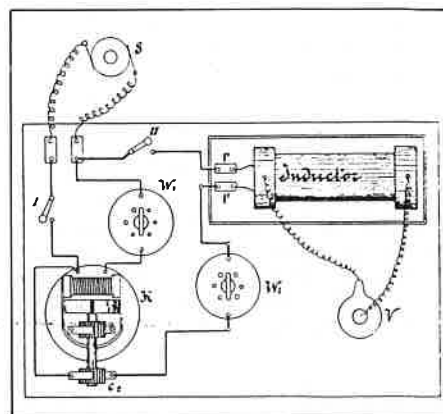


Figure 9. Schéma du dispositif de Röntgen produit en 1896 par la firme berlinoise Siemens et Halske.

communication sur ce sujet (2a) pour apprécier la maîtrise de ses expériences, la profondeur et la rigueur de son raisonnement. Sans ces qualités du savant, la faible fluorescence de quelques cristaux de  $\text{BaPt}(\text{CN})_4$  placés à côté du dispositif du Röntgen ne pouvait conduire à la découverte des rayons X. Le psychologue américain, Hugo Muensterberg, a remarqué à ce propos : « Il y avait beaucoup d'effets galvaniques de par le monde, avant que Galvani ait vu, par hasard, les contractions d'une patte de grenouille sur un fil de fer. Le monde est toujours plein de pareils hasards. Seuls les Galvani et les Röntgen sont rares » (23).

En particulier, la jalousie a fourvoyé Lenard qui, véritablement, a manqué de peu la découverte des rayons X. Lenard était aussi un grand savant qui, d'ailleurs, cinq ans après Röntgen, a obtenu le prix Nobel, pour ses recherches sur les rayons cathodiques. Mais ses qualités morales n'étaient pas au niveau de sa capacité scientifique. Il a toujours refusé de reconnaître la découverte de Röntgen. Dans son livre, publié en 1929, sur les grands chercheurs de la nature, le nom de Röntgen n'est même pas mentionné (24). Il n'y a pas également de place pour Röntgen, comme d'ailleurs aussi (parmi d'autres), pour Einstein, dans le livre chauvin et raciste de Lenard, sur l'histoire de la physique allemande, publié en 1936-1937 et dédié au Führer (25). Il faut ajouter qu'il était un nazi acharné et appartenait au conseil scientifique du pouvoir hitlérien.

Röntgen, ce savant libéral, se sentait mal à l'aise dans l'ambiance conservatrice à l'Université de Munich.

Les conditions de vie pendant la première guerre mondiale et aussi après la guerre, perdue par l'Allemagne, n'étaient pas faciles pour Röntgen, privé d'esprit pratique. Après la mort, en 1919, de sa femme, Bertha, avec laquelle il formait un couple modèle mais sans enfants, il a, de plus, souffert de la solitude. Leur fille adoptive vivait depuis longtemps séparément. Se trouvant presque dans la misère, il enseigna à l'université jusqu'en 1920. Ses cours, à la fin de sa vie n'étaient d'ailleurs pas très appréciés par les étudiants.

Épuisé et malade, il décède le 10 février 1923.

L'urne avec ses cendres a été déposée dans le tombeau familial à Giessen, à côté de sa femme et de ses parents.

La correspondance personnelle de Röntgen a été malheureusement brûlée après sa mort, selon sa volonté. Seules les lettres de Lenard ont été sauvées et, après la deuxième guerre mondiale, éditées comme document pour défendre Röntgen contre les calomnies du savant nazi. Celui-ci, dans cette correspondance privée, avec perfidie, fait l'éloge de l'œuvre de Röntgen.

## Bibliographie

- (1) Les données biographiques et, en particulier, les détails sur le déroulement des recherches de Röntgen ont été tirés de O. Glasser : *Wilhelm Conrad Röntgen und die Geschichte der Röntgenstrahlen*, 2 Auflage, Springer Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1959 ;  
C. Murczynski et M. Sypniewska : *Wilhelm Konrad Röntgen, Dzieje wielkiego odkrycia*, PZWL, Warszawa 1957 ;  
O. Glasser : *Röntgen et von Laue ; les rayons X*, in : *Les inventeurs célèbres, Sciences physiques et applications*, Sous la direction de L. Leprince-Ringuet, Éditions d'Art L. Mazenod, Paris 1962 ;  
F. Herneck, *Bahnbrecher des Atomzeitalters*, Buchverlag Der Morgen, Berlin 1966 ; ainsi que de plusieurs encyclopédies biographiques.  
(2) W. C. Röntgen : *Über eine neue Art von*

*Strahlen ; Sitzungsber. physik.-med. Ges. Würzburg*,

a) *Erste Mitt.*, Dez. 1895, p. 132.

b) *Zweite Mitt.*, März 1896, p. 11.

(3) W. C. Röntgen : *Weitere Beobachtung über die Eigenschaften der X-Strahlen ; Math. u. naturw. Mitt. a. d. Sitzungsber. preuss. Akad. Wiss., Physik-math. Kl.*, 1897, p. 576.

(4) P. Pizon : *Les origines de la radiographie en France ; Presse méd.*, 1951, **59**, 1410.

(5) Oudin et Barthélemy : *Une photographie des os de la main, obtenue à l'aide des « X-Strahlen » de M. le professeur Röntgen ; C. R. Acad. Sci. Paris*, 1896, **122**, 150.

(6) H. Poincaré : *Les rayons cathodiques et les rayons Röntgen ; Rev. gén. Sci. pur. appl.*, 1896, **7**, 52.

(7) Ch. Henry : *Augmentation du rendement photographique des rayons Röntgen par le sulfure de zinc phosphorescent ; C. R. Acad. Sci. Paris*, 1896, **122**, 312.

(8) H. Becquerel : *Sur les radiations émises par phosphorescence ; Ibid.*, 1896, **122**, 420.

(9) H. Becquerel : *Sur les radiations émises par les corps phosphorescents, Ibid.*, 1896, **122**, 501.

(10) H. Becquerel : *Sur quelques propriétés nouvelles des radiations invisibles émises par divers corps phosphorescents ; Ibid.*, 1896, **122**, 559.

(11) H. Becquerel : *Sur les radiations invisibles émises par les sels d'uranium ; Ibid.*, 1896, **122**, 689.

(12) H. Becquerel : *Sur les propriétés différentes des radiations invisibles émises par les sels d'uranium, et du rayonnement de la*

*paroi anticathodique d'un tube de Crookes ; Ibid.*, 1896, **122**, 762.

(13) Lannelongue, Barthélemy et Oudin : *De l'utilité des photographies par les rayons X dans la pathologie humaine ; Ibid.*, 1896, **122**, 159.

(14) J. Perrin : *Quelques propriétés des rayons de Röntgen ; Ibid.*, 1896, **122**, 186.

(15) H. Dufour : *Quelques épreuves obtenues à l'aide des procédés imaginés par M. Röntgen ; Ibid.*, 1896, **122**, 213.

(16) Lannelongue et Oudin : *Sur l'application des rayons Röntgen au diagnostic chirurgical ; Ibid.*, 1896, **122**, 283.

(17) Ch. Bouchard : *La pleurésie de l'homme étudiée à l'aide des rayons Röntgen ; Ibid.*, 1896, **123**, 967.

(18) Ch. Bouchard : *Les rayons Röntgen appliqués au diagnostic de la tuberculose pulmonaire ; Ibid.*, 1896, **123**, 1042.

(19) Ch. Bouchard : *Nouvelle note sur l'application de la radioscopie au diagnostic des maladies du thorax ; Ibid.*, 1896, **123**, 1234.

(20) A. E. H. Touthon : *Great Advance in Crystallography ; Nature*, 1913, 490, 518.

(21) P. P. Ewald : *Die Berechnung der Kristallstruktur aus Interferenzenaufnahmen mit X-Strahlen ; Physik. Z.*, 1914, **15**, 399.

(22) P. P. Ewald : *William Henry Bragg and the New Crystallography ; Nature*, 1962, **195**, 320.

(23) H. Muensterberg : *X-rays, Science*, 1896, **3**, 161.

(24) P. Lenard, *Grosse Naturforscher*, J. F. Lemans Verlag, München 1929.

(25) P. Lenard, *Deutsche Physik*, 4 volumes, 1936-1937.

# Édition française des règles de nomenclature pour la chimie inorganique

Un numéro spécial de 64 pages du « Bulletin », édité par la Société Chimique de France, présentant les règles formulées, en 1970, par la Commission de nomenclature en chimie inorganique de l'I.U.P.A.C.

Prix : 50 F.

Une commande, pour être agréée, devra être accompagnée du règlement correspondant, sous forme de chèque bancaire ou de chèque postal (280-28 Paris), à l'ordre de la Société Chimique de France.

Il ne sera pas délivré de facture.

## Note importante

Nous avons le plaisir d'informer nos abonnés qu'après accord avec la librairie **Technisciences**, qui réalise cette rubrique, ils bénéficieront désormais d'une remise de 10 % sur tous leurs achats documentaires (livres et périodiques). N'oubliez pas de mentionner votre qualité d'abonné. **Technisciences**, 103, rue Lafayette, 75010 Paris, Tél. : 878-24-39 et 285-50-44.

## Analyse. Chimie analytique

### P26. **Standard methods for the analysis of oils, fats and derivatives.** (6<sup>e</sup> Édition)

par C. Paquot

Cet ouvrage décrit les méthodes standards d'analyse pour déterminer la densité des graisses et des huiles à l'état liquide ; directement pour les huiles, ou après liquéfaction pour les graisses.

Sommaire : Oleaginous seeds and fruits : Determinations of physical characteristics. Analysis of the seeds and fruits. Analysis of the oil, extracted from the seeds and fruits. Oils and fats : determination of physical characteristics. Determination of the chemical characteristics. Determination of the principal constituents. Determination of the other natural constituents. Determination of the quality and stability. Determination of the foreign substances and the additives.

1979, 170 p.

### W24. **Quantitative organic analysis via functional groups**

par S. Siggia et J. G. Hanna

Ce livre décrit les méthodes d'identification et de mesure des quantités de constituants organiques présents dans des matériaux organiques soit à l'état pur, soit en mélanges complexes. Il utilise les groupes fonctionnels comme outil analytique pour mesurer les composés à déterminer, et montre les relations existant entre différentes méthodes.

Cette nouvelle édition comprend les dernières techniques mises au point dans ce domaine, et étend la portée des discussions. Comme la précédente, elle s'adresse à des spécialistes de la chimie organique et analytique.

Quelques titres de chapitres : Les groupes hydroxyles. Les groupes carbonyles. Les groupes époxydes. Les peroxydes organiques. Les mercaptans. Les sulfures. Utilisation des différentes vitesses de réaction pour analyser des mélanges contenant le même groupe fonctionnel. Pesage de liquides volatils ou corrosifs. etc...

1979, 4<sup>e</sup> édition, 880 p.

### W24. **Interpretation and processing of vibrational spectra**

par M. Horak et A. Vitek

Ce livre, très spécialisé, décrit les méthodes de traitement et d'interprétation des spectres vibrationnels.

Toutes les définitions utilisées communément, les relations mathématiques, les tables de constantes, les facteurs de conversion, et les schémas de calcul pour le traitement numérique de valeurs expérimentales sont rassemblés dans cet ouvrage.

On y trouve aussi des programmes FORTRAN qui permettent la

solution, par ordinateur, de nombreux problèmes de spectroscopie moléculaire.

La matière contenue dans ce manuel doit suffire pour traiter des spectres en chimie organique et aussi en chimie minérale ou macromoléculaire. Le livre a été écrit pour des chimistes qui doivent interpréter des spectres infra-rouge et Raman.

**Table des matières :** Introduction. Spectres vibrationnels. Mesure et manipulation de spectres. Analyse de spectres et attribution des bandes. Applications chimiques de la spectroscopie. Appendice.

1979, 300 p.

#### **E24. Recent developments in chromatography and electrophoresis**

par A. Frigerio et L. Renoz

Ce livre reprend les 34 communications qui ont été présentées au 9<sup>e</sup> Symposium international sur la chromatographie et l'électrophorèse, qui eut lieu, à Riva del Gardo (Italie), en mai 78.

Les auteurs sont des spécialistes belges et italiens des différentes branches de la chromatographie et de l'électrophorèse. Après avoir examiné les principes généraux de la chromatographie et de l'électrophorèse, l'ouvrage présente toute une série d'applications possibles de ces techniques.

Les études sur l'identification des médicaments, des métabolites des médicaments, et des polluants sont spécialement intéressantes. D'autres recherches ont trait à l'identification de métabolites endogènes dans des organismes vivants.

De plus, les applications médicales de la chromatographie et de l'électrophorèse pour l'établissement de diagnostics sont expliquées. Ces techniques deviendront certainement très vite un outil indispensable pour les grands hôpitaux.

Cet ouvrage est d'un intérêt évident pour les chimistes, les biochimistes, les médecins, les toxicologues et les spécialistes de la pollution.

1979, 358 p.

### **Biochimie. Biologie**

#### **C52. Selective toxicity : the physico-chemical basis of therapy** par A. Albert

Les produits à toxicité sélective ont la propriété d'agir sur certaines cellules sans influencer les autres.

Ce livre décrit l'action de ce genre de produits (médicaments, désherbants) : il explique comment les médicaments agissent au niveau cellulaire en termes physiques et chimiques, et permet au lecteur de reconnaître des marges de sécurité à se réserver quand on utilise ces produits tant pour soi-même, que pour des animaux ou des plantes.

Le texte est très bien illustré, et de nombreuses références couvrent toute l'histoire des progrès des médicaments sélectifs.

**Extraits de la table des matières :** Généralités : Corrélations entre la structure et l'action biologique. Différences dans la distribution : 1<sup>er</sup> principe de la sélectivité. Biochimie comparative : 2<sup>e</sup> principe de la sélectivité. Cytologie comparative : 3<sup>e</sup> principe de la sélectivité. Chimiothérapie : histoire et principes.

Approfondissement de sujets de la 1<sup>ère</sup> partie : La nature des liaisons chimiques ; l'absorption. Le lien covalent dans la toxicité sélective. Chimie des surfaces : modification des membranes par les agents tensio-actifs. L'activité biologique non-liée à la structure : le principe de Ferguson.

1979, 6<sup>e</sup> édition.

#### **P26. Advances in pesticide science**

par H. Geissbuhler, P. C. Kearney et G. T. Brooks

Dans cet ouvrage, l'auteur présente les thèmes étudiés au 4<sup>e</sup> Congrès international sur la chimie des pesticides, qui eut lieu à Zürich en juillet 78.

Il s'agit, pour la plus grande partie, de l'examen des développements futurs de l'utilisation des pesticides, et des réglementations concernant ceux-ci.

Les communications expliquent où en est cette nouvelle science actuellement, mettent en évidence les inconvénients des pesticides, et présentent de nouveaux points de vues qui aideront les lecteurs à mener à bien leurs propres recherches.

L'ouvrage se présente en 3 volumes divisés en 7 grandes sections ;

- Synthèse des pesticides ;
- Structure chimique et activité biologique ;
- Produits naturels à activité biologique ;
- Biochimie des maladies et mode d'action des pesticides ;
- Dégradation des pesticides ;
- Résidus des pesticides ;
- Formules chimiques.

On y trouve de plus, 110 communications faites par des chercheurs éminents sur la chimie des pesticides, et 5 conférences plénières. Ces conférences peuvent être obtenues indépendamment de l'ouvrage principal, elles s'intitulent respectivement : La production alimentaire mondiale. Le rôle futur de la production végétale. La sûreté et l'usage des écosystèmes. La régulation des pesticides. Les buts de la recherche sur les pesticides.

1979, 3 volumes : 844 p.

### **Chimie organique**

#### **D14. Principles of organic stereochemistry**

par B. Testa

Il s'agit d'une étude systématique sur la chimie tridimensionnelle. Des sujets stéréochimiques classiques sont examinés aussi bien que les récents progrès intéressants faits dans ce domaine.

A noter : les nouvelles nomenclatures stéréochimiques, des nouveaux concepts comme le postériorisomérisme, la classification des relations stériques, une description des conformations et des facteurs qui les influencent, etc...

Ce livre est un ouvrage de base pour les étudiants en chimie organique, en chimie structurale et en stéréochimie ; il intéressera aussi les étudiants en biologie, en médecine et en chimie analytique et physique.

**Extraits de la table des matières :** Bases électroniques de la structure moléculaire. Classification des structures isomériques. Stéréoisomérisme résultant d'un centre de chiralité simple. Stéréoisomérisme résultant de plusieurs centres de chiralité. La stéréochimie des systèmes cycliques. Principes de méthodologie stéréochimique.

1979, 248 p.

#### **C76. Solvent effects in organic chemistry. Monographs in modern chemistry. Volume 3.**

par Ch. Reichardt

Tous les chimistes savent que les solvants ont une grande influence sur les vitesses et les équilibres des réactions.

Il existe actuellement 300 solvants communs, et les mélanges que l'on peut faire sont innombrables.

Ce livre examine tous les effets des solvants sur les réactions chimiques, il s'adresse aux chimistes industriels et universitaires et surtout aux étudiants du 2<sup>e</sup> cycle qui ont d'une part, besoin de critères objectifs pour bien choisir leur solvant, et d'autre part, veulent tirer des conclusions valables sur les mécanismes de la réaction, à partir des effets observés sur le solvant.

En plus des différents chapitres sur les effets des solvants, ce livre contient un appendice consacré aux lignes à suivre pour choisir des solvants appropriés aux réactions que l'on veut obtenir. De nombreuses tables et figures illustrent l'ouvrage.

**Table des matières :** Interactions solute-solvant. Classification des solvants. Effets des solvants sur la position des équilibres chimiques homogènes. Effets des solvants sur la vitesse des réactions chimiques



homogènes. Effets des solvants sur les spectres d'absorption de composés organiques. Paramètres empiriques de polarité des solvants.

1978, 380 p.

#### E24. Tritium in organic chemistry

par E. Bunce et C. C. Lee

Ce quatrième volume d'une série intitulée *Les isotopes en chimie organique* contient quatre chapitres traitant respectivement des méthodes de RMN et de leurs applications, de l'usage du tritium pour des substitutions photochimiques et des substitutions aromatiques de radicaux libres, des aspects théoriques et pratiques des réactions des atomes de tritium avec les composés organiques, et enfin, de la synthèse et de l'usage de composés marqués au tritium pour des études biosynthétiques et mécaniques.

Les trois premiers volumes de la série s'intitulaient *Les isotopes dans les réarrangements moléculaires*, *Les isotopes dans les processus de transfert d'hydrogène*, et *Le carbone 13 en chimie organique*.

Un cinquième volume est en préparation actuellement sous le titre *Les isotopes dans les réactions cationiques*.

Cette série est de plus en plus appréciée et se présente comme un ouvrage de référence tant pour les étudiants que pour les chercheurs.

Titres des grandes sections :

1. Spectroscopie par RMN du tritium.
2. L'usage du tritium et du deutérium pour des substitutions aromatiques électrophiles photochimiques.
3. Réactions d'atomes énergétiques de tritium avec des composés organiques : mécanisme des réactions de substitution par du tritium. Mécanisme des réactions d'addition par du tritium.
4. Synthèses stéréospécifiques de composés organiques marqués au tritium, par des méthodes chimiques et biologiques.

1978, 300 p.

#### A4. Organometallic mechanisms and catalysis. The role of reactive intermediates in organic processes

par J. K. Kochi

Ce livre couvre les deux domaines très proches de la chimie organométallique et de la catalyse des réactions organiques. Tout en soulignant les transformations chimiques de base, il examine respectivement dans trois grandes sections les procédés d'oxydo-réduction, la chimie des organométaux et les interactions par transfert de charges.

Cet ouvrage s'adresse à des chimistes travaillant dans l'industrie ou dans les universités et concernés par les synthèses et par la catalyse ; il leur permettra une meilleure compréhension des organométaux, à la fois comme intermédiaires dans les procédés catalytiques, et comme réactifs.

Extraits de la table des matières : Les radicaux libres organométalliques. Réactions catalytiques des peroxydes. Thermochimie des organométaux. Procédés catalytiques pour la formation des liaisons carbone-carbone. Les organométaux en tant que donneurs d'électrons. Réactions des organométaux avec les électrophiles.

1978, 640 p.

## Industrie

#### W24/A. Chemistry of wastewater technology

par J. Rubin

Ce livre, consacré au traitement des eaux usées, s'adresse à des ingénieurs chimistes, aux spécialistes des problèmes de pollution et aux responsables de la santé publique.

Extraits de la table des matières : Précipitation des phosphates de calcium. Inhibition cinétique de la formation du carbonate de calcium par les constituants des eaux sales. Chimie aqueuse et

précipitation du phosphate d'aluminium. Stabilité de dispersions colloïdales mélangées. Efficacité de filtres en sable pour éliminer le bactériophage *Escherichia coli* à l'aide de calcium. Équilibres d'adsorption des phénols par du carbone activé en grains. Composés organiques non-volatils dans des eaux usées désinfectées. Chimie et propriétés désinfectantes du chlorure de brome. Interactions chimiques dans un système d'infiltration rapide réalisant le traitement tertiaire d'eaux sales. Applications des polyélectrolytes pour la déshydratation de boues industrielles. Mécanismes affectant le transport des stéroïdes dans un système fluvial. Chimie des métaux lourds dans la digestion anaérobie. Prédiction de la stabilité du pH dans des systèmes à traitement biologique, etc.

1978, 450 p.

#### N84. Paint additives. Recent developments

(Chemical Technology Review n° 115)

par G. B. Rothenberg

De nombreux additifs incorporés aux peintures sont responsables de leurs propriétés spécifiques.

Ces additifs vont de simples complexes inorganiques ou organométalliques, à divers composés organiques dont les structures sont très compliquées.

Cet ouvrage reprend tous ces additifs et les classe d'après les propriétés qu'ils donnent aux peintures.

Ces catégories décrivent par exemple, les agents épaississants qui donnent du corps à la peinture, les agents dispersants qui distribuent les pigments uniformément et les maintiennent en suspension, les agents anti-oxydants qui permettent une exposition directe au soleil sans jaunissement de la peinture, etc...

Quelques titres de chapitres : Agents épaississants et formant des gels. Biocides, bactéricides et fongicides. Agents aidant à la dispersion. Produits améliorant l'éclat. Agents absorbant les UV et ignifuges. Agents empêchant la corrosion. Agents empêchant la pourriture...

1978, 262 p.

#### A4. Additives for plastics. Volume 2 : New developments

par Raymond B. Seymour

Chaque chapitre de ce livre est le rapport de l'une des communications faites au premier symposium sur les additifs des matières plastiques qui eut lieu à Anaheim (Californie), en avril 1977, sous l'égide de la Société Américaine de Chimie (Divisions « Plastiques » et « Revêtements organiques »).

Ces rapports sont d'un intérêt évident pour tous ceux qui sont concernés par la fabrication et l'utilisation des matières plastiques. Quelques titres de chapitres : Progrès réalisés dans les additifs pour les plastiques. Progrès récents réalisés dans les plastifiants. Stabilisation des polyoléfinés pour la résister aux intempéries. Les colorants pour plastiques...

1978, 137 p.

## Industries alimentaires

#### A5. Food microscopy. Food science and technology : a series of monographs

par J. G. Vaughan

Ce livre fait partie d'une série de monographies consacrées aux sciences et aux techniques alimentaires.

Il s'adresse à tous les scientifiques concernés par les sciences de l'alimentation et par la nutrition.

La microscopie a toujours joué un rôle important dans l'étude de la nourriture, et ce livre explique les récentes modifications du microscope optique et les progrès du microscope électronique dans ce domaine.

Plutôt que de montrer les applications de la microscopie pour l'identification des aliments, ce livre en explique l'utilité pour comprendre la fabrication, la texture, l'acceptabilité et la détermination de la nourriture.

Quelques titres de chapitres : Fruits et légumes. Graines huileuses. Céréales et produits boulangers, Viande. Lait et produits laitiers. Nourriture pour animaux. Nouvelles protéines. L'identification de produits alimentaires à l'aide d'ordinateurs.

1979, 652 p.

#### E24. **Chemical toxicology of food**

par G. L. Galli et R. Paoletti

Ce livre rapporte les communications faites au symposium organisé à Milan (Italie), en juin 78, sur la toxicologie chimique des aliments. Les auteurs sont des toxicologues, des spécialistes de la nutrition et des médecins. Ils présentent les vues actuelles sur la toxicologie des additifs alimentaires, et expliquent les législations en cours dans ce domaine. En effet, l'évolution rapide de ces législations et aussi des additifs utilisés demandait une mise au point que ce livre fournit de façon très complète.

Extraits de la table des matières :

*Estimation de la sécurité* : Principes de l'évaluation toxicologique des additifs alimentaires. La dose acceptable d'absorption quotidienne pour l'homme (ADI : acceptable daily intake) comme index de toxicité chronique...

*Estimation de la sécurité et législations* : Les activités du comité scientifique de la nourriture du Marché Commun. La législation internationale sur la nourriture et son acceptation en Allemagne Fédérale...

*Évaluation toxicologique des additifs alimentaires* : Nouvelles approches du caractère mutagène et cancérigène de produits testés *in vivo* sur des mammifères.

*Toxicologie et nutrition* : Les régimes et la nutrition comme causes de cancers.

*Applications de la toxicologie alimentaire* : Approches pharmacocinétiques et métaboliques de l'évaluation de la sûreté des additifs alimentaires...

1978, 388 p.

#### A4. **Annual reports on fermentation processes. (volume 2)**

par D. Perlman

Ce deuxième volume d'une série consacrée aux processus de fermentation décrit les études en cours pour la recherche et le développement de procédés de fermentation.

Il insiste sur les procédés qui permettent la fermentation à des niveaux industriels.

Cet ouvrage s'adresse à des chimistes, à des microbiologistes, et aux scientifiques et technologues de l'alimentation.

Quelques titres de chapitres : Des substrats de fermentation à partir de matériaux celluloseux. Utilisation d'ordinateurs dans les procé-

dés de fermentation. Les enzymes d'intérêt industriel : produits traditionnels. Les acides aminés. La levure. Transformations microbiennes d'antibiotiques...

1978, 368 p.

### **Pollution. Environnement**

#### A4. **Chemical compounds in the atmosphere**

par T. E. Graedel

Ce livre se présente comme la première encyclopédie complète sur les éléments constitutifs de l'atmosphère.

Il fournit des informations sur l'origine, les concentrations, les réactions et les durées de vie atmosphérique de plus de 1 600 composés présents dans l'atmosphère qui entoure la terre.

Le chapitre final utilise l'ensemble des données pour étudier les proportions relatives des composés des phases gazeuses et solide de l'atmosphère, et pour décrire les sources les plus importantes de ces composés, les processus d'oxydation troposphérique et les relations entre la durée de vie chimique et le transport dans la troposphère. Extraits de la table des matières : Composés inorganiques. Composés organiques contenant du soufre. Composés organiques halogénés. Composés organométalliques. Synthèse des données sur les composés atmosphériques...

1978, 456 p.

#### A145. **Chemistry and unit operations in sewage treatment**

par D. Barnes et F. Wilson

Ce livre présente les procédés physiques, chimiques et biochimiques qui ont été mis au point pour traiter les eaux d'égout et autres eaux usées.

On y trouve la description des procédés les plus courants ainsi qu'un examen détaillé des principes sur lesquels se basent des techniques analytiques modernes comme les tests BOD, COD, PV, TOC et TOD, ou comme les nouvelles méthodes automatiques d'analyse. Les principes biochimiques sous-tendant les procédés aérobiques et anaérobiques sont expliqués, de même que les cycles de l'azote, du phosphore et du soufre, et que les relations de ceux-ci avec le contrôle de la pollution de l'eau.

On insiste aussi dans ce livre sur la déshydratation des boues et sur des traitements techniques comme le conditionnement des boues par un coagulant minéral ou par un polyélectrolyte. Ce livre s'adresse à des ingénieurs spécialistes du contrôle de la pollution, et aux autorités responsables de la santé publique et de la qualité de l'environnement.

Quelques titres de chapitres : La qualité de l'eau et le traitement des eaux usées. Réactions chimiques et équilibres dans l'eau et dans les eaux sales. Détermination du degré de pollution. Traitement tertiaire...

1978, 339 p.

## Le spectrophotomètre Perkin-Elmer, Modèle 280

Perkin-Elmer France annonce le lancement d'un spectrophotomètre économique, le Modèle 280, qui est un nouvel appareil à absorption atomique, à simple faisceau, commandé par microordinateur. Conçu pour remplacer le Modèle 272 comportant la même électronique qui a fait ses preuves, le modèle 280 comporte également un système optique, recouvert de quartz, pour assurer sa longévité dans les milieux défavorables. Le système optique est basé également sur l'emploi d'un monochromateur à réseau à dispersion élevée.

Parmi les accessoires prévus, figurent une tourelle à lampe, l'alimentation électrique pour une seconde lampe à cathode creuse, un correcteur d'absorption non spécifique au deutérium et un écréteur permettant l'usage optimal des lampes à décharge sans électrode, brevets Perkin-Elmer (brevet américain n° 3 873 884). Le Modèle 280 comporte aussi un nouvel ensemble incorporé de régulation de gaz, un verrouillage d'allumage et un dispositif de contrôle de tête de brûleur faisant partie de l'équipement standard.

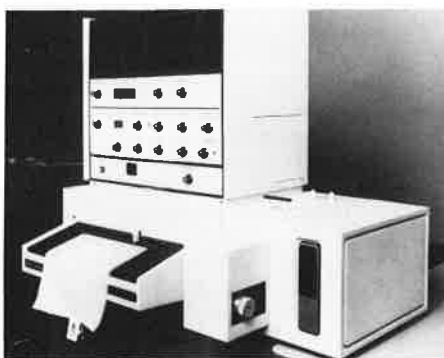
Renseignements : Perkin-Elmer France, 19, rue des Peupliers, 92270 Bois-Colombes. Tél. : 784.74.74.

## Nouveau scanner de gels pour spectrophotomètres UV-visible

Varian vient d'introduire sur le marché un nouvel analyseur de gels d'une très grande souplesse d'emploi, comme accessoire de ses spectrophotomètres UV-visible, Modèles Cary 210 et 219.

Conçu en premier lieu pour gels tubulaires provenant des séparations par électrophorèse, cet accessoire se prête également à l'analyse de films (autoradiographie).

Des gels cylindriques d'une longueur allant jusqu'à 20 cm peuvent être analysés, soit comme gels nus dans un support, soit comme gels intacts dans leurs tubes d'électrophorèse. L'accessoire peut effectuer les analyses en double faisceau ou mono-



faisceau dans les domaines visible ou ultraviolet.

Utilisé avec les spectrophotomètres Cary 210 (notre photo) ou 219, le nouvel accessoire Varian scanner de gels rend possible l'analyse directe de gels non teintés dans le domaine de l'ultraviolet par la configuration double faisceau.

Renseignements : Varian S.A., Quartier de Courtabœuf, P.B. 12, 91401 Orsay Cedex.

## Porosimètre automatique Micromeritics

Cet appareil, le modèle 9200, est entièrement automatique. La gestion est par microprocesseurs et l'analyse par gradient de pression. Il effectue les calculs avec transcription des résultats sur imprimante-enregistreur.



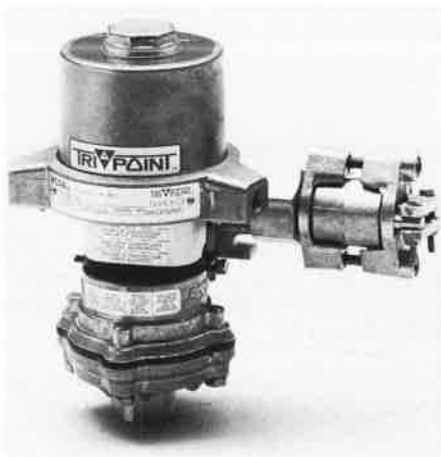
Principales caractéristiques :

- pression maximale : 60 000 Psia (4 200 kg/cm<sup>2</sup>),
- gamme de mesure : 29 Å à 200 µm de diamètre (angle de contact 130°), avec 2 à 4 analyses/heure, 4 opérations simultanées en basse pression ou 2 en haute pression, 2 opérations de dégazage simultanément à 2 opérations de mesure, cellule de mesure acceptant des échantillons de 25 × 25 mm.

Renseignements : Coultronics S.A. 14, rue Eugène-Legendre, Margency, 95580 Andilly. Tél. : 416.10.30.

## Nouvelle gamme de pressostats et de thermostats ASCO

La nouvelle gamme de pressostats et de thermostats anti-déflagrants, lancée sous la marque « Tri-Point », a été conçue pour être utilisée par les industries de transformation, les industries chimiques et offshore, et pour les applications marines qui nécessitent une



tenue aux ambiances explosives, aux vibrations, à l'humidité, aux basses températures, etc.

Le corps des unités anti-déflagrantes homologuées est en aluminium moulé sans cuivre, avec un boîtier spécial qui le rend étanche. L'interrupteur et le mécanisme de réglage anti-déflagrant sont situés dans un sous-ensemble autonome séparé. Ces unités sont de différents types : à écart réglable, à écart fixe, à deux étages ou à réarmement manuel. Les capteurs des pressostats sont soit type jauge de pression, soit type pression différentielle, s'échelonnant de 30 mbar à 400 bar. Les inverseurs à rupture brusque — de très longue durée de vie — sont résistants à des chocs allant jusqu'à 4 g suivant les modèles. La répétabilité est de 0,5 à 2 % de l'étendue de l'échelle pour les pressostats à écart fixe, et de 0,5 à 2°C pour les thermostats (en fonction des conditions opératoires). Les thermostats sont équipés de capteurs de température, ayant un remplissage limité de liquide volatile, qui fonctionnent entre -51°C et +338°C et assurent une protection en cas d'élévation excessive de température.

Les pressostats et les thermostats Tri-Point comprennent deux éléments : l'interrupteur et le capteur. Cette nouvelle conception unique permet plus de 2 000 combinaisons et de très grandes facilités d'entretien, étant donné que les capteurs sont interchangeables et que tous les interrupteurs peuvent être assemblés à partir de pièces détachées : il n'est donc pas nécessaire de remplacer des unités complètes.

Renseignements : Auxitrol S.A., 189, boulevard Saint-Denis, B.P. 35, 92403 Courbevoie. Tél. : 334.30.50.

## Films en matière plastique de haute résistance

La société Reed Plastic Packaging Ltd., de Maidstone (Kent), filiale de la société Reed International, lance actuellement en France et en Belgique de nouveaux films en matière plastique, le Reedex-F, dont la résistance est nettement supérieure à celle des feuilles actuelles de poids et d'épaisseur comparables. Le Reedex-F est fabriqué en rouleaux dont la largeur peut aller jusqu'à 1,5 m et en deux épaisseurs (70 g/m<sup>2</sup> et 90 g/m<sup>2</sup>) dont les

qualités sont considérablement améliorées par rapport à celles des feuilles en polyéthylène basse densité de 184 g/m<sup>2</sup> et 230 g/m<sup>2</sup> respectivement, qu'il s'agisse de la résistance aux déchirures, de la résistance aux chocs, de la résistance aux perforations ou de la résistance finale à la traction.

La longévité du Reedex-F est assurée par une stabilisation aux agents atmosphériques.

Les nouvelles feuilles sont réalisées à partir de polypropylène, mais contiennent aussi d'autres polymères. Elles sont fabriquées suivant une technique brevetée de laminage à froid qui permet d'associer deux feuilles (ou plus) coextrudées et d'orientation transversale.

Outre les sacs d'emballage (principalement pour l'industrie chimique et les engrais) ces nouvelles feuilles trouveront des applications nouvelles telles que pour l'emballage industriel de machines et de produits en transit, les couvertures de palettes, la protection de véhicules, de dépôts de carburants et de récoltes. Elles peuvent aussi servir à la protection de bateaux et de bâtiments en cours de construction ou de réparation, au revêtement et à la couverture de réservoirs, de fosses d'ensilage, de serres et de piscines, etc.

Renseignements : Reed Plastic Packaging Ltd, Aylesford, Maidstone, Kent, Angleterre.

## Le photodétecteur ultra-rapide de Spectra-Physics

La nouvelle photodiode Modèle 403 B, annoncée par Spectra-Physics, présente un temps de montée inférieur à 50 picosecondes et une largeur à mi-hauteur inférieure à 80 picosecondes. Ce détecteur a une réponse suffisamment rapide pour mesurer les impulsions lumineuses émises par un laser ionique à modes couplés et pour contrôler le fonctionnement d'un système laser à colorant à modes couplés par pompage synchrone. On peut également l'utiliser pour contrôler le fonctionnement de lasers à rubis pulsés et de lasers Yag à modes couplés.

La réponse spectrale de ce nouveau détecteur s'étend de 340 nm à 1 100 nm. On peut aisément obtenir des niveaux de signal allant jusqu'à 500 mV (sous 50 ohms), à partir d'éclaircissements inférieurs à 5 mW. Le seuil de dommage de la photodiode 403 B est supérieur à 500 mW, et se situe largement au-delà du seuil de saturation ; ainsi les éclaircissements excessifs peuvent être facilement détectés avant qu'un dommage ne survienne. Le signal de sortie est extrêmement bien défini, avec une oscillation parasite et un rebondissement inférieurs à 25 % crête de l'amplitude de l'impulsion mesurée.

La photodiode 403 B peut être utilisée avec n'importe quel oscilloscope rapide avec échantillonnage ayant une entrée à 50 ohms.

Renseignements : Spectra-Physics France, Division Laser, 3, rue Léon Blum, 91120 Palaiseau. Tél. : 920.25.00.

## La tête homogénéisante Ultra-Son

La société Ultrasonics Ltd. produit toute une gamme d'homogénéisateurs pour la fabrication d'émulsions et de dispersions pour un grand nombre d'applications dans l'industrie ainsi que dans le laboratoire. La base de l'homogénéisateur ultrasonique est la tête homogénéisante qui s'attache à un ensemble pompe/moteur. Le matériel grossièrement pré-mélangé est forcé par la pompe sous pression dans la tête homogénéisante, par un orifice spécialement formé, puis sur et à travers une lame, ce qui engendre des vibrations ultrasoniques dans le liquide. Ces vibrations produisent la plupart des effets sur le matériel.



La tête homogénéisante Ultra-Son offre la possibilité de contrôler et de reproduire le traitement. Cela se réalise par l'ajustement de la configuration du jet liquide qui débouche de l'orifice. La lame est montée sur un bloc d'acier inoxydable qui se met aussi à résonner (ce qui augmente le niveau des vibrations dans le matériel à traiter). Un sensor à cristal est attaché à ce bloc, et on peut noter l'ajutage qui donne le meilleur rendement acoustique pour une utilisation donnée.

L'Ultra-Son se combine avec diverses pompes, selon les besoins. Il existe des machines faciles à nettoyer qui répondent aux exigences rigoureuses des industries pharmaceutique et alimentaire. Certains homogénéisateurs sont construits pour la production de résines. Les homogénéisateurs normaux pour la production sont livrables avec des débits entre 20-800 l/min.

Renseignements : Eurofiltec S.A., 18-20, rue de l'Estérel, Silic 175, 94563 Rungis Cedex. Tél. : 687.23.87.

## La verranne Schuller

Parmi les articles textiles qui s'offrent à l'industriel, le choix est limité pour les matériaux incombustibles. Les fibres de verre qui possèdent ce caractère fondamental présentent aussi toute une série d'avantages.

La verranne Schuller est en fait une véritable laine artificielle qui donne des mèches souples et légères. L'aspect, le toucher, la texture de ces mèches donnent des effets qui sont beaucoup plus chauds et décoratifs que les fils continus.

La mèche de verranne Schuller est composée de filaments unitaires de 2,5 décitex (diamètre de la fibre : environ 11,5 µm) et de différentes longueurs. Une légère torsion de



la mèche et l'adjonction d'un maximum de 1,5 % de produit d'ensimage permettent d'assurer une manipulation ultérieure de la fibre sans problème.

Il est possible de donner à ce matériau une torsion plus importante pour réaliser des fils de verranne qui peuvent être utilisés dans de nombreuses applications. La fabrication de ces fils retordus ne présente également aucun problème.

On utilise dans l'ensimage des hydrocarbures spéciaux associés à des agents mouillants et des produits anti-statiques qui assurent aux fibres une bonne tenue lors du tissage. Ce nouveau type de laine en fibres de verre peut être utilisé tant pour le guipage que pour le tressage en ne modifiant que faiblement le réglage des machines.

Renseignements : Glaswerk Schuller GmbH, Faserweg 1, D-6980 Wertheim, R.F.A.

### Un ordinateur pour la mesure de la viscosité

Le système automatique de mesure de la viscosité (AVS) produit par la société Schott-Geräte GmbH, Hofheim, et qui a fait ses preuves au laboratoire, est maintenant complété par un ordinateur de table. On peut donc, non seulement, effectuer des mesures entièrement automatiques de la viscosité en supprimant les erreurs humaines, mais également procéder à des calculs complexes tels que la détermination des indices de viscosité, de la viscosité absolue et au calcul des corrections Haggenbach, par un personnel simplement formé à ces tâches. On utilise à cet effet l'ordinateur HP 9825 A, connecté par un interface à la sortie d'ordinateur codée BCD de l'appareil de base AVS.



Un logiciel, spécialement mis au point pour la Société Schott-Geräte GmbH, garantit une solution des problèmes adaptée aux besoins particuliers. Les programmes sont enregistrés sur cassettes. Par connexion d'une imprimante, les résultats peuvent être imprimés sur format Din A.

Le calculateur peut en outre assurer la commande du passeur automatique d'échantillons du système AVS.

Renseignements : Schott, 128, bd Hausman, 75008 Paris.

### Les mélangeurs statiques Sulzer

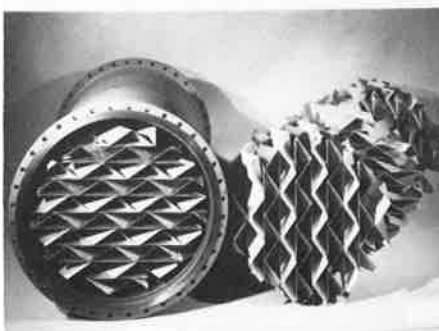
Les mélangeurs statiques Sulzer disposés à l'entrée de réacteurs chimiques assurent non seulement une homogénéisation parfaite des réactifs, mais encore une égalisation du profil de vitesse au niveau du catalyseur solide. Ces deux effets combinés se traduisent par une élimination presque complète des surtempératures locales provoquées par une distribution irrégulière par unité de temps des particules réactives à la surface du catalyseur.

Il s'ensuit à la fois une augmentation de la durée de vie du catalyseur et une réduction de la formation de produits secondaires, car les réactions impliquées sont en général très fortement dépendantes de la température. Étant donné sa compacité et sa faible perte de charge, ce mélangeur de gaz peut aussi être aisément incorporé à des installations existantes.

Exemple d'application du mélangeur de gaz Sulzer dans une unité de production d'acide nitrique : lors de la fabrication de l'acide nitrique à partir de gaz ammoniac et d'air, la première opération du procédé consiste dans le mélange intime de ces deux composants, qui sont ensuite introduits dans un réacteur comprenant une ou plusieurs grilles-supports de catalyseur (alliage à base de platine). C'est à la surface de ce catalyseur que se produit l'oxydation du gaz ammoniac en monoxyde d'azote. Le montage d'un mélangeur de gaz immédiatement à l'entrée du réacteur permet d'accroître la durée de vie du catalyseur et d'améliorer le rendement de la réaction. La perte de charge ne s'élève qu'à 4 ou 6 fois la pression d'impact.

Autres exemples typiques d'application de mélangeurs de gaz dans l'industrie chimique :

- mélange de méthane avec de l'air et du gaz ammoniac pour la production d'acide prussique,



- mélange d'éthylène avec de l'acide chlorhydrique gazeux pour la production de chlorure de vinyle,
- mélange de deutérium avec de l'air dans une usine d'eau lourde,
- mélange d'hydrogène et de gaz carbonique dans des installations de méthanation à haute température.

Les mélangeurs de gaz Sulzer, qui sont adaptables à toute géométrie de tubulure, peuvent être construits en n'importe quel matériau métallique. Ils sont de ce fait applicables de manière optimale à tous types d'installations.

Renseignements : Gebrüder Sulzer, Aktiengesellschaft, CH-8401 Winterthur.

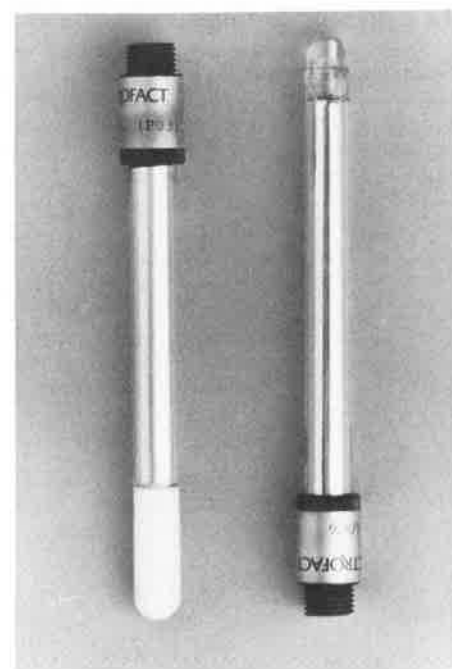
### Électrodes pour pH et rH

Électrofact développe une nouvelle génération d'électrodes pour pH et rH, de construction plus robuste et à connexions étanches, avec des électrodes combinées : mesure-référence et avec une nouvelle membrane de verre.

Originalité des nouvelles électrodes :

- choix de la membrane de verre pour l'électrode de pH,
- verres spéciaux en fonction du pH et de la température,
- construction du bulbe : 3 types en fonction des solutions (temps de réponse, abrasif, corrosif, ultra-sons),
- l'électrode est combinée avec 2 types de référence : référence sans débit à gel de KCl et référence à débit.

Ces électrodes présentent une grande souplesse d'utilisation, correspondant aux problèmes des processus industriels.



Renseignements : Électrofact S.A., 11, rue Joseph Bouchayer, 38100 Grenoble. Tél. : (76) 21.17.09.

## Détecteurs sans contact, à micro-ondes

Les détecteurs Sonac à micro-ondes sont constitués d'un émetteur, comprenant la source d'alimentation et le modulateur d'impulsion, et d'un récepteur traitant le signal électromagnétique donnant un contact de sortie.

Les applications industrielles de ces appareils sont fonction des matériaux à détecter, de leur nature et de leur densité.

Par exemple, les réservoirs en matière plastique ou fibre de verre sont très perméables aux micro-ondes et, donc, un contrôle de niveau peut se faire aisément en plaçant l'appareil à l'extérieur des réservoirs.

Dans le cas de silos ou trémies métalliques, il convient de monter des regards perméables aux micro-ondes, tels que du verre, du Teflon, du plexiglass, etc.

Pour les détecteurs à l'intérieur de four ou toute détection à travers les produits réfractaires tels que la brique, on utilise l'appareil en montage extérieur étant donnée la perméabilité de la brique aux micro-ondes.

En règle générale, le système à micro-ondes peut se substituer à bien des appareils sophistiqués pour la détection de niveau et remplace avantageusement les systèmes de détection de passage tels que les cellules photoélectriques, car le principe est parfaitement insensible aux poussières, aux intempéries, à la température et au rayonnement infrarouge.

Renseignements : Auxitrol, 187-189, bd Saint-Denis, B.P. 35, 92403 Courbevoie. Tél. : 334.30.50.

## Le détecteur de fuites Fuitmètre II

Systèmes Analytiques lance un nouveau détecteur de fuites portatif de très grande sensibilité, le Fuitmètre II, qui fonctionne sur batterie ou secteur.



C'est un appareil autonome, destiné à la détection de mieux que  $10^{-10}$  cm<sup>3</sup>/seconde de fuites de gaz dans les laboratoires et sur les chantiers.

Le Fuitmètre II est basé sur le principe d'un système de détection par détecteur de capture d'électrons utilisé très souvent par les chromatographes en phase gazeuse, mais jamais avant par un détecteur de fuites.

La mise en marche est instantanée, le temps de réponse inférieur à une seconde, sans être affecté par une surcharge de gaz (c'est-à-dire en cas de grosses fuites).

La fuite est signalée de 3 manières :

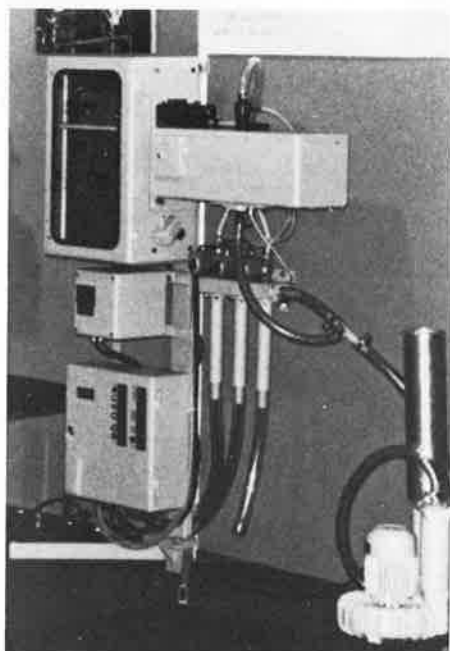
- alarme sonore proportionnelle à la taille de la fuite,
- voyant lumineux pour les fuites dépassant un certain seuil (ajustable),
- déflexion du galvanomètre sur le pistolet suivant la taille de la fuite (avec le signal du galvanomètre et la courbe fournie avec le Fuitmètre II, on obtient la taille de la fuite ou la concentration du gaz mesuré).

Pour donner une réponse linéaire et très reproductible, tous les paramètres dont dépend la sensibilité sont strictement contrôlés, à savoir, la température du détecteur, la vitesse de la pompe, le voltage, le débit et la pression du gaz d'alimentation ainsi que vérification par fuite étalon.

Renseignements : Systèmes Analytiques, 4, rue Sainte Famille, 78000 Versailles. Tél. : 953.46.09.

## Contrôle en continu des poussières et des couleurs

Notre photo montre une installation de mesure complète, avec échantillonnage multiple, propre à la surveillance en continu des installations de filtrage, des champs d'exploitation, des locaux de fabrication, des lieux de stockage, etc.



Cet ensemble contrôle : les poussières explosibles, les poussières toxiques, les poussières colorées, les embruns d'huile, etc.

La société Sigrist présente également un nouvel appareil de mesure des contrastes pour la surveillance en continu des couleurs de surfaces pour poudres, granulés, etc., ou comme installation de mesure du degré de blanc.

Renseignements : Sigrist-Photometer AG, Zweierstrasse 129, CH-8036 Zürich.

Analyse spectrale 3	Electrochimie 1
Biochimie, biologie 2	Industrie 5, 7, 11
Catalyse 1, 9	Microchimie 8
Chimie de coordination 1	Nomenclature 10
Chimie minérale 6	Polymères 10
Chimie organique 1	Sociétés savantes 4
Corrosion 5	Surfaces 5

## Rappel des manifestations annoncées pour 1980

\* Cette rubrique rassemble des informations qui appellent, éventuellement, une participation ou une demande du lecteur : appels d'offres, colloques, congrès, prix, salons, etc... Consulter également la rubrique F.F.C.

### 1. Séminaires de l'École Normale Supérieure

Les réunions ont lieu dans la salle de conférences (rez-de-chaussée) du Laboratoire de chimie, 24, rue Lhomond, Paris 5<sup>e</sup>, à 17 heures.

Mardi 29 janvier 1980, M. J. F. Fauvarque (Université de Paris-Nord) : *Catalyse, par complexes de métaux de transition, de réactions électrochimiques sur les halogénures organiques.*

Mardi 5 février 1980, M. C. Agami (CNRS Université de Paris VI) : *Contrôle stéréoelectronique de l'hydrocyanation-1,4 d'étones par les angles de torsion.*

### 2. Mutagenèse, cancérogenèse et médicaments antitumoraux

Un cours de perfectionnement scientifique, sur ses sujets, aura lieu à l'Institut de Chimie des Substances Naturelles de Gif-sur-Yvette du 30 janvier au 14 mai 1980, généralement le mercredi, de 10 h 30 à 11 h 30 (Amphithéâtre de I.C.S.N.).

#### Programme

30 janvier, G. Mathé (Institut Gustave Roussy, Villejuif) : *La chimiothérapie des cancers vue par un clinicien.*

6 février, R. Devoret (Enzymologie, CNRS, Gif) : *Mécanisme de la mutagenèse et induction du prophage chez les bactéries par les cancérogènes.*

20 février, C. Hélène (Laboratoire de biophysique du Muséum d'Histoire Naturelle, Paris) : *Reconnaissance du DNA modifié par les agents cancérogènes.*

27 février, A. Sarazin (Institut de Recherches Scientifiques sur le Cancer, Villejuif) : *Mode d'action des cancérogènes dans les cellules de mammifères.*

12 mars, J. B. Le Pecq (Institut Gustave Roussy, Villejuif) : *Mécanisme d'action sur le DNA des agents antitumoraux.*

19 mars, J. Laval (Institut Gustave Roussy, Villejuif) : *Réparation du DNA endommagé par les cancérogènes.*

27 mars, M. J. Hofnung (Unité de toxicologie génétique de l'Institut Pasteur, Paris) : *Les origines du cancer.*

16 avril, L. Montagnier (Service d'Oncologie virale de l'Institut Pasteur, Paris) : *Cancérogenèse virale.*

23 avril, C. Malaveille (Centre International de Recherche sur le Cancer, Lyon) : *Validité des tests de mutagenèse pour le dépistage des substances potentiellement cancérogènes.*

7 mai, A. Croisy (INSERM, ICSN, Gif) : *Les nitrosamines : facteurs cancérogènes de l'environnement.*

14 mai, F. Zajdela (Institut du Radium, Orsay) : *Point de vue général sur la cancérogenèse chimique.*

Renseignements : A. Picot (I.C.S.N., labo 226) ; Tél. : 907.78.28, poste 489.

### 3. 4<sup>e</sup> Congrès du G.E.R.M.

La quatrième réunion annuelle du Groupe d'Étude en Résonance Magnétique aura lieu à Pont-à-Mousson du mercredi 5 mars 1980 au vendredi 7 mars 1980. Ces journées seront consacrées aux problèmes relatifs aux différents aspects du déplacement chimique en RMN (aspects théoriques, expérimentaux et applications).

### 4. 105<sup>e</sup> Congrès national des Sociétés savantes

Le 105<sup>e</sup> Congrès national des Sociétés savantes se tiendra à Caen, du 8 au 12 avril 1980. La section Science regroupe les divisions suivantes : sciences physiques (physico-chimie du solide, chimie des mé-

taux rares en vue de leur application à l'électronique, les semi-conducteurs, les cellules solaires, énergies nouvelles); mathématiques; biologie végétale; zoologie, biologie et physiologie animales; sciences de la terre.

Pour toute correspondance: Bibliothèque Nationale, 58, rue de Richelieu, 75084 Paris Cedex 02. Renseignements tél.: 261.82.83, postes 367, 368 et 449.

## 5. Colloque « États de surface et corrosion »

Le Centre Français de la Corrosion (CE-FRACOR) et l'Association des Ingénieurs en Anticorrosion (AIAC) organisent les 23, 24 et 25 avril 1980, à Compiègne, leur premier colloque commun sur le thème « *Relation entre les états de surface et la corrosion* ».

Les travaux se dérouleront au Centre de recherches de l'Université de Technologie de Compiègne (U.T.C.).

Le Groupe de travail « Influence de l'état de surface sur la corrosion », que préside M. J. Oudar au sein de la Fédération Européenne, se réunira également à Compiègne à cette occasion.

Des séances de communications par affiches et une exposition de matériels sont prévues pour lesquelles les propositions sont reçues jusqu'au 1<sup>er</sup> mars.

Renseignements: Université de Technologie de Compiègne, BP 233, 60206 Compiègne Cedex. Tél.: (4)420.99.77.

## 6. Colloque GRECO-phosphore

Le GRECOP organise à Rennes, les 28, 29 et 30 mai 1980 un colloque sur le thème: *Structure et réactivité en chimie du phosphore*. Ce colloque comprendra des conférences, communications et tables rondes. Un fascicule contenant les résumés des communications sera adressé avant la réunion aux personnes inscrites. Les frais d'inscription sont fixés à 200 F (50 F pour les chercheurs

en cours de thèse). Une seconde circulaire précisera les conditions d'hébergement. Les personnes désireuses de présenter une communication ou de participer au colloque sont priées d'en informer M. Foucaud, Comité d'organisation du colloque, Université de Rennes, Campus de Beaulieu, 35042 Rennes, avant le 1<sup>er</sup> mars.

## 7. 2<sup>e</sup> Congrès panhellénique des ingénieurs de la chimie.

L'Association grecque des ingénieurs de la chimie organise, du 9 au 13 juin 1980, à Athènes, le 2<sup>e</sup> Congrès panhellénique des ingénieurs de la chimie, sur le thème: *La technologie chimique de la Grèce et le développement industriel*.

Une exposition est prévue dans le cadre du congrès.

Renseignements: Greek Association of Chemical Engineers, n° 6, Nikitara str., Athens 142, Grèce.

## 8. 8<sup>e</sup> Symposium international de microchimie.

Sur le thème « *Nature, but et méthodes de la microchimie* », ce symposium se tiendra, du 25 au 30 août 1980, à Graz (Autriche).

Pour tous renseignements: Prof. Dr. M. Grasserbauer c/o Interconvention P.O. Box 35 A-1095 Vienne (Autriche).

## 9. Relations entre catalyse homogène et catalyse hétérogène

Le 3<sup>e</sup> symposium international organisé sur ce thème par la Section Catalyse de la Société Royale Néerlandaise de Chimie et le Centre de catalyse de Groningue se tiendra, du 25 au 27 mai 1981, dans l'université de cette ville (Pays-Bas).

La 1<sup>re</sup> circulaire concernant ce symposium est disponible.

Pour tous renseignements: Dr. R. S. Downing, Koninklijke/Shell-Laboratorium, Postbus 3003, 1003 AA Amsterdam (Pays-Bas).

## 10. Règles IUPAC de nomenclature sur les polymères

Les règles de l'IUPAC de nomenclature sur les polymères ont été traduites en français par la Commission enseignement du GEP. Elles ont été publiées dans la revue *Die Makromolekulare chemie* (1979, volume 180, sept). Des tirés à part peuvent être commandés à Mme Rinaudo, C.E.R.M.A.V. 53 x, 38041 Grenoble Cedex (prix: 25 F).

## 11. Annuaire des négociants-distributeurs et importateurs-exportateurs.

(Spécialisés dans les produits chimiques industriels en gros)

L'annuaire des grossistes-distributeurs et importateurs-exportateurs spécialisés dans les produits chimiques industriels vient de paraître. Il se présente sous la forme d'un volume d'environ deux cents pages et comprend:

- un certain nombre de renseignements généraux (une note de présentation générale de la profession, la liste alphabétique des entreprises adhérentes avec leur adresse principale, la liste des entreprises classées par département avec leurs agences et dépôts).
- des fiches individuelles par entreprise précisant notamment les adresses, la forme juridique, l'équipe dirigeante, les activités principales et divers renseignements.

Prix de souscription: 25 francs, franco hors taxes par exemplaire (Éditions C.E.P. Perrin, 4, boulevard Soult, 75012 Paris. Tél.: 340.44.44).

## Rappel des manifestations annoncées pour 1980 (Liste arrêtée au 30 juin 1980)

6-7 février  
Paris

Journées d'études sur l'analyse et le contrôle de l'environnement air et eau. Rts: Société de chimie industrielle, 28, rue Saint-Dominique, 75007 Paris. (*L'actualité chimique*, décembre 1979, p. 80).

5-6 mars  
Lille

Journées techniques de sécurité. Rts: AINF, Mme Spriet, B.P. 159, 59113 Seclin (*L'actualité chimique*, décembre 1979, p. 54).

6-8 février  
Stockholm (Suède)

3<sup>e</sup> Congrès international sur les rejets d'eau industriels et les déchets. Rts: Bosc 21060, S-100 31 Stockholm (*L'actualité chimique*, novembre 1979, p. 68).

10-12 mars  
New York (U.S.A.)

Congrès sur la modulation des interactions cellulaires par la vitamine A et ses homologues (rétinoïdes). Rts: The New York Academy of Sciences, Conference Department, 2 East 63rd Street, New York, N.Y. 10021 (*L'actualité chimique*, décembre 1979, p. 80).

11-15 février  
Düsseldorf (R.F.A.)

Envitec 80, 3<sup>e</sup> Foire internationale et Congrès. Rts: Nowea, Zentralbereich Inland 1, Postfach 32 02 03, D-4000 Düsseldorf 30 (*L'actualité chimique*, novembre 1979, p. 68).

18-21 mars  
Toulouse

Journées industrielles de la Société Française de Physique. Rts: S.F.P., 33, rue Croulebarbe, 75013 Paris (*L'actualité chimique*, septembre 1979, p. 69).



19-20 mars Paris	10 <sup>e</sup> Journées d'études sur les flammes. Rts : Comité Français de la Fondation de Recherches Internationales sur les flammes, c/o L'Air Liquide, C.R.C.D., B.P. 126, 78350 Jouy-en-Josas ( <i>L'actualité chimique</i> , décembre 1979, p. 54).	29 avril-2 mai Munich (R.F.A.)	Analytica 80. Rts : Münchener Messe-und Ausstellungs gesellschaft mbH, Messegelände, Postfach 121009, D-8000 Munich ( <i>L'actualité chimique</i> , octobre 1979, p. 54).
21 mars Tours	Colloque GFP sur les polymères vecteurs de composés à activité thérapeutique. Rts : M. J.-P. Paubel, Laboratoire de chimie thérapeutique, UER des Sciences pharmaceutiques, 2 bis, bd Tonnelé, 37032 Tours Cedex ( <i>L'actualité chimique</i> , décembre 1979, p. 54).	4-10 mai Bordeaux	17 <sup>e</sup> Semaine d'étude de chimie organique. Rts : M. J.-P. Picard, Laboratoire de chimie organique, Université de Bordeaux 1, 351, Cours de la Libération, 33405 Talence Cedex ( <i>L'actualité chimique</i> , septembre 1979, p. 69).
24-28 mars Lille	5 <sup>e</sup> Colloque franco-soviétique sur la catalyse Rts : M. J.-P. Bonnelle, Laboratoire de catalyse physicochimie des surface, ERA n° 458, Université de Lille 1, bâtiment C3, 59655 Villeneuve d'Ascq Cedex ( <i>L'actualité chimique</i> , septembre 1979, p. 69).	6 mai Gand (Belgique)	32 <sup>e</sup> Symposium international de phytopharmacie et de phytiairie. Rts : Prof. Welvaert, Faculteit van de Landbouwwetenschappen, Coupure Link 533, B-9000 Gand ( <i>L'actualité chimique</i> , novembre 1979, p. 68).
25-27 mars Nice	ISCRE 6, 6 <sup>e</sup> Symposium international sur le génie de la réaction chimique. Rts : Société de Chimie Industrielle, 28, rue Saint-Dominique, 75007 Paris ( <i>L'actualité chimique</i> , décembre 1979, p. 78).	6-9 mai Marseille	Phirama 80. Rts : Foire de Marseille, Parc Chanot, 13266 Marseille Cedex ( <i>L'actualité chimique</i> , mai 1979, p. 51).
1-3 avril Manchester (R. U.)	7 <sup>e</sup> Symposium sur les dangers des procédés chimiques. Rts : Mr. M. Kneale, Lankro Chemicals Ltd, Eccles, Manchester M30 OBH ( <i>L'actualité chimique</i> , juin-juillet 1979, p. 79).	7-15 mai Bucarest (Roumanie)	4 <sup>e</sup> Salon international de la chimie. Rts : Entreprise des foires et expositions, Parc des expositions, 1, Piata Scintei, Bucarest ( <i>L'actualité chimique</i> , novembre 1979, p. 68).
6-11 avril Kyoto (Japon)	6 <sup>e</sup> Congrès international sur le gaz naturel liquéfié. Rts : Union Internationale de l'Industrie du Gaz, 62, rue de Courcelles, 75008 Paris ( <i>L'actualité chimique</i> , juin-juillet 1979, p. 48).	19-23 mai Rodez	4 <sup>e</sup> Conférence Euchem. Rts : G. Cauquis, Laboratoire DRF/EAO, C.E.N.G., 85 X, 38041 Grenoble Cedex ( <i>L'actualité chimique</i> , mai 1979, p. 51).
7-11 avril Israël	Conférence sur les liquides ioniques. Rts : Prof. Marcus, Institute of Chemistry, Hebrew University, Jerusalem ( <i>L'actualité chimique</i> , septembre 1979, p. 69).	20-24 mai Noordwijkerhout (P.-B.)	Conférence sur les hétérocycles en chimie bio-organique. Rts : Dr. P. Smit, L. H. Wageningen, Laboratorium voor Organische Scheikunde, De Dreijen 5, 6703 BC Wageningen, Pays-Bas ( <i>L'actualité chimique</i> , septembre 1979, p. 69).
9-12 avril Coimbra (Portugal)	3 <sup>e</sup> Conférence annuelle de la Société Chimique du Portugal. Rts : Departamento de Quimica, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 3000 Coimbra ( <i>L'actualité chimique</i> , novembre 1979, p. 69).	21-23 mai Le Pradet	2 <sup>e</sup> Réunion du Groupe Peptides. Rts : J. van Rietschoten, Laboratoire de biochimie, Faculté de Médecine, bd P. Dramard, 13326 Marseille Cedex 3 ( <i>L'actualité chimique</i> , décembre 1979, p. 54).
15-18 avril Kyoto (Japon)	3 <sup>e</sup> Symposium international sur la polymérisation cationique et les autres polymérisations ioniques. Rts : Prof. T. Saegusa, The Society of Polymer Science, Honshu bldg, 5-12-8 Ginza Chuo-ku, Tokyo ( <i>L'actualité chimique</i> , juin-juillet 1979, p. 48).	27-28 mai Bruxelles (Belgique)	Symposium Reinforplast 80. Rts : M. W. Dangis, Fabrimétal, 21, rue des Drapiers, B-1050 Bruxelles ( <i>L'actualité chimique</i> , décembre 1979, p. 55).
16-18 avril Neuchâtel (Suisse)	3 <sup>e</sup> Colloque européen sur la C.V.D. Rts : T. Tannenberger, tél. : 038.24.55.66. ( <i>L'actualité chimique</i> , décembre 1979, p. 54).	27-30 mai Lac Balaton (Hongrie)	4 <sup>e</sup> Symposium sur l'échange d'ions. Rts : Prof. J. Inczedy, P.O.B. 28, Veszprém, Hongrie ( <i>L'actualité chimique</i> , septembre 1979, p. 69).
21-25 avril Carry-le-Rouet	8 <sup>e</sup> réunion du GECOM. Rts : M. R. Corriu, Laboratoire des organométalliques, U.S.T.L., place E. Bataillon, 34060 Montpellier Cedex ( <i>L'actualité chimique</i> , novembre 1979, p. 68).	27-31 mai La Baule	GESA X. Rts : Paul Caubère, Laboratoire de chimie organique, Université de Nancy 1, C.O. 140, 54037 Nancy Cedex ( <i>L'actualité chimique</i> , octobre 1979, p. 54).
21-25 avril Boston (U.S.A.)	2 <sup>e</sup> Congrès international sur les composés phosphorés. Rts : Imphos, 8, rue de Penthièvre, 75008 Paris ( <i>L'actualité chimique</i> , septembre 1978, p. 68).	2-6 juin Florence (Italie)	5 <sup>e</sup> Symposium international Interactions solvant-soluté-soluté. Rts : Dr. Andrea Dei, Istituto di Chimica Generale della Facolta di Farmacia, via G. Capponi 7, 50121 Firenze ( <i>L'actualité chimique</i> , septembre 1979, p. 69).
21-26 avril Bruxelles (Belgique)	Instrurama. Euromation. Rts : av. Siegers 203, Boîte 5, B 1200 Bruxelles ( <i>L'actualité chimique</i> , juin-juillet 1979, p. 48).	3-5 juin Amsterdam (Pays-Bas)	Symposium européen sur la technologie des particules. Rts : Municipal Congress Bureau, O.Z. Achterburgwal 199, 1012 DK Amsterdam ( <i>L'actualité chimique</i> , mars 1979, p. 69).
24-25 avril Compiègne	Colloque sur la relation entre les états de surface et la corrosion. Rts : Cefracor, 28, rue Saint-Dominique, 75007 Paris ( <i>L'actualité chimique</i> , septembre 1979, p. 69).	4-6 juin 38 La Motte-d'Aveillans	Journées d'étude sur les sels fondus. Rts : Mme M. J. Barbier, J.S.F. Electrochimie, Domaine universitaire, 38401 Saint-Martin d'Hères ( <i>L'actualité chimique</i> , novembre 1979, p. 90).
27 avril-3 mai Bürgenstock (Suisse)	Conférence Euchem de stéréochimie. Rts : Prof. J. D. Dunitz, Laboratorium für Organische Chemie, ET HZ, Universitätsstr. 16, CH-8092 Zurich ( <i>L'actualité chimique</i> , octobre 1979, p. 54).	7-11 juin Paris	26 <sup>e</sup> Congrès géologique international. Rts : Maison de la Géologie, 77-79, rue Claude Bernard, 75005 Paris ( <i>L'actualité chimique</i> , octobre 1979, p. 54).

10-13 juin  
Berlin-Ouest

Conférence internationale sur l'analyse des non-métaux dans les métaux. Rts : Dr. Wendenburg, GDC, Postfach 900440, D-6000 Frankfurt 90 (*L'actualité chimique*, septembre 1979, p. 70).

30 juin-4 juillet  
Cannes

13<sup>e</sup> Symposium international de chromatographie. Rts : GAMS, 88, bd Malesherbes, 75008 Paris (*L'actualité chimique*, mai 1979, p. 68).

30 juin-4 juillet  
Tokyo (Japon)

7<sup>e</sup> Congrès international de catalyse. Rts : Prof. Iwao Yasumori, Dpt. of Chemistry, Tokyo Institute of Technology. Ookayama Meguroku, Tokyo 152 (*L'actualité chimique*, septembre 1979, p. 70).

30 juin-5 juillet  
Paris

7<sup>e</sup> Congrès international de la chimie des ciments. Rts : CERILH, 23, rue de Cronstadt, 75015 Paris (*L'actualité chimique*, mai 1978, p. 58).

Au cours du premier trimestre 1980 paraîtra...

un livre indispensable à tous les chimistes

## **Le compendium de la nomenclature en chimie analytique**

*Adaptation française du « Compendium of analytical nomenclature »*

*(règles définitives 1977)*

*publié en 1978 par la Division de chimie analytique de l'IUPAC*

1 volume d'environ 200 pages édité par la S.C.F.

## L'industrie chimique de l'Europe occidentale en 1979 \*

Pour l'industrie chimique d'Europe occidentale, 1979 s'avère être une bonne année. Dans la plupart des pays européens la situation est fort semblable : l'amélioration du dernier trimestre 1978 a persisté et a, en fait, duré plus longtemps que ce que les initiés avaient osé prévoir au début de 1979. Grâce à une demande soutenue, il a été possible d'adapter les prix de certains produits pétrochimiques, ce qui a compensé (du moins en partie) les effets du renchérissement du pétrole brut.

Toutefois, on croit généralement que cette demande en produits pétrochimiques est basée jusqu'à un certain point sur la constitution de stocks, phénomène qui tôt ou tard arrivera à sa fin et qui pourrait même s'inverser.

Les ventes de produits de consommation ont été inférieures à la moyenne. La réduction du pouvoir d'achat, conséquence de la hausse des prix pétroliers, semble devoir maintenir cette tendance au cours de l'année 1980.

Les échanges internationaux se sont fortement développés en 1979 et l'on peut affirmer que l'augmentation du volume des exportations a stimulé considérablement la relance économique.

C'est dans cette optique que le CEFIC se réjouit du succès du Tokyo-Round du GATT.

La période de 1975 à 1978 a été une période d'expansion inégale, de concurrence difficile, de hausses des coûts des matières premières et de l'énergie, de problèmes monétaires et d'inflation. Les circonstances n'étaient donc pas idéales pour entamer des négociations commerciales multilatérales visant à réduire les tarifs et le protectionnisme en général. A l'approche de l'échéance fixée, les pressions politiques se sont faites plus fortes, et l'on comprend dès lors que certains problèmes n'ont pu trouver une solution. Le résultat constitue un ensemble plus ou moins équilibré de compromis et est un succès relatif pour la chimie, eu égard aux circonstances. A l'origine, la réduction des tarifs avait une importance plus grande que vers la fin des négociations, période pendant laquelle la valeur du dollar américain fluctua considérablement.

Le CEFIC a joué un rôle important lors des négociations du Tokyo-Round. C'est grâce à

ces efforts que certains objectifs ont été atteints.

La suppression de l'American Selling Price (ASP) est un résultat appréciable pour la chimie européenne. Toutefois, les effets détaillés de cette mesure ne sont pas encore clairs. Les négociations devront donc se poursuivre pour un certain nombre de produits.

Tout d'abord, il faudra vérifier si les nouveaux codes de mesures non-tarifaires seront correctement repris dans les législations nationales. Le CEFIC participe avec d'autres organisations aux consultations en la matière. Il est encore trop tôt pour juger des résultats du Tokyo-Round. Il faudra voir comment les différents accords de réduction des tarifs seront appliqués dans la pratique. Toutefois, le CEFIC a le sentiment que le commerce international a fait un nouveau pas en avant. Même si dans le volume d'affaires journalier on ne ressent pas directement l'ampleur de ce progrès, on ne peut en nier les conséquences psychologiques et cela seul vaut déjà l'effort.

Toujours dans le domaine des relations commerciales, l'industrie chimique européenne est confrontée à la menace que représentent les importations de produits américains à des prix défiant la concurrence européenne. La politique américaine de contrôle du prix du pétrole et du gaz domestiques avantage les producteurs américains par des prix artificiels des matières premières et de l'énergie.

En collaboration avec le CIRFS (Centre International de la Rayonne et des Fibres Synthétiques, Paris), le CEFIC a notifié cette situation à la Commission européenne. Des discussions politiques de haut niveau entre la CEE et l'Administration américaine ont lieu actuellement à ce propos.

L'industrie chimique suit avec un intérêt certain les développements au sein de la CNUCED et de l'ONUDI. Le CEFIC a joué un rôle prépondérant lors de la conférence de l'ONUDI à Mexico. Il espère pouvoir participer de la même façon aux prochaines conférences de l'ONUDI en 1980 et 1981.

L'approvisionnement futur en matières premières sera l'élément déterminant pour l'évolution de l'industrie chimique. Le pétrole est de loin le produit le plus important, mais d'autres développements moins spectaculaires sur le front des matières premières auront également une forte influence dans divers secteurs de l'industrie chimique. Le thème discuté du « Transfert de technologies » devrait, semble-t-il, être considéré

\* *Information en provenance du CEFIC (Conseil Européen des Fédérations de l'Industrie Chimique), diffusée lors de la conférence de presse de Vienne du 21 novembre 1979 et communiquée par l'Union des Industries Chimiques.*

dans un contexte plus large, incluant une politique à longue échéance d'approvisionnement en matières premières.

La Sixième modification de la directive du Conseil du 27 juin 1967 a été signée par le Conseil des Ministres le 17 septembre 1979 et envoyée aux autorités des États membres de la CEE. Les règlements relatifs à son application seront élaborés par le Comité de progrès technique de la Commission européenne.

Le CEFIC se déclare en faveur de l'établis-

ment d'une législation européenne harmonisée en la matière afin d'éviter de nouveaux obstacles aux échanges.

Toutefois, dans la Sixième modification et dans la réglementation TSCA (aux États-Unis) beaucoup de points sont laissés en suspens et on n'a pas encore bien défini la façon dont les administrations d'Europe occidentale et des États-Unis vont mettre en œuvre ces législations. Une harmonisation doit être envisagée. A l'heure actuelle il est difficile de quantifier l'impact de cette législation sur les activités de l'industrie chimique

dans des domaines de la production, de la recherche et du marketing. Sans aucun doute, cet impact sera considérable.

Dans une très large mesure, l'avenir de l'industrie chimique dépend de la stratégie de prix des pays de l'OPEP. Il semble réaliste de prévoir un ralentissement du développement économique en 1980. L'industrie chimique n'échappera pas aux conséquences d'un tel ralentissement, mais elle se trouve (actuellement du moins) dans une position meilleure pour affronter ces difficultés le moment venu.

## Anvar : la prime à l'innovation

Les initiatives en matière d'innovation prises par les pays industrialisés procèdent du même pari : miser sur la technologie pour conserver une compétitivité internationale. C'est dans cet esprit qu'un certain nombre de mesures ont été prises par le Gouvernement français au cours de l'année 1979, notamment un sensible élargissement des missions de l'Agence Nationale de Valorisation de la Recherche, concrétisé par le décret du 13 juillet dernier. Grâce à l'expérience acquise en dix années de valorisation de résultats de recherche publique et privée, grâce aux moyens d'intervention qu'elle gère désormais, l'ANVAR est en mesure de rendre aux entreprises, aux laboratoires et organismes de recherche, aux inventeurs indépendants, des services diversifiés et nombreux. Outre son action déjà connue de valorisation de résultats de la recherche, l'Agence se propose de valoriser la recherche dans l'industrie et l'industrie par la recherche, en favorisant largement sur un plan national et régional le développement de l'innovation en France, en contribuant de façon significative à la diffusion du savoir-faire technologique.

Trois axes d'actions de l'ANVAR, parfaitement complémentaires ont été définis pour mener à bien cette tâche : la persistance du rôle de valorisation des résultats de la recherche ; la gestion des aides financières à l'innovation ; une solide implantation régionale. Ces missions ont été confiées à un opérateur unique afin de simplifier, décon-

centrer, regrouper les procédures existantes, d'engager les agents économiques à agir à tous les stades du processus de l'innovation.

Une procédure tout à fait nouvelle a été créée : la prime à l'innovation. Elle est destinée aux petites et moyennes entreprises qui constituent une source d'innovation particulièrement féconde. Grâce à elle, l'ANVAR rembourse automatiquement, sur facture, 25 % des travaux sous-traités à un laboratoire, ou un expert agréé (à concurrence d'un million de francs par entreprise et par an). Une politique large et ouverte sera suivie, tant sur le choix des travaux effectués que de l'agrément demandé à l'ANVAR. L'objectif de cette procédure tout à fait originale est clair : elle doit permettre des coopérations toujours plus étendues et plus fructueuses entre le monde de la recherche et celui de l'industrie. Cette prime est destinée aux entreprises de moins de 2 000 personnes non cotées en bourse.

Par ailleurs, il a été décidé de substituer aux anciennes aides au développement et au pré-développement une seule procédure d'aide à l'innovation, plus souple, plus rapide, plus large aussi, puisque tout le processus d'innovation peut être couvert par celle-ci, étude de marché comprise. Grâce à elle, 400 MF seront orientés vers les entreprises et les laboratoires. La décentralisation de la décision d'attribution de ces aides jusqu'à

500 000 F, seuil appelé à être dépassé, la rendra plus accessible aux P.M.I.

La totalité des équipes de délégués régionaux prévus de l'ANVAR a été mise en place progressivement au cours de 1979.

Les primes et une partie des aides seront décidées directement par les délégués régionaux. Les délégations jouiront de la large autonomie nécessaire à leur crédibilité, tout en bénéficiant de l'assistance de l'ANVAR comme des informations fournies par leurs homologues. Elles seront assistées et guidées par de véritables comités d'orientation (c'est le terme même du décret) permettant de compléter leur connaissance de la région, d'en rappeler les impératifs, d'en exprimer les priorités souhaitées par les milieux économiques et scientifiques. Elles devront aussi apporter toute leur compétence à l'affectation de fonds d'origine régionale destinés à l'innovation.

Les moyens actuels que l'État a mis en œuvre devront continuellement être adaptés au monde changeant de l'innovation. L'ANVAR se fixe comme objectif de devenir, pour ses clients, un carrefour national et international, et de bâtir à leur service le meilleur fichier d'innovation qui puisse se trouver en France, en collaboration avec les agences et organismes existants.

Renseignements : Service de presse de l'ANVAR ; tél. 637.44.60 et 637.50.60 ; postes 213 et 238.

## Les neuf premiers mois de l'exercice 1979 de Bayer

Le chiffre d'affaires de Bayer AG est en augmentation de 14,8 % à la fin du 3<sup>e</sup> trimestre de l'exercice 1979 et s'élève à 8 671 millions de DM (- 0,6 % pour la même période de l'an dernier).

Cette hausse du chiffre d'affaires est principalement due aux exportations : 5 333 millions de DM sur les marchés extérieurs et 3 338 millions sur les marchés intérieurs. La part des exportations a augmenté en proportion : de 58,9 % à la fin de 1978, elle est passée à 61,5 % pour les neuf premiers mois de l'année 1979. Cette croissance du chiffre d'affaires traduit aussi une augmentation des

ventes en volume. En effet, le niveau moyen des prix au 3<sup>e</sup> trimestre n'est que de 2 % supérieur à celui de la période de référence 1978. La situation de la concurrence n'a permis que partiellement d'élever les prix de vente, ce qui est insuffisant pour équilibrer la hausse des coûts des matières premières et de l'énergie.

Les résultats sont en nette amélioration : le bénéfice avant impôts de Bayer AG, pour les 9 premiers mois, est en augmentation de 31 % (- 4,7 % en 1978) et atteint 689 millions de DM. Ceci est dû à une meilleure utilisation des capacités de production (environ 85 %), et à une réduction des coûts, grâce à de nouveaux produits, des processus de fabrication plus rationnels et des écono-

mies d'énergies. Les économies d'énergies ont depuis longtemps fait l'objet d'une attention particulière chez Bayer ; ainsi, depuis 1970, la consommation d'énergie par unité de produit a-t-elle baissé de 15 %.

Les 9 divisions ont connu une évolution diverse ; les divisions phytosanitaire et pharmaceutique qui étaient l'an dernier à la pointe de la croissance du chiffre d'affaires se situent cette année, malgré un bon développement à un niveau moyen, dépassées par les divisions orientées vers l'industrie telles la chimie minérale et la chimie organique, les liants et plastiques, les polyuréthanes et les caoutchoucs ; ces dernières ont en effet une croissance au-dessus de la moyenne. Les colorants se situent dans la moyenne,

quant à la division fibres dont la croissance en volume a été bonne, le niveau des prix et les résultats n'ont pas été satisfaisants.

Le chiffre d'affaires de Bayer Monde est en hausse de 14 % pour les 9 premiers mois de 1979 et s'élève à 19 673 millions de DM. Comme l'an dernier, le chiffre d'affaires accuse les variations du cours des changes. Ainsi pour les vingt principales sociétés filiales, la croissance du chiffre d'affaires a-t-elle été de 27 % en monnaie nationale, mais de 13 % seulement après conversion en DM. Le bénéfice mondial avant impôts est de 1 171 millions de DM, en hausse de 43,5 % par rapport à la période de référence.

Les investissements en immobilisations atteindront 2 milliards de DM comme prévu pour 1979 et seront donc supérieurs de 14 % à l'an dernier. Dans les usines de Bayer AG, les investissements s'élèveront à 750 millions de DM, c'est-à-dire 20 % de plus qu'en 1978. Les mesures de rationalisation, de substitution, ainsi que la protection de l'environnement représentent une part importante de ces moyens.

La part des investissements en Allemagne est de 60 %, à l'étranger de 40 %. La moitié environ des investissements étrangers est consacrée aux USA.

## Le 2<sup>e</sup> semestre de la Degussa

La Degussa et les sociétés de son Groupe ont enregistré des accroissements considérables des chiffres d'affaires pendant le second semestre de l'exercice commercial 1978/1979. Ceci est dû, d'une part, à la relance conjoncturelle et, d'autre part, aux relèvements considérables des prix des métaux précieux. Sans compter les recettes provenant des métaux précieux, la société-mère a enregistré pendant le second semestre un accroissement de 13,2 % de son chiffre d'affaires.

Les augmentations du chiffre d'affaires sont plus faibles pour l'ensemble de l'exercice commercial 1978/1979, la croissance ayant été un peu moins forte pendant le premier semestre. Le chiffre d'affaires, sans tenir compte des recettes provenant des métaux précieux, s'était accru de 10,7 % pendant ce semestre.

Au cours du second semestre 1978/1979, le résultat a été supérieur à celui de l'exercice précédent.

Avec un montant de 92 millions de DM, les investissements, pendant l'exercice commercial 1978/1979, se sont situés au même niveau que pendant l'exercice commercial précédent. Ils concernent plus particulièrement à nouveau le secteur des produits chimiques. La mise sur pied d'un grand complexe de production de l'adjuvant de détergent HAB-A40 continue à constituer l'un des éléments essentiels des investissements. D'autres investissements importants sont consacrés à l'extension de l'infrastructure des usines de Wesseling et de Wolfgang ainsi qu'à la conversion de la production de noirs à des technologies économiques en matières premières. Des capacités accrues ont été mises en service dans le secteur de la production de

méthionine et de verre acrylique. La construction d'installations destinées à la production de quelques produits nouvellement mis au point a démarré.

## Reprise des affaires chez Solvay

Dans le groupe Solvay, la reprise des affaires, qui s'était manifestée dans les derniers mois de 1978, s'est poursuivie au cours du premier semestre de 1979. Le chiffre d'affaires, qui est en hausse de 26 %, a atteint 59 887 millions de FB.

L'hiver, particulièrement rigoureux, a influencé favorablement la vente des produits pour le déneigement, et contribué à l'amélioration des résultats.

## Amélioration des résultats d'U.C.B.

Le montant des ventes nettes enregistré par le groupe U.C.B. pour le premier semestre 1979, a été de 10 453 millions de FB, contre 9 006 millions l'année précédente.

La demande pour les produits du groupe avait connu une amélioration légère mais continue, au cours de l'année 1978. Cette amélioration s'est accélérée pendant le premier semestre 1979; elle a permis une augmentation des ventes nettes de 16 % par rapport au premier semestre 1978.

Le secteur chimique est nettement bénéficiaire en 1979. Le secteur films est quasi équilibré. Le secteur pharmaceutique améliore ses résultats.

## Association Electrofact-Orion Industriel

La société Electrofact, spécialisée en instrumentation et analyseurs pour processus industriel, vient de s'associer au niveau mondial à Orion Recherche Industriel pour l'étude, le développement, la vente et la maintenance des analyseurs ioniques.

La société Orion Recherche est bien connue des laboratoires pour la recherche et le développement des électrodes spécifiques.

Depuis quelques années, Orion Recherche développe une branche industrielle avec des analyseurs à ions spécifiques.

C'est la branche industrielle qui s'associe à Electrofact.

## Production et réserves de gaz naturel dans le monde\*

L'ensemble des réserves mondiales prouvées de gaz naturel à la fin 1978 est évalué à plus de 68 000 milliards de mètres cubes alors que pendant la même année la production commercialisée de gaz naturel dans le monde est estimée à environ 1 450 milliards de mètres cubes. Les réserves représenteraient donc plus de 45 fois la consommation mondiale annuelle.

A la fin de 1978, les principaux pays produc-

teurs de gaz naturel dans le monde se classaient dans l'ordre suivant (production commercialisée indiquée en milliards de m<sup>3</sup>) :

	1978	1977
1. États-Unis	560	567
2. U.R.S.S.	372	346
3. Pays-Bas	90	95
4. Canada	72	73
5. Chine	46	45
6. Grande-Bretagne	38	40
7. Roumanie	29	29
8. Mexique	24	21
9. R.F.A.	20	19
10. Iran	19	21
11. Venezuela	15	15
12. Norvège	14	3
13. Algérie	14	9
14. Italie	12	13
15. Indonésie	10	6
19. France	8	8

Les chiffres indiqués ci-après ne concernent que les réserves prouvées connues à la fin de 1978 (en milliards de m<sup>3</sup>) :

Europe orientale : 28 000

U.R.S.S. : 27 500

Roumanie : 150

Pologne : 130

Moyen-Orient : 16 000

Iran : 10 700

Arabie Saoudite : 2 000

Koweït : 1 000

Irak : 800

Abu Dhabi : 800

Amérique du Nord : 7 600

États-Unis : 5 700

Canada : 1 900

Amérique du Sud : 3 900

Mexique : 1 700

Venezuela : 1 200

Afrique : 5 100

Algérie : 3 000

Nigéria : 1 100

Libye : 700

Asie - Océanie : 4 500

Indonésie : 1 100

Australie : 850

Chine : 700

Malaisie - Brunéi : 700

Europe occidentale : 3 600

Pays-Bas : 1 700

Grande-Bretagne (Mer du Nord) : 700

Norvège (Mer du Nord) : 500

République Fédérale d'Allemagne : 200

Italie : 200

France : 100

\* Sources : Cedigaz, octobre 1979.

## Nouvelles de Rhône-Poulenc

**R.-P. au premier plan de la biologie industrielle, particulièrement en pharmacie**

Le Groupe Rhône-Poulenc est aujourd'hui présent dans presque tous les domaines de la biologie. Cette activité est déjà ancienne. Il

suffit de rappeler que c'est dès 1885 que les premières fabrications d'alcool éthylique industriel ont démarré aux usines de Melle. Le procédé a donné lieu à la vente de plus de 500 licences.

Quelques années plus tard, en 1897, Marcel Mérieux élève de Louis Pasteur, créait à Lyon l'Institut Mérieux et commençait la préparation de tuberculine et de sérum antitétanique. Ces deux dates, données à titre d'exemple, montrent bien l'ancienneté de l'activité des sociétés du Groupe dans le domaine de la biologie.

Aujourd'hui, Rhône-Poulenc réalise un chiffre d'affaires de l'ordre de 1,5 milliard de francs par an pour les seuls produits d'origine biologique.

● **En agro-alimentaire**, l'activité du Groupe est spécialisée. Elle s'exerce par l'intermédiaire de ses filiales : AEC, Alimentation Equilibrée de Commentry (alimentation animale), Lacto-Labo (fabrication de bactéries lactiques), Diététique et Santé (alimentation diététique pour adultes).

● **En agronomie**, le Groupe qui a une très forte implantation dans le domaine des engrais et des produits phytosanitaires, étudie les problèmes de la physiologie de la nutrition des végétaux et, en particulier, ceux de la flore microbienne des sols.

● **En chimie**, Rhône-Poulenc est présent dans le secteur des acides (lactique, aspartique, citrique, itaconique). Il a développé un « biopolymère » qui trouve ses applications, selon la qualité, dans des domaines aussi divers que l'alimentation et le forage pétrolier.

● **En pharmacie**, c'est là que le Groupe exerce la plus grande partie de son activité de biotechnologie avec plus de 90 % du chiffre d'affaires des produits d'origine biologique. Rhône-Poulenc est présent sur les principaux marchés :

#### Antibiotiques

Rhône-Poulenc fut le premier à démarrer sur le continent européen, au lendemain de la deuxième guerre mondiale, la fabrication d'antibiotiques. Elle s'effectue dans les usines de Vitry-sur-Seine et de Saint-Aubin-les-Elbeuf. Elle utilise à la fois des procédés dont le Groupe a acquis la licence (pénicilline G, streptomycine...), où des procédés originaux mis au point par sa recherche (spiramycine, pristinamycine, daunorubicine...). Le Groupe détient 5 à 6 % du marché mondial des pénicillines G et V et environ 15 % de celui de la streptomycine. Dans les produits anticancéreux, Rhône-Poulenc est leader en France avec des produits essentiellement biologiques.

La position du Groupe dans les antibiotiques est importante car elle se place dans un marché dont la croissance mondiale est supérieure à 15 % par an.

#### Vitamines

Dans le domaine des vitamines, Rhône-Poulenc est le premier producteur mondial de vitamine B 12, entièrement obtenue par fermentation à l'usine d'Elbeuf. Il a aussi une très forte position dans les vitamines A et E obtenues par synthèse et utilisées en alimentation animale (2<sup>e</sup> rang mondial).

#### Vaccins

Dans cette activité, Rhône-Poulenc grâce à ses filiales, l'Institut Mérieux et le Laboratoire Roger Bellon réalise un chiffre d'affaires de 750 MF en vaccins et dérivés du sang, occupant ainsi la deuxième place mondiale derrière Behring, filiale de Hoechst. L'Institut Mérieux a en particulier à son actif une position de leader dans le domaine du vaccin antiméningococcique. Il est parmi les tous premiers dans les vaccins contre la rougeole et la grippe, dans la gamme globuline placentaire.

La position de Rhône-Poulenc est aussi très forte dans les vaccins et dérivés du sang à usage vétérinaire où le Groupe est leader mondial pour les vaccins contre la fièvre aphteuse, grâce à :

● l'Institut Français de la Fièvre Aphteuse, département vétérinaire de l'Institut Mérieux qui dispose, à Lyon, d'installations de plus de 25 000 m<sup>2</sup> pour la recherche, la production et le contrôle d'une gamme complète de produits biologiques vétérinaires.

● l'Institut de Sérothérapie de Toulouse, filiale de l'Institut Mérieux et qui fabrique, développe et produit des spécialités nouvelles de la gamme vétérinaire chimiothérapique et des vaccins bactériens anaérobies.

● le Laboratoire Roger Bellon qui consacre une part de son activité aux produits à usage vétérinaire dont un tiers environ pour les produits d'immunologie.

Au total, le Groupe Rhône-Poulenc contrôle près de la moitié du marché français des vaccins et dérivés du sang.

La recherche et le développement en biologie bénéficient d'une attention particulière dans le Groupe Rhône-Poulenc, qui consacre plus de 40 % de ses moyens au niveau mondial pour la santé ou le phytosanitaire. De nombreuses équipes s'intéressent directement à la biologie. Ainsi à titre d'exemple, plus de 220 personnes étudient la fermentation sur le seul site de Vitry.

Le Groupe dispose actuellement d'un grand centre de recherches à vocation biologique : le Centre Nicolas Grillet à Vitry-sur-Seine et de nombreux laboratoires spécialisés dans la biologie (Mérieux, Bellon, AEC...).

Le budget de recherche et développement consacré à la biologie dans le Groupe Rhône-Poulenc s'élève à 550 millions de francs en 1979, sur un total de 1 300 millions. Toutefois, en recherche fondamentale, le champ d'investigation est si vaste qu'il n'est plus possible d'être à la pointe des compétences dans tous les domaines. C'est ce qui a conduit Rhône-Poulenc à un dialogue permanent avec les scientifiques des organismes publics tant en France qu'avec le C.N.R.S., l'INSERM et l'INRA, qu'à l'étranger où le Groupe envoie régulièrement des équipes de haut niveau pour des périodes de formation et a passé un contrat de recherches avec Genentech. Ce dialogue permet au Groupe de rester attentif au progrès de la science pure, tant en France qu'à l'étranger.

Rhône-Poulenc a vendu son « know-how » en techniques biologiques dans le monde entier. Pour n'en citer que quelques exem-

ples, rappelons qu'en chimie, le procédé R.-P. de fabrication d'alcool éthylique a donné lieu à la vente de plus de 500 licences, dont 200 au Japon. Il est utilisé de nos jours au Brésil. De même, le procédé acétone butanol est toujours utilisé en Argentine et en Afrique du Sud. En pharmacie, le Groupe a cédé la licence de fabrication de la spiramycine au Japon ; il construit une usine de vaccins en U.R.S.S. et a livré des unités de préparation de vaccins contre la fièvre aphteuse au Brésil, en Tchécoslovaquie, au Botswana...

Au niveau des fabrications, le Groupe Rhône-Poulenc dispose d'une capacité de fermentation de près de 10 000 m<sup>3</sup> pour la plupart à usage pharmaceutique, ce qui est très voisin des capacités des principaux leaders mondiaux. Une firme américaine dispose de 13 000 m<sup>3</sup> environ, un fabricant hollandais de 11 000 m<sup>3</sup>, celle du premier producteur japonais est à peine supérieure à celle de Rhône-Poulenc.

L'avenir de la biotechnologie est sans doute très lié aux progrès des techniques nouvelles et en particulier au génie génétique. L'objectif est, d'une part, d'améliorer les micro-organismes existants, dans leurs performances générales (sélectivité et rendement, meilleure tolérance au milieu), d'autre part d'obtenir des micro-organismes permettant la synthèse de molécules nouvelles ou l'accès plus économique à des molécules connues.

#### R.-P., premier bailleur de licences de la chimie française

Fondée sur une recherche qui fait depuis toujours la force de Rhône-Poulenc, l'activité de la direction « Licences de procédés » du groupe ne cesse de se développer. En 1978, Rhône-Poulenc a vendu pour 177 millions de francs de « matière grise » dans le monde, contribuant ainsi au développement du commerce extérieur de notre pays.

S'ajoutent en effet à ces sommes, celles perçues par les sociétés d'ingénierie françaises chargées de la construction des unités dont le procédé a été licencié.

Aujourd'hui présents dans 90 pays à travers le monde, les procédés Rhône-Poulenc font du groupe le premier bailleur de licences de la chimie française.

#### Quelques références prestigieuses :

- acide phosphorique voie humide : plus de 50 unités fonctionnent dans le monde (7 à 10 % de la production mondiale),
- filtre Ucego : plus de 60 filtres sont en service dans le monde, représentant 15 à 20 % de l'acide filtré sur notre planète.
- acide nitrique (dilué ou concentré) : plus de 20 licenciés dans le monde.
- anhydride phtalique (plastifiant) : Rhône-Poulenc exploite la plus grosse ligne actuelle du monde et possède des licenciés en Espagne, aux Philippines en Corée du Sud...
- T.D.I. (polyuréthane) : licenciés aux U.S.A., au Japon, en Corée du Sud, en R.D.A., en Yougoslavie...
- octanol (plastifiant) : licenciés en Chine, Corée, Brésil...
- Valorisation de résidus chlorés : licenciés au Maroc, en Espagne, en URSS (4 ateliers)...

● PVC masse : plus de 20 licenciés en R.F.A., Grande-Bretagne, U.R.S.S., U.S.A., Canada, Taiwan, représentent environ 10 % de la production mondiale.

● PVC pour pâtes : licenciés aux U.S.A., Japon, etc., représentant environ 10 % de la production mondiale.

● polystyrène expansible : licenciés au Canada, en U.R.S.S. (où fonctionne la plus grande usine du monde)...)

● intermédiaires nylon : Chine, etc.).

A cette liste s'ajoute un grand nombre d'autres procédés déjà licenciés ou proposés et parmi lesquels on trouve des solutions originales aux problèmes d'environnement et d'économie d'énergie. Rhône-Poulenc, bailleur de licences, s'appuie très fréquemment, pour la réalisation des projets, sur des sociétés d'ingénierie extérieures. Toutefois une assistance technique de qualité avant, pendant et après le démarrage des unités est assurée par les ingénieurs du groupe chez les licenciés.

#### Un nouveau tissu dans le vêtement de travail

Des études poussées, menées par Rhône-Poulenc Textile et 4 tisseurs français, suivies d'expérimentations au porter (l'Armée française utilise déjà plus de 10 millions de mètres pour ses tenues de combat), ont permis la mise au point d'une formule destinée au marché civil qui allie les qualités intrinsèques du coton aux performances élevées du polyester. Il s'agit de Stabicott, tissu riche en coton (65 %) renforcé par 35 % de polyester pigmenté de Rhône-Poulenc.

La principale caractéristique des vêtements de travail réalisés avec ce nouveau textile est leur résistance accrue; on estime que la durée d'usage d'un vêtement Stabicott est supérieure d'environ 50 % à celle d'un vêtement coton de poids et de texture identiques. Autres intérêts : l'entretien simplifié, le peu de retrait à 90 °C et un confort permanent. On retrouve dans Stabicott les qualités de protection et de confort propres au coton : résistance aux taches grasses ou aqueuses, protection contre le froid et l'humidité, sécurité aux projections d'étincelles, etc.

Un groupement d'Intérêt Économique : Stabicott Promotion vient d'être créé par les quatre producteurs du tissu. Sous contrat avec Rhône-Poulenc pour l'utilisation du polyester pigmenté, il assurera la promotion de ce nouveau produit auprès des confecteurs, de la distribution textile, des entreprises et collectivités, en France et bientôt en Europe.

#### Présence de R.-P. sur le marché des rubans T.A.B.

Dans le cadre de sa stratégie de développement de produits pour l'électronique, Rhône-Poulenc a décidé d'investir plusieurs dizaines de millions de francs dans la production industrielle de rubans par le procédé T.A.B. Cette opération est confiée à la nouvelle société Rhône-Poulenc Systèmes qui vient d'être créée et qui couvre les activités information-communication du Groupe. La production s'effectuera dans une usine que la

société possède à Nangis (Seine-et-Marne). Le procédé T.A.B. (Tape Automated Bonding : transfert automatique sur bande), est utilisé pour le montage de circuits intégrés, ainsi que de quelques composants « discrets » comme les transistors, les diodes électroluminescentes, les relais statiques.

#### Accord de commercialisation entre EMC et Arab Potash Company

L'Arab Potash Company d'Amman (Royaume hachemite de Jordanie) et l'Entreprise Minière et Chimique ont signé, à Amman, le premier contrat de commercialisation se rapportant à la future production de chlorure de potasse d'Arab Potash Company.

Arab Potash Company a accordé à l'Entreprise Minière et Chimique l'exclusivité des droits de commercialisation de sa production, à la fois en Europe et en Afrique. (Les ventes dans le reste du monde seront réalisées par d'autres voies).

Il est prévu de démarrer la production en 1982 lorsque la nouvelle usine d'un coût de 420 millions de dollars US et ses bassins d'évaporation solaire, situés près de Safi, du côté jordanien de la Mer Morte, deviendront opérationnels. La capacité de production projetée qui sera atteinte par étapes, est de 1 200 000 tonnes de chlorure de potasse (720 000 tonnes K<sub>2</sub>O).

La production sera exportée par le port d'Aqaba, où des installations de manutention et de chargement adaptées au tonnage sont en construction.

#### Nouvelles de CdF Chimie

##### Filiale commune Sommer-Allibert et Ripolin, dans le bâtiment et les T.P.

Sommer-Allibert et Ripolin annoncent la création d'une filiale commune destinée à commercialiser certains produits des deux groupes dans le domaine du bâtiment et des travaux publics. Le capital de la filiale commune, qui vient d'être créée sous le nom de Sommer B.T.P., est détenu à raison de 50 % par la S.I.R.S. (filiale revêtements de Sommer-Allibert) et à raison de 50 % par Ripolin-Georget-Freitag, filiale de CdF Chimie. Elle sera installée dans les locaux du siège social de Sommer-Allibert à Neuilly. L'objet de la société est de développer la création, la vente et la mise en œuvre des produits d'étanchéité dans le bâtiment et les travaux publics et des produits destinés au marché du drainage, de la filtration et de la stabilisation des sols dans les travaux publics.

Le groupe Sommer-Allibert apporte ses produits dont certains tels que les géomembranes en feuilles plastiques pour l'étanchéité des ouvrages enterrés ont été utilisés depuis de nombreuses années dans d'importants chantiers tel celui du métro de Lyon et, actuellement, celui du métro de Lille. L'utilisation de cette gamme de matériaux monocouches se développera dans d'autres domaines. Par exemple, il est certain que le coût

croissant de l'eau justifiera de plus en plus des opérations d'étanchéité des bassins de retenue. De même, les préoccupations croissantes en matière d'environnement et de lutte contre la pollution devraient conduire à étancher systématiquement cuves et réservoirs industriels.

Dans le domaine du bâtiment, les feuilles monocouches sont particulièrement adaptées aux besoins d'étanchéité des toitures et terrasses et doivent, comme cela est déjà le cas en Allemagne, prendre une part d'un marché réservé actuellement aux produits classiques bitumineux, en raison de leur longévité et de leur bonne tenue dans des conditions atmosphériques variables.

D'autres produits seront prochainement commercialisés tels les géotextiles en nappes de fibres aiguilletées pour le drainage et la stabilisation des sols sous route, des voies de chemin de fer, des pistes, etc.

Le Groupe Ripolin-Georget-Freitag apporte dans l'association l'expertise de bureau d'études et le savoir-faire d'applicateurs de sa filiale S.E.T.I.P., entreprise de travaux publics spécialisée dans les grands travaux d'étanchéité.

#### Nouveau procédé de gainage polyéthylène

La société Lassailly Réunis, Groupe CdF Chimie, et les sociétés Coopetanche et Frey, détentrices du brevet d'invention, viennent de développer en étroite collaboration un procédé original (procédé Copeflex<sup>®</sup>) de réparation de canalisations endommagées. Ce procédé consiste dans le chemisage interne des conduites avariées, avec une gaine de polyéthylène semi-souple dont l'adhésion aux parois est assurée par une émulsion époxydique.

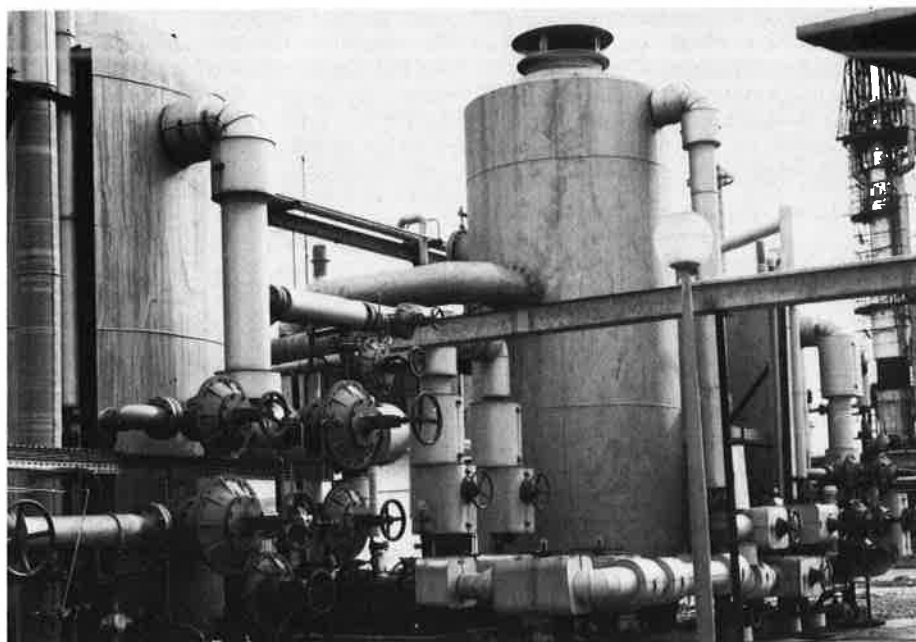
Ce procédé permet d'éviter la dépose et la repose des canalisations défectueuses et supprime ainsi pour les usagers les gênes importantes découlant de ces deux opérations.

Le procédé, déjà utilisé avec succès pour la réparation des conduites d'assainissement urbain et l'évacuation des effluents industriels, doit trouver de larges applications dans d'autres domaines : aqueducs, gazoducs, pipe-lines, gaines de vide-ordures et de ventilation, etc.

#### Six automates programmables à l'usine Elf-Aquitaine de Lacq.

La souplesse d'utilisation des automates programmables ainsi que leur modularité en font aujourd'hui des moyens particulièrement adaptés lorsque des problèmes de commande séquentielle ou de régulation sont rencontrés par des utilisateurs. C'est ainsi que les services généraux de la Direction des exploitations d'Aquitaine ont installé, à l'usine de Lacq, six automates programmables étudiés et réalisés par la Société Mécanique de Castres (S.M.C.) et destinés à la commande et à la régulation de quelques éléments de cet important complexe industriel.

Située près de Pau, l'unité de production de gaz naturel Elf-Aquitaine de Lacq s'étend sur près de 10 km<sup>2</sup>. Cette usine produit



annuellement environ 7,5 milliards de mètres cubes de gaz commercial. Le gaz brut doit être désulfuré avant sa commercialisation, et une quantité de 1,8 million de tonnes de soufre est ainsi extraite du gisement chaque année.

Une unité de production de cette taille nécessite, pour son fonctionnement, d'importantes quantités d'air comprimé, d'eau, de vapeur et d'électricité, autant d'utilités dont la production est assurée par une centrale à vapeur. Celle-ci est alimentée par de l'eau qu'il convient de déminéraliser auparavant, ce qui est assuré par cinq chaînes de déminéralisation alimentant les chaudières. Le rôle de ces chaînes est important, car en absence d'eau déminéralisée, la centrale serait stoppée ce qui pourrait arrêter le fonctionnement de l'ensemble de l'usine.

Les six automates sont du modèle S.M.C. 500. Cinq sont utilisés pour le pilotage des chaînes de déminéralisation. Chaque unité de déminéralisation est équipée de 20 vannes pneumatiques, elles-mêmes commandées par des électro-vannes. Le sixième automate est destiné à la commande séquentielle de l'unité de dépollution de certaines usines à soufre. Il assure en l'occurrence, lorsque les catalyseurs des quatre réacteurs doivent être régénérés après un certain temps de fonctionnement, l'inversion des circuits de circulation des gaz par la commande de vannes télécommandées.

## Nouvelle de L'Air Liquide

### Le groupe de L'Air Liquide en Australie

Liquid Air Australia, filiale à 100 % de L'Air Liquide, a signé un accord de principe avec C.S.R. Limited, un des plus importants groupes industriels australiens, qui a pour activités l'industrie sucrière, les matériaux de construction, les mines et produits chimiques. Aux termes de cet accord, Liquid Air Australia acquerrait de C.S.R. sa division Gaz carbonique, spécialisée dans la produc-

tion et la commercialisation de ce gaz sous la marque Carba.

Liquid Air Australia, créée il y a une vingtaine d'années, est la seconde société de gaz industriels du pays. Elle fabrique et commercialise également des produits et matériels de soudage.

Cet accord, naturellement proposé à l'approbation des autorités compétentes, devrait permettre à Liquid Air Australia de renforcer très notablement sa position sur le marché des gaz australiens, Carba étant le principal producteur de gaz carbonique de ce pays.

Il lui permettrait également de s'implanter en Tasmanie et en Nouvelle Zélande.

### Cession d'unités de productions aux U.S.A.

Liquid Air Corporation of North America et Burdett Oxygen Company annoncent qu'elles ont signé un accord de principe pour la cession par Liquid Air Corp. à Burdett de certaines unités de production de gaz industriels.

Lorsque Liquid Air Corp. a acquis, d'Allegheny Ludlum, la division Gaz industriels (à l'exception du CO<sub>2</sub>) de Chemetron, la Federal Trade Commission avait donné son accord à cette transaction sous réserve que Liquid Air Corp. céderait certaines unités de production. Ce sont ces unités qui ont fait l'objet de l'accord avec Burdett.

Rappelons que Liquid Air Corp. est désormais implantée sur l'ensemble des États-Unis.

### Production d'éthanol à partir de canne à sucre.

Humphreys and Glasgow (Londres) ont achevé les études d'une usine de production d'éthanol qui sera alimentée avec de la canne à sucre. Selon H and G, l'installation serait compétitive avec une usine alimentée avec de l'éthylène. En outre, la canne à sucre pour-

rait être remplacée par des mélanges de produits tels que le manioc et le sorgho.

## Nouvelles installations de production de Bayer au Brésil

Dans son usine mère de Belford Roxo, près de Rio de Janeiro, Bayer do Brasil S.A. (société en participation de Bayer AG) a inauguré des installations pour la fabrication de produits chimiques pour le caoutchouc et de spécialités à base de polyuréthane. Ces deux nouvelles unités, qui ont nécessité un investissement de plus de 35 millions de DM, ont été construites en deux ans, suivant les dernières techniques en particulier pour la protection de l'environnement.

Bayer a donc investi, jusqu'à présent, quelque 400 millions de DM en immobilisations et en participations au Brésil, un pays qui vient en deuxième position après les U.S.A. en ce qui concerne les investissements de Bayer dans les pays d'outre-mer. Jusqu'en 1982, l'entreprise Bayer souhaite investir au Brésil 60 à 70 millions de DM/an.

Les produits chimiques pour le caoutchouc qui seront fabriqués dans l'une des deux nouvelles installations sont, d'une part, des accélérateurs de vulcanisation vendus sous le nom de <sup>(R)</sup> Vulkacite, d'autre part des anti-oxygènes. La capacité de l'installation permet de couvrir une grande partie des besoins en produits chimiques pour le caoutchouc. Le Brésil, dont les besoins en caoutchouc sont actuellement de 240 000 tonnes par an, vient en neuvième position mondiale (à titre de comparaison, les besoins des U.S.A. s'élèvent à 12 millions de tonnes par année, ceux du Japon à un million de tonnes et ceux de la République fédérale à 600 000 tonnes), mais accuse les taux de croissance les plus élevés. Au cours des dernières années, la consommation de caoutchouc dans ce pays a progressé en moyenne de 10 % par an. A la base de ce développement extraordinaire se trouve l'industrie automobile.

Quant à l'installation de production de spécialités à base de polyuréthane, destinées à la fabrication de mousse, elle comble aussi une lacune du marché brésilien et ouvrira de nouveaux marchés à Bayer do Brasil.

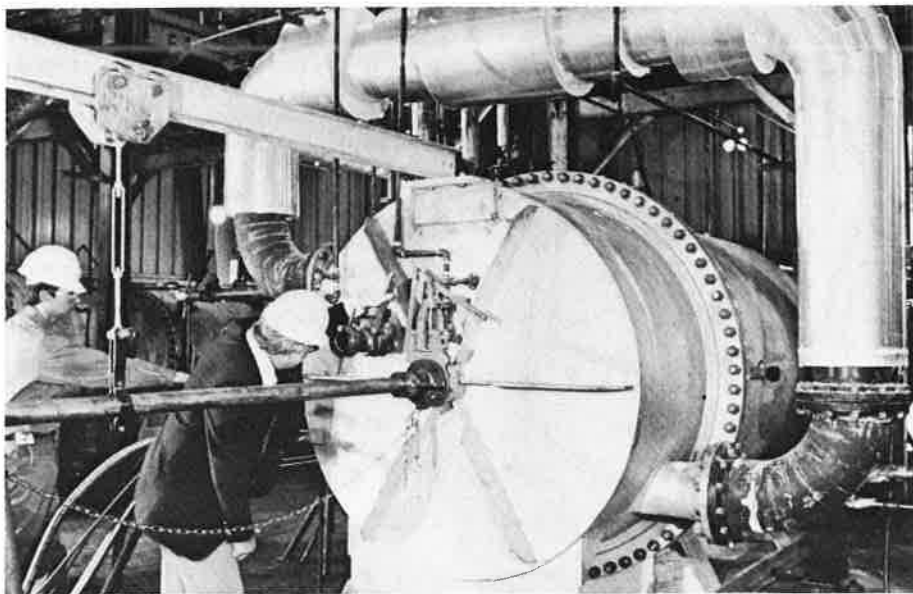
## Une nouvelle unité U.S. de noir de carbone

La nouvelle unité de réacteurs d'Ashland pour noirs de carbone mous (qualité pour pneus à carcasse) fonctionne maintenant à Belpré (Ohio). Cette nouvelle unité donne maintenant à Belpré une capacité de 32 600 tonnes de noirs mous, à côté de son importante production de noirs pour bandes de roulement.

Les nouveaux réacteurs produisent la gamme complète des noirs de four des séries N500 et N600 et certains de la série N700 à plus petites particules.

Belpré sera maintenant la première usine de la région de l'Ohio River Valley à proposer des noirs de la série N500, spécialement





importants pour certaines applications dans les pneumatiques et l'extrusion.

Le N660-LS, récemment mis sur le marché, peut aussi être produit dans la nouvelle unité, en fonction de l'intérêt manifesté et de la demande dans la région.

Sur les 1 600 000 tonnes environ de noir de carbone consommées annuellement aux États-Unis, 49 % à peu près sont des noirs mous. Cette quantité augmente plus rapidement que celle des noirs pour bandes de roulement, tandis que les disponibilités en noirs thermiques utilisés pour certaines applications dans le caoutchouc industriel diminuent et l'on cherche à les remplacer par des noirs mous.

L'étendue de la gamme de produits que fournira la nouvelle unité de réacteurs de Belpré est à attribuer à la particulière souplesse de la conception des réacteurs United® pour la fabrication de noirs pour carcasses. La nouvelle unité utilise, également à plein, la technologie moderne de récupération de la chaleur perdue et de la conservation de l'énergie, en vue d'une efficacité maximale.

### Nouvelle usine de PVC en R.F.A.

Badger GmbH a obtenu le contrat pour la construction de l'usine de chlorure de polyvinyle, de 115 000 t/an, qui est destinée à la Division Plastique des I.C.I. L'installation sera située sur le complexe de Wilhelmshaven (R.F.A.) des I.C.I.

Les travaux devraient être achevés avant la fin de l'année 1980.

### Mise en service du complexe Olefine 6

Le complexe Olefine 6, une unité de production commune à B.P. Chemicals et I.C.I., a démarré à Wilton (au nord-est de la Grande-Bretagne), sur le site d'I.C.I. Elle produit actuellement de l'éthylène.

La capacité de production annuelle d'oléfi-

ne 6 est prévue pour s'élever à 500 000 tonnes. Cette augmentation porte la capacité totale de production d'éthylène d'I.C.I., au Royaume-Uni, à 900 000 tonnes par an. Le complexe qui comprend une unité d'oléfine, une installation de traitement d'essence et une usine d'extraction de butadiène appartient pour moitié à I.C.I. et à B.P.

I.C.I. dirige et assure l'entretien du complexe. C'est le plus important projet pétrochimique intégré jamais construit au Royaume-Uni. Le coût total, y compris les installations annexes, dépasse 2 milliards de livres sterling. Le complexe emploie environ 250 personnes. Dans tous les secteurs du complexe, on a intégré la plus récente technologie en matière de sécurité et de protection de l'environnement.

### Nouvelles de la BASF

#### Licence BASF pour une unité japonaise d'anhydride phtalique

L'entreprise chimique japonaise Toho Rika a obtenu de BASF, Ludwigshafen, une licence pour la construction d'une installation de production d'anhydride phtalique, d'une capacité de 30 000 tonnes annuelles.

Cette nouvelle installation sera construite à Nagoya et remplacera d'anciennes installations de fabrication d'une capacité de 8 000 tonnes annuelles. C'est la firme japonaise Mitsui Engineering and Shipbuilding qui a été chargée de l'exécution des travaux d'ingénierie. La mise en service est prévue pour 1981.

Le procédé BASF de fabrication de l'anhydride phtalique se distingue par sa haute rentabilité et son caractère peu polluant. Il utilise l'ortho-xylène comme matière première.

#### Glasuret S.A. construit une usine de peintures et vernis en Espagne

Glasuret S.A. (Madrid), filiale espagnole de BASF Farben + Fasern AG, va construire

sur le terrain de 40 ha qu'elle a acheté, dans la zone industrielle de Henares/Guadalajara, une nouvelle usine pour la fabrication de peintures et vernis. Les travaux de construction débuteront au cours des premiers mois de l'année 1980, dès que le plan de masse de la zone en question aura été présenté, et que les pourparlers avec les services compétents auront été achevés. La capacité initiale de la nouvelle usine sera de 10 600 t/an de peintures pour l'industrie automobile.

Les investissements prévus s'élèvent à 1,2 milliard de pesetas. La mise en service est attendue pour la seconde moitié de 1981. Le projet d'ensemble est conçu de manière à pouvoir porter la capacité globale de production à 26 000 t/an. Outre les peintures et vernis automobile, pour lesquels Glasuret S.A. occupe déjà une position importante, la nouvelle unité permettra de fabriquer des produits destinés à d'autres applications industrielles.

En engageant ces investissements, elle tient compte du développement du secteur automobile en Espagne, et elle crée les conditions d'une production de systèmes de peintures et vernis selon les technologies les plus modernes, en particulier pour les peintures métallisées et les peintures anti-corrosion appliquées par cathaphorèse.

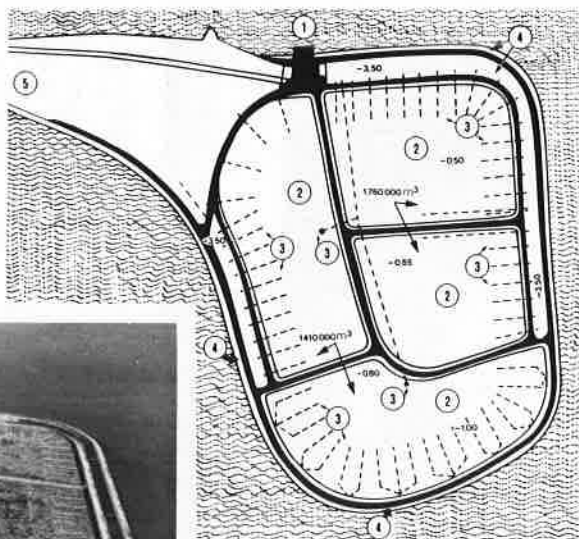
### Récupération de sulfate de sodium

Escher Wyss GmbH, Ravensburg (R.F.A.), membre du Groupe Sulzer, Winterthur (Suisse), a reçu de Ciba Geigy S.A., à Monthey (Suisse), une commande portant sur la livraison d'une installation de cristallisation d'eau usées pour l'usine chimique de la Schelde-Chemie GmbH, à Brunnsbüttel.

Les eaux usées de cette nouvelle usine contiennent du sulfate de sodium dissous qui est précipité sous forme de sel de Glauber par refroidissement dans un cristallisateur spécial, puis séparé dans des essoreuses. Les eaux usées débarrassées du sulfate sont amenées ensuite au traitement ultérieur.

### Une île artificielle pour le stockage du gypse

La société chimique suédoise Supra AB vient d'achever la réalisation d'une île artificielle de près de 38 hectares afin de pouvoir déverser pendant les dix prochaines années quelque 2 300 000 tonnes de sulfate de calcium hydraté (gypse), un sous-produit de la fabrication des engrais destinés à l'agriculture. La boue contenant le sulfate de calcium est envoyée dans l'île par une conduite (1) de 1 800 mètres de longueur. On la dépose dans les quatre bassins (2) revêtus d'une feuille de polyéthylène. L'eau provenant de la boue est évacuée par des systèmes de drainage (3) dans les canaux (4) qui entourent complètement les bassins. De là, elle est renvoyée à l'unité de production de l'usine. Pour garantir une protection optimale de l'eau contre les infiltrations d'eau salée et protéger l'équipement de production de la corrosion par les ions de chlorure, les canaux ont été



recouverts de feuilles de polyéthylène chlorosulfoné « Hypalon » renforcées. Le choix de ce matériau est basé sur son excellente résistance à l'action de l'eau salée, aux acides, aux ultraviolets, à l'ozone, au vieillissement et aux intempéries. Au terme de la prochaine décennie, l'île sur laquelle on aura semé du gazon et planté de la végétation, sera mise à la disposition de la ville de Landskrona qui l'utilisera comme centre de loisirs. La nouvelle île est reliée à Graen, une ancienne île naturelle.

### Une usine de dessalement pour Riad

Grâce à la mise en route récente de l'une des installations de dessalement par osmose inverse les plus importantes au monde, la population sans cesse croissante de Riad (Arabie Saoudite) est maintenant approvisionnée en eau potable pure.

L'usine, d'une capacité de plus de 60 000 mètres cubes par jour, est située dans le village voisin de Salboukh. C'est la première installation d'un complexe qui comprendra cinq usines et devrait être terminée en 1980.

L'usine de dessalement est conçue pour réduire la teneur en sels minéraux de l'eau d'environ 1 200 ppm à moins de 500 ppm, chiffre qui correspond à la norme imposée à l'eau potable par l'Organisation Mondiale de la Santé. C'est la société française, Degremont S.A. qui construit ce complexe de cinq usines. Ce dernier permettra de dessaler l'eau provenant aussi bien des anciens puits que des nouveaux et lorsqu'il sera achevé, il aura une capacité quotidienne totale de 220 000 mètres cubes. La capacité finale de 270 000 mètres cubes sera obtenue en mélangeant l'eau dessalée à de l'eau pré-traitée.

Pour construire le système de traitement de l'eau pour le compte du Ministère saoudien de l'agriculture et de l'eau, Degremont utilise

les modules d'osmose inverse « Permasep » de Du Pont de Nemours. Les ingénieurs-conseils pour ce projet sont la VBB Vattenbyggnadsbyran, de Stockholm en Suède.

L'usine de Salboukh, située à 50 kilomètres de Riad, est alimentée en eau par 16 nouveaux puits, d'une profondeur de 1 200 à 1 400 mètres. Ces puits profonds ainsi que d'autres qui se trouvent aux alentours de la ville alimentent les usines de dessalement à Manfouha, Malez et Shemessy où les autres usines de dessalement du complexe sont en cours de construction. Avant le forage de ces nouveaux puits, qui comptent parmi les plus profonds du monde, l'eau potable de Riad provenait de puits peu profonds alimentés par l'eau de pluie.

Actuellement, les installations de traitement des eaux qui se trouvent à Manfouha, Malez et Shemessy font appel à un procédé classique d'adoucissement à base de chaux et de soude pour réduire la dureté de l'eau en provenance des puits. Les nouvelles usines de dessalement par osmose inverse abaisseront la teneur de l'eau en chlorures et sulfates, avant qu'elle ne soit pompée dans le réseau de distribution d'eau.

Le procédé de dessalement par osmose inverse utilise des membranes semi-perméables, montées dans des enveloppes cylindriques appelées modules, qui permettent d'extraire l'eau douce de l'eau salée sous l'action de la pression. Les membranes des modules « Permasep » et Du Pont de Nemours sont constituées de fines fibres creuses en polyamide aromatique.

### 4<sup>e</sup> Symposium international de chromatographie liquide ou les possibilités offertes par la G.P.C.

Les 24 et 25 octobre dernier s'est tenue, au Palais des Congrès de Strasbourg, une im-

portante manifestation rassemblant quelques 300 participants intéressés par la technique de la chromatographie par perméation de gel, le thème de ce symposium ayant pour titre « Analyse des polymères et matériaux plastiques par chromatographie liquide ».

Organisées par les responsables français de la société Waters Associates, M. G. Seroussi, P.D.G., et M. Delamare, Directeur commercial, les conférences inscrites au programme de ce symposium s'adressaient, en particulier, aux spécialistes de la polymérisation, en rappelant toutes les possibilités que pouvait offrir la technique de la G.P.C.

D'autres conférences ont été consacrées au choix et à l'utilisation des détecteurs recouvrant ces techniques mais dont les travaux sont, à ce jour, en pleine évolution.

### Des cultures de plantes aromatiques en Suisse

Depuis six ans, deux paysans du pied du Jura vaudois établis à Bassins, au-dessus de Nyon, à une altitude de quelque 700 mètres, tentent une intéressante expérience de diversification. Sous l'impulsion de chimistes spécialisés, ils ont abandonné l'élevage traditionnel pour se vouer à la culture et à la distillation par la vapeur de plantes aromatiques couramment employées par l'industrie des arômes et des parfums dont Genève est un centre mondialement renommé, voire par l'industrie alimentaire et pharmaceutique.

Après une période d'essais (qui se poursuit encore pour certaines variétés), ils ont d'abord choisi la sauge sclérée pour une exploitation véritablement industrielle. L'essence de cette plante est particulièrement appréciée en parfumerie, comme base et complément d'autres effluves aromatiques. Les cultures de sauge sclérée de Bassins s'étendent désormais sur plusieurs dizaines de milliers de mètres carrés. La prise en charge des premières récoltes par des entreprises genevoises spécialisées a permis aux deux agriculteurs de développer parallèlement des cultures de camomille romaine qui couvrent bientôt une surface équivalente.

Jusqu'à présent, les rendements obtenus supportent la comparaison avec ceux que l'on enregistre en Provence, région qui convient particulièrement à ce type de cultures. En particulier, la sauge donne parfois de meilleurs résultats au pied du Jura, selon les conditions climatiques qui paraissent mieux lui convenir ici que dans le sud méditerranéen.

D'autres essais sont en cours, avec des plantes plus connues en Suisse, comme la livèche (ou ache de montagne, ou encore « plante à maggi »), le persil, l'estragon et l'angélique, bien connue des confiseurs. Ces expériences courageuses (car elles ne bénéficient d'aucune subvention en cas de gel, de grêle, de sécheresse) commencent à soulever un sérieux intérêt de la part de l'industrie chimique des arômes et des parfums, voire d'autres secteurs voisins.

## Comité national : session de printemps 1980

**Mars. Section XVIII :** Chimie organique biologique, 4, 5, 6 mars 1980.

**Section IX :** Structure et dynamique moléculaires, chimie de coordination, 17, 18, 19, 20 mars 1980.

**Mai. Section X :** Physico-chimie des interactions et des interfaces, 6, 7, 8, 9 (le matin) mai 1980.

**Section XIX :** Physico-chimie des polymères, 20, 21, 22 mai 1980.

**Juin. Section XI :** Chimie des matériaux solides, 4, 5, 6 juin 1980.

**Section XVII :** Synthèse organique et réactivité, 17, 18, 19 juin 1980.

## Colloque de l'ATP « Interfaces »

Ce colloque s'est tenu les 3, 4, 5 décembre derniers au Palais des Congrès à Nancy. Son programme était le suivant :

### 1<sup>re</sup> session : Croissance des espèces et phases adsorbées sur surfaces contrôlées

- Étude par diffraction d'électrons lents et spectroscopie Auger de l'adsorption physique le long de gradins, par M. Bienfait.
- Étude par diffraction d'électrons rapides sous incidence rasante de la croissance des couches d'adsorption sur des faces métalliques de hauts indices, par M. Domange.
- Mesures périodiques en émission de champ pour l'étude de l'adsorption et des réactions, par M. Dreschler.
- Détection et étude microcalorimétriques des changements d'état bidimensionnels subis par l'azote et l'argon adsorbés sur le nitrure de bore entre 60 et 90 K, par M. Rouquerol.
- Étude des oxydes de tungstène superficiels par ESCA, par M. Tran Minh Doc.

### 2<sup>e</sup> session : Petits agrégats

- Étude de la structure cristallographique de petits agrégats de Pt, Ni et Pd, par M. Gillet.
- Corrélations entre les propriétés physico-chimiques et catalytiques des petits agrégats métalliques, par M. Naccache.
- Cinétique d'évolution thermique d'agrégats sur un substrat cristallin, par M. Kerk, remplacé par M. Metois.
- Étude théorique de la structure des petits agrégats métalliques, par M. Veillard.
- Étude cinétique de la formation de cristallites de nickel métallique dispersés dans diverses matrices, par Mme Delafosse.
- Formation d'agrégats métalliques dans un jet supersonique. Étude par spectrométrie de masse, par M. Cabaud.

### 3<sup>e</sup> session : Structure électronique, atomique ou moléculaire des interfaces solide-solide ou solide-liquide

- Étude du travail de sortie du carbure de silicium monocristallin en fonction du dopage, par M. Pomot.
- Mesure du potentiel de charge nulle pour diverses électrodes dans des solvants non aqueux, par M. Demortier.
- Étude expérimentale par des techniques nucléaires (résonance et orientation) du couplage entre <sup>3</sup>He solide ou liquide dilué et des solides dopés par des centres paramagnétiques à très basse température, par M. Chapelier.
- Structure des joints de grains et influence sur la transmission de la déformation plastique, par M. Zaoui.
- Excitation d'une onde de plasma à l'interface métal-vide ou métal-solide. Application à l'accroissement du rendement de l'émission photoélectronique, par M. Septier.

### 4<sup>e</sup> session : Étapes élémentaires des réactions chimiques superficielles

- Influence des défauts de surfaces sur la réactivité de l'oxygène envers les semi-conducteurs Si et GaAs, par Mlle Proix.
- Migration de l'hydrogène dissocié au contact d'une phase métallique depuis le métal jusqu'à l'oxyde minéral (effet spill-over), par M. Teichner, remplacé par M. Pajonk.
- Étude du mécanisme de l'oxydation catalysée sur oxydes métalliques par le spectre de thermodésorption, par M. Germain, remplacé par M. Joly.
- Développement d'une méthode d'analyse des diagrammes d'électrorélectance dans le plan complexe. Application aux surfaces recouvertes de films fins, par Mme Hugot-Le Goff.
- Étude de l'interface Ag/solution électrolytique par ellipsométrie avec excitation de plasmons de surfaces, par M. Costa
- Anisotropie d'émission des ions secondaires, par M. Slodzian.

Discussion finale. Conclusion.

# Règles de nomenclature pour la chimie organique (Sections A, B et C)

Adaptation française des règles élaborées par la Commission de nomenclature en chimie organique de l'Union Internationale de Chimie Pure et Appliquée.

Section A : Hydrocarbures.

Section B : Systèmes hétérocycliques.

Section C : Groupes caractéristiques contenant des atomes de carbone, d'hydrogène, d'oxygène, d'azote, d'halogènes, de soufre, de sélénium et de tellure.

Un livre de 320 pages édité par la Société Chimique de France.

Membres de la S.C.F. : 50 F.

Non membres de la S.C.F. : 100 F.

Une commande, pour être agréée, devra être accompagnée du règlement correspondant, sous forme de chèque bancaire ou de chèque postal (280-28 Paris W), à l'ordre de la Société Chimique de France.

Pour faciliter la tâche de la Trésorerie, éviter, si possible, la demande d'une facture.

# Règles de nomenclature pour la chimie organique

*Section D* : Composés organiques contenant des éléments qui ne sont pas exclusivement le carbone, l'hydrogène, l'oxygène, l'azote, les halogènes, le soufre, le sélénium et le tellure.

*Section E* : Stéréochimie.

Adaptation française des règles élaborées par la Commission de nomenclature en chimie organique de l'Union Internationale de Chimie Pure et Appliquée.

Membres de la S.C.F. 50 F

Non membres de la S.C.F. 100 F

Une commande, pour être agréée, devra être accompagnée du règlement correspondant, sous forme de chèque bancaire ou de chèque postal (280.28 Paris), à l'ordre de la Société Chimique de France.

Pour faciliter la tâche de la Trésorerie, éviter, si possible, la demande d'une facture.

Un livre édité par la Société Chimique de France

# Fédération Française de Chimie

G.A.M.S.

## Réunion de la Commission de spectrométrie atomique

Journée du mardi 29 janvier 1980

**Thème de la réunion : Fluorescence X appliquée**

9 h 30 Ouverture de la réunion  
Exposé d'introduction par M. Pinta, Président de la Commission.

- *La spectrométrie de fluorescence X*, par M. Tertian.
- *Le JY 364 spectromètre de fluorescence X à tube rhodium à fenêtre en bout piloté par microprocesseur*, par M. Gani (Sté Jobin-Yvon, Division d'Instruments SA).
- *La détermination du fluor dans les verres techniques par spectrométrie de fluorescence X*, par M. Marsaud (Sté Corning, Avon).
- *L'analyse par fluorescence X des échantillons d'aérosols atmosphériques : position du problème*, par MM. Elichegaray, A. Dutot, B. Grubis, Vie Le Sage (Université Paris VII).

- *L'analyse par fluorescence X des échantillons atmosphériques : solutions*, par B. Grubis, A. Dutot, C. Elichegaray, Vie Le Sage (Université Paris VII).
- *Analyse diffractométrique de bains de cryolite pour la métallurgie de l'aluminium*, par A. Boucher (Philips Industrie).
- *Automatisation en spectrométrie de fluorescence X*, par M. Rothan (Siemens SA).
- *Contribution de la fluorescence X au travail d'un laboratoire verrier*, par J.-L. Rousseau (Sté Jobin-Yvon, Division d'Instruments SA).
- *Obstacles au développement des méthodes de correction des effets interéléments*, par M. Quintin (Université Paris VI).

Pour participer à cette réunion il est indispensable de s'inscrire préalablement en écrivant au G.A.M.S., 88, boulevard Malesherbes, 75008 Paris. Tél. 563.93.04 +.

## 13<sup>e</sup> Symposium international de chromatographie

Le 13<sup>e</sup> Symposium international de chromatographie aura lieu, à Cannes (Alpes Maritimes), du 30 juin au 4 juillet 1980. Il est organisé en commun par le Chromatography Discussion Group, le Arbeitskreis Chromatographie der Fachgruppe « Analytische Chemie » der Gesellschaft Deutscher Chemiker et le GAMS à qui toute correspondance concernant ce congrès doit être adressée.

Le programme comprendra, outre quelques conférences plénières, des communications pouvant toucher à tous les domaines de la chromatographie et des techniques apparentées. Ces communications pourront être présentées en langue anglaise, allemande ou française. Pour favoriser les échanges dans ce congrès international il est cependant recommandé d'utiliser la langue anglaise. Deux séances de communications par affiches seront organisées chaque jour, sur deux

thèmes précis qui seront ceux des séances de discussion qui suivront.

Le Comité scientifique a retenu les thèmes suivants :

- Applications analytiques des techniques chromatographiques dans les domaines suivants : Chimie des aliments ; Environnement ; Géochimie ; Biochimie et chimie clinique, Huiles essentielles, arômes, parfumerie.
- Chromatographie préparative en phases gazeuse ou liquide.
- Chromatographie en couche mince.
- Préparation et emploi des colonnes de grande efficacité (CPG, CPL).
- Détecteurs, Analyse quantitative.
- Chromatographie multidimensionnelle.

Parallèlement au congrès aura lieu une exposition de matériel scientifique.

Renseignements : GAMS, 88, bd Malesherbes, 75008 Paris. Tél. (1) 292.20.41.

# Société de Chimie Biologique

## Congrès de Printemps de la Société de Chimie Biologique

Sur le thème « *Les protéines contractiles et la motilité cellulaire* », ce congrès se tiendra les 28-29 avril 1980, à Montpellier (C.N.R.S., Route de Mende)

Le Congrès est axé, principalement, sur les aspects biochimiques et physicochimiques des protéines contractiles (relations structure-fonction, interactions moléculaires), mais il a également pour objet de susciter des échanges entre biologistes et

biochimistes sur l'organisation des appareils contractiles cytoplasmiques, leur participation aux divers aspects de la motilité cellulaire et les mécanismes biochimiques variés qu'implique leur fonctionnement. Il sera suivi de la réunion du Groupe francophone du muscle qui sera consacrée à des exposés des travaux et à des Tables rondes

Les personnes intéressées sont invitées à envoyer leur nom et adresse avant le

1<sup>er</sup> janvier 1980 à M. Nguyen Van Thoai, Centre de recherches de biochimie macromoléculaire du C.N.R.S., Route de Mende, B.P. 5051, 34033 Montpellier Cedex. Tél. (67) 63.91.30, poste 321.

L'inscription est gratuite pour les membres de la Société de Chimie Biologique à jour de leur cotisation. Le droit d'inscription est de 190 F pour les participants extérieurs et de 100 F pour les non membres de moins de 30 ans.

## 4<sup>e</sup> Rencontre du Groupe thématique « Biosynthèse des protéines »

Une réunion du Groupe sur le thème « *Évolution du ribosome* » est organisé, à Lyon, les 5 et 6 mai 1980, par MM. J. P. Reboud et A. J. Cozzone.

La réunion comportera des exposés généraux de mise au point, des communications sous forme d'affiches et des Tables rondes. Les membres de la Société intéressés sont invités à envoyer leur nom et adresse aux

organisateurs et à leur préciser le titre de leur communication éventuelle. Un bulletin d'inscription définitive ainsi que le programme préliminaire et une liste d'hôtels seront envoyés aux personnes qui en feront la demande. Un résumé d'une page des communications et le bulletin d'inscription devront être envoyés aux organisateurs avant le 10 Avril 1980, délai de rigueur.

Pour tout renseignement complémentaire, s'adresser à M. J. P. Reboud, Laboratoire de biochimie médicale, ou à M. A. J. Cozzone, Laboratoire de biologie moléculaire, Université de Lyon I, 43, boulevard du 11 novembre 1918, 69622 Villeurbanne. Tél. : (78) 889.81.24, poste 34.52 (J. P. Reboud) ou poste 35.86 (A. J. Cozzone).

# Société de Chimie Physique

## Journées de cinétique hétérogène

Les prochaines Journées d'étude sur la cinétique hétérogène se dérouleront au Centre Saint-Charles de l'Université de Provence, les jeudi 13 et vendredi 14 mars 1980.

Il est rappelé que le but essentiel de cette rencontre est l'échange d'informations et la

mise en commun des connaissances récemment acquises dans le domaine de la cinétique des réactions solides-solides, solides-liquides, solides-gaz et des réactions de surface. Les thèmes qui y seront développés relèveront principalement de l'oxydation des métaux et alliages, de la réduction des oxy-

des, de la conductivité dans les oxydes et de la diffusion dans les solides.

Pour tous renseignements, s'adresser à M. Roland Streiff, Laboratoire de chimie des matériaux, Université de Provence, 13331 Marseille Cedex 3. Tél. : (91) 95.90.71.

## Cycles et mécanismes chimiques dans l'environnement

Organisée par la Société de Chimie physique, patronée par la Fédération Européenne des Sociétés Chimiques (F.E.C.S.) et la Fédération Française de Chimie, une Conférence européenne est organisée sur ce thème, du 22 au 26 septembre 1980, à l'École polytechnique à Palaiseau. Les thèmes principaux sont les suivants :

**I. Chimie atmosphérique.** Chimie de la haute atmosphère dans ses rapports avec l'environnement (halocarbures, oxydes d'N, CO<sub>2</sub>, ozone, etc...). Interactions entre gaz et particules. Mécanismes chimiques dans les gaz d'échappement. Produits d'incinération des résidus industriels.

**II. Chimie en milieu aqueux.** L'eau de pluie comme agent polluant. L'interface air-eau, site réactionnel. Mécanismes de purification naturelle et de biodégradation dans les eaux douces. Évolution et traitements chimiques des déversements pétroliers. Composés organiques, métaux lourds et métallo-organiques dans l'eau et les sédiments.

**III. Réactions en milieu solide.** Composés agrochimiques et leurs réactions dans les sols. Chemins réactionnels dans l'élimination des résidus industriels.

**IV. Techniques nouvelles de contrôle de la pollution (à l'exclusion des méthodes purement analytiques).** Recyclages et productions

sans déchets. Nouveaux développements de composés agrochimiques. Élimination des résidus industriels.

Première circulaire. Renseignements : Société de Chimie physique/C.M.C.E., 10, rue Vauquelin, F 75005, Paris.

Propositions de communications : titre et résumé (une page dactylographiée au plus) à envoyer avant le 31 janvier 1980 à C. Troyanowsky, Président du Comité d'organisation, 10, rue Vauquelin, F 75005, Paris.

# Société de Chimie Thérapeutique

## XVI<sup>es</sup> Rencontres de chimie thérapeutique

Les XVI<sup>es</sup> Rencontres internationales de chimie thérapeutique se dérouleront les 9, 10 et 11 juillet 1980, à la Faculté de Pharmacie de Marseille, sous la présidence du P<sup>r</sup> Jacques R. Boissier, Président de la Société de Chimie Thérapeutique.

Trois thèmes ont été sélectionnés pour les conférences plénières et les Tables rondes :

1. *Benzodiazépines : aspects chimiques, pharmacologiques, pharmacocinétiques, cliniques ; perspectives d'avenir.*

2. *Interactions protéines/médicaments.*

3. *Étude conformationnelle des molécules en phase dissoute.*

Des communications sur ces thèmes, ainsi que sur d'autres sujets se rapportant à la chimie thérapeutique, pourront être présentées sous forme d'affiches.

Demandes de renseignements et correspondance : P<sup>rs</sup> Cristau et Soyfer, Laboratoire de pharmacie chimique, Faculté de Pharmacie, 27, boulevard Jean-Moulin, 13385 Marseille Cedex 4.

## Prix Charles Mentzer 1980

Le prix intitulé « Prix Mentzer des Rencontres de chimie thérapeutique rappelle qu'il a été créé grâce aux 7<sup>es</sup> Rencontres de chimie thérapeutique, organisées en 1971 à Lyon, où se déroula une large part de la carrière du P<sup>r</sup> Charles Mentzer qui marqua de son œuvre la chimie thérapeutique et fut l'un des membres du premier conseil de la Société.

Il est décerné, en principe tous les deux ans, par la Société de Chimie Thérapeutique, à un chercheur ou une équipe de recherche pour des

travaux scientifiques dans le domaine de la chimie thérapeutique. En 1980 son montant sera de 5 000 F.

Lors de sa dernière Assemblée générale, tenue le 5 juillet 1979 à Bordeaux, la Société a émis le souhait que le Prix Charles Mentzer 1980 soit préférentiellement attribué à un jeune chercheur.

Renseignements : Secrétaire général de la S.C.T., 3, rue Jean-Baptiste Clément, 92290 Châtenay-Malabry.

---

# Société Chimique de France

## Division Chimie organique

### Séminaire du jeudi 14 février 1980

Ce séminaire se tiendra, à 14 h 30, dans l'amphithéâtre A, de l'ENSCP, 11, rue Pierre-et-Marie Curie, Paris (5<sup>e</sup>). Les deux conférences suivantes seront présentées :

- *Substitution nucléophile aromatique par transfert monoélectronique (SRN 1). Progrès récents*, par M. R. Beugelmans (Gif-sur-Yvette).
- *Réarrangement photochimique des oxaziridines : photo Beckmann*

et contrôle stéréoelectronique, par M. Lattes (Université Paul Sabatier, Toulouse).

### Journée parisienne du jeudi 13 mars 1980

La Journée parisienne de la Division se tiendra dans l'amphithéâtre A de l'École Nationale Supérieure de Chimie, 11, rue Pierre-et-Marie Curie, Paris (5<sup>e</sup>). Avec la participation de MM. B. Ganem (Baker Lab., New York, USA), J.-J. Tufariello (State Univ., New York, USA), D. Mansuy (E.N.S., Paris) et Teutsch (Roussel-Uclaf, Romainville).

---

## Nécrologie

- M. Joseph Dauphin, professeur à la Faculté de pharmacie de Clermont-Ferrand, décédé le 1<sup>er</sup> juin 1979.
- M. Max-Fernand Jayle, professeur à la Faculté de médecine de Paris.

- M. Émile Sement, maître-assistant à l'Université de Paris V, décédé le 28 juin 1979.

---

## Plis cachetés

La SCF a enregistré :

- un pli cacheté de MM. P. Caubère, C. Sidot et J.J. Brunet, le 1<sup>er</sup> octobre 1979, sous le numéro 1922.
- un pli cacheté de M. J.-P. Borel, le 5 octobre 1979, sous le numéro 1923.

- un pli cacheté de M. J. Tacussel, le 25 octobre 1979, sous le numéro 1924.
- un pli cacheté de M. M. Chanon, le 31 octobre 1979, sous le numéro 1925.

- 73 Journées d'études sur l'analyse et le contrôle de l'environnement air et eau, Paris.
- 73 ISCRE 6, 6<sup>e</sup> Symposium international sur le génie de la réaction chimique, Nice.
- 73 Journées annuelles 1980 des ingénieurs de procédés du V.D.I., 1-3 octobre 1980, Strasbourg.
- 73 27<sup>e</sup> Symposium de chimie macromoléculaire de l'IUPAC, 6-9 juillet 1981, Strasbourg.
- 74 Centre de Perfectionnement Technique.
- 74 Fédération Européenne du Génie Chimique.  
Conférence internationale sur les procédés de séparation des solides, 16-18 avril 1980, Dublin.  
Rappel de manifestations.
- 75 Fédération Européenne de la Corrosion.  
Colloque sur la corrosion dans les industries alimentaires.
- 75 Sommaire de la revue *Analisis*.

- Recueil des conférences (vol. 1 : sections 1, 2 et 3; vol. 2 : sections 4 et 5):

**5<sup>e</sup> Conférence européenne des plastiques et des caoutchoucs,**

12-15 juin 1978, Paris.

Prix de chaque volume : 150 F.

- Recueil des communications:

**Colloque « Apport de l'informatique à l'analyse industrielle pour le contrôle et la conduite des procédés,**

18-19 septembre 1979, Villeurbanne.

Prix du recueil : 200 F.

- Recueil des communications :

**Journées sur la technologie des lits fluidisés et dispersés, applications industrielles,**

22-23 octobre 1979, Compiègne.

Prix du recueil : 250 F.

S'adresser à la Société de Chimie Industrielle,  
28, rue Saint-Dominique,  
75007 Paris.

Tél. : 555.69.46.



# Journées d'études sur l'analyse et le contrôle de l'environnement air et eau

6-7 février 1980, Paris

Le programme de ces journées a été publié dans le numéro de décembre 1979 de *L'actualité chimique*, p. 80.

Renseignements et inscription à la Société de Chimie Industrielle, 28, rue Saint-Dominique, 75007 Paris. Tél. : 555.69.46.

(Inscription gratuite pour les membres de la Société de Chimie Industrielle, de la Société Chimique de France et du GAMS (Groupement pour l'Avancement des Méthodes Spectroscopiques et physico-chimiques d'analyse.)

---

## ISCRE 6, 6<sup>e</sup> Symposium international sur le génie de la réaction chimique

25-27 mars 1980, Nice

Le programme du symposium a été publié dans le numéro de décembre 1979 de *L'actualité chimique*, p. 78.

Renseignements et inscriptions à la Société de Chimie Industrielle, 28, rue Saint-Dominique, 75007 Paris. Tél. : 555.69.46.

---

## Journées annuelles 1980 des ingénieurs de procédés du V.D.I.

1<sup>er</sup>-3 octobre 1980, Strasbourg.

### Organisateurs :

Verein Deutscher Ingenieure (V.D.I.)  
Société de Chimie Industrielle (S.C.I.)  
Groupement des Enseignants et Chercheurs en Génie Chimique.

Le groupe des ingénieurs de procédés et de génie chimique du V.D.I., doit tenir son Congrès annuel pour 1980 à Strasbourg, du 1<sup>er</sup> au 3 octobre 1980.

Il a demandé à la Société de Chimie Industrielle et au Groupement des Enseignants et Chercheurs en Génie Chimique de s'associer à cette manifestation qui se tiendra pour la première fois en France.

Ce sera une occasion pour les ingénieurs de génie chimique d'entreprendre des relations qui seront certainement fructueuses avec leurs collègues d'outre-Rhin.

Nous ne doutons pas que cette première manifestation franco-allemande ne remporte un succès aussi grand que les journées annuelles du V.D.I. qui se tiennent en Allemagne ou dans quelques pays limitrophes.

### Appel aux communications

Il est fait appel aux chercheurs et ingénieurs travaillant dans le domaine du génie chimique pour présenter des résultats nouveaux, non encore publiés. Il peut s'agir de progrès récents obtenus soit dans la recherche et le développement, soit dans la fabrication, la conception, la construction d'appareillages et d'installations ou au bureau d'études.

Le texte des communications doit être dans tous les cas compréhensi-

ble par les non-spécialistes et faire apparaître clairement les progrès apportés pour le génie chimique.

Les conférences de mise au point sont particulièrement appréciées. Elles doivent présenter les problèmes d'actualité qui se posent à l'état des connaissances pour pouvoir offrir à l'ingénieur un profit immédiat dans sa branche d'activités.

Sept sessions se tiendront en parallèle. La durée des communications sera de 30 minutes et celle des conférences de mise au point sera de 45 minutes.

**Résumés :** Il est demandé de fournir avant le 8 février 1980 le titre et le résumé (2 pages) des communications dans lequel apparaissent les progrès et l'utilité (au moins potentielle) des résultats présentés. Ils doivent être adressés à :

Monsieur J.C. Charpentier, Laboratoire des sciences du génie chimique, C.N.R.S./ENSIC, 1, rue Grandville, 54042 Nancy Cedex.

Une commission franco-allemande décidera de l'acceptation des communications.

Les exposés seront publiés dans la revue *Chemie-Ingenieur-Technik* dont la revue *German Chemical Engineering* est la traduction anglaise.

**Langue du congrès :** La langue officielle est l'allemand. On demande aux conférenciers français de faire l'effort de présenter à leurs collègues allemands, qui représentent la quasi-totalité des auditeurs, leur exposé en allemand, ou à défaut en anglais. En cas d'impossibilité, ils pourront parler en français, une traduction allemande étant présentée simultanément sur l'écran.

---

## 27<sup>e</sup> Symposium de chimie macromoléculaire de l'IUPAC

6-9 juillet 1981, Strasbourg

Le Groupe Français des Polymères (G.F.P.), le Centre de Recherches sur les Macromolécules (C.R.M.), Strasbourg, et la Société de Chimie Industrielle (Paris) organiseront, du 6 au 9 juillet 1981, au Palais des

Congrès et de la Musique de Strasbourg, le 27<sup>e</sup> Symposium de chimie macromoléculaire de l'Union Internationale de Chimie Pure et Appliquée (IUPAC).

Deux conférences plénières et vingt à vingt-cinq conférences principales (sur invitation) seront regroupées dans les deux sections suivantes :

● *Chimie macromoléculaire, incluant les aspects synthèse, mécanisme, modification des polymères.*

1. Polycondensats aromatiques. Thermostables.
2. Polymérisations ioniques.
3. Polymérisations en émulsion.
4. Modifications chimiques et photochimiques des polymères.
5. Polymères et catalyse.

● *Matériaux macromoléculaires, comprenant les propriétés physiques, physicochimiques et mécaniques des polymères, films, membranes, composites et l'étude du vieillissement.*

1. Conformations et dynamique des chaînes.
2. Phénomènes de relaxation.
3. Transitions de phase et phénomènes de cristallisation.
4. Grandes déformations.
5. Polyélectrolytes.

6. Polymères à conductivité ionique ou électronique.
7. Films et fibres hauts modules.
8. Vieillessement.
9. Propriétés et applications des composites.
10. Polymères biomédicaux.

En outre une centaine de communications sur les mêmes thèmes, d'une quinzaine de minutes, parmi celles qui auront été adressées en temps voulu au Comité scientifique seront présentées. Les auteurs de communications non retenues par le Comité scientifique pourront présenter le résultat de leurs travaux par affiche si le sujet reste du domaine des thèmes retenus par le Comité scientifique.

#### Renseignements :

Secrétariat : Société de Chimie Industrielle, 28, rue Saint-Dominique, 75007 Paris. Tél. : 555.69.46.

Comité scientifique : Macro 1981, C.R.M., 6, rue Boussingault, 67083 Strasbourg Cedex. Tél. : (88) 61.19.19.

---

## Centre de Perfectionnement Technique

(Organisme de formation continue de la Société de Chimie Industrielle.)

**Stage d'étude sur les déchets industriels et leurs traitements :**  
Paris, du lundi 4 au vendredi 8 février 1980.

**Stage de formation permanente sur la formation générale en chimie élémentaire.**

Ce stage, pour agents techniques, est organisé sous le patronage de la Société de Chimie Industrielle ; il aura lieu à Paris :  
du 25 au 29 février 1980 : lois générales de la chimie,  
du 24 au 28 mars 1980 : chimie minérale,  
du 21 au 25 avril 1980 : chimie analytique, techniques, matériaux.

**Stage d'étude des nouvelles perspectives dans le choix des filières de traitement, valorisation et élimination des boues résiduaires :**  
Paris, du lundi 3 au jeudi 6 mars 1980.

**Stage complémentaire d'étude de la pollution atmosphérique sur la dispersion dans l'atmosphère et modèles de prévision :**  
Paris, du 10 au 13 mars 1980.

**Stage d'étude sur les techniques ultra-propres et leurs applications industrielles :**  
Paris, du 18 au 20 mars 1980.

**Stages d'étude des problèmes de l'eau sur les pollutions de l'eau.**

Ce stage est réalisé en collaboration avec le Service de l'eau du Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie :  
Paris, du 14 au 17 avril 1980.

**Stage de formation permanente sur le bon usage de l'énergie dans l'industrie.**

Ce stage de formation permanente (ingénieurs et assimilés) est placé sous le patronage de la Direction Générale de l'Énergie et des Matières Premières ;  
Paris, du 15 au 18 avril 1980.

**Méthodes concrètes pour réaliser des économies de matières ; analyse de valeur ; exemples d'application :**  
Paris, les 6 et 7 mai 1980.

**Stages d'étude des problèmes de l'eau sur la législation et la réglementation :**  
Paris, les 20 et 21 mai 1980.

**Renseignements et inscriptions :** Centre de Perfectionnement Technique, 9, av. Alexandre-Maistrasse, 92500 Rueil-Malmaison. Tél. : 749.79.13.

Tous ces stages auront lieu à Paris, à la Maison des Ingénieurs E.T.P., 6, rue Vital, 75016 Paris.

---

## Fédération Européenne du Génie Chimique

### Conférence internationale sur les procédés de séparation des solides

16-18 avril 1980, Dublin

Cette manifestation, la 231<sup>e</sup> de la Fédération Européenne du Génie Chimique, est consacrée au comportement et aux propriétés physiques lors du séchage, de l'évaporation, de la cristallisation, de la lixiviation, de la flottation, de la centrifugation, de la filtration, de la sédimentation, de la collecte des poussières et de l'épuration des gaz des solides. Elle est organisée par la Branche irlandaise de l'Insti-

tion of Chemical Engineers, en coopération avec l'American Institute of Chemical Engineers (AIChE).

Renseignements : Institution of Chemical Engineers, BeMRA, Tramway House, Dartry Road, Dublin 6.

## Rappel de manifestations

**2<sup>e</sup> Conférence internationale sur les équilibres de phases et les propriétés des fluides dans l'industrie chimique**, 17-21 mars 1980, Berlin-Ouest :

*L'actualité chimique*, décembre 1979, n° 10, p. 82.

**5<sup>e</sup> Congrès international scandinave de génie chimique, Kem-Tek 5**, 14-16 avril 1980, Copenhague :

*L'actualité chimique*, avril 1979, n° 4, p. 77.

**Symposium européen sur la technologie des particules**, 3-5 juin 1980, Amsterdam :

*L'actualité chimique*, mars 1979, n° 3, p. 69.

**Symposium Chemplant'80**, 3-5 septembre 1980, Héviz (Hongrie) :

*L'actualité chimique*, mai 1979, n° 5, p. 79.

**ISEC'80, Conférence internationale sur l'extraction par solvant**, 6-12 septembre 1980, Liège :

*L'actualité chimique*, juin-juillet 1979, n° 6, p. 79.

**3<sup>e</sup> Symposium international sur la prévention des pertes et l'amélioration de la sécurité dans les industries de transformation**, 15-19 septembre 1980, Bâle :

*L'actualité chimique*, février 1979, n° 2, p. 77.

---

## Fédération Européenne de la Corrosion

### Colloque sur la corrosion dans les industries alimentaires

23-25 septembre 1980, Rennes

Le Centre Français de la Corrosion (Cefracor) organise un colloque sur le thème : la corrosion dans les industries alimentaires. La manifestation se tiendra à Rennes, du 23 au 25 septembre 1980. Elle est placée sous le patronage :

- de l'Association Nationale des Industries Agricoles et Alimentaires (ANIAA),
- de l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA),
- de l'Institut National des Sciences Appliquées (INSA), Rennes,
- de l'Institut National de la Consommation (I.N.C.),
- de l'Association pour le Développement de la Recherche Appliquée aux Industries Agricoles et Alimentaires (ADRIA),
- de la Délégation aux Économies de Matières,
- de la Société de Chimie Industrielle.

La présidence du Comité d'organisation a été confiée à M. J. Talbot, Professeur à l'École Nationale de Chimie de Paris, vice-Président et Professeur à l'Université Pierre-et-Marie-Curie (Paris).

Après un court exposé d'introduction sur l'industrie alimentaire, les thèmes suivants ont été retenus :

exposés généraux : considérations générales sur la corrosion, la corrosion des aciers inoxydables, des alliages d'aluminium, du fer blanc, de divers matériaux ;

problèmes communs aux diverses branches de l'alimentation : corrosion par les produits de nettoyage et de désinfection, corrosion par les fumées, par les eaux, corrosion des bâtiments ;

problèmes particuliers : sucrerie, conserverie, salaison, laiterie,...

Renseignements : Cefracor, 28, rue Saint-Dominique, 75007 Paris.  
Tél. : 705.10.73.

---

## Sommaire de la revue *Analisis*

Vol. 7, n° 10, novembre 1979

*Séparation et détection d'acides monocarboxyliques saturés à courte chaîne par chromatographie en phase liquide*, par R. Farinotti, M. Caude, G. Mahuzier, R. Rosset.

Étude de la séparation, par chromatographie de partage à polarité de phase inversée sur silice greffée C 18, des acides formique, acétique, propionique, butyrique, valérique, isovalérique, caproïque, particulièrement de la réaction colorée en sortie de colonne fondée sur la décoloration d'un indicateur de pH.

*Propriétés chromatographiques de la silice et isothermes d'absorption de l'eau*, par M. Thibert, M. Caude, R. Rosset.

Une méthode dynamique rigoureuse de détermination des isothermes d'adsorption de l'eau sur les gels de silice pour CPL dans le cas de solvants extrêmement peu polaires, tel le *n*-hexane, est décrite.

*Étude de la structure des octahydroacénaphthènes isomères par couplage chromatographique en phase gazeuse-spectrographie de masse*, par D. Lévêque, R. Minvielle, T. Rull.

Les conclusions déduites des spectres de masse enregistrés sont en accord avec des résultats de l'examen par spectre IR des dicétones provenant de la décomposition des ozonides.

*Stockage sur bande magnétique et traitement analogique de courbes polarographiques*, par H. Al-Dabbagh, Ch. M. Wolff, J.-P. Schwing. Le dispositif réalisé permet d'effectuer, par une méthode analogique, des opérations simples (soustraction, calcul de moyennes) en temps réel sur des polarogrammes obtenus par polarographie impulsionnelle différentielle.

*Étude des diverses méthodes pour la détermination du SO<sub>2</sub> comme contaminant atmosphérique*, par F. Borrull, J. Torres, J. Gonzalez, V. Cerda.

Des différentes méthodes étudiées, celle basée sur une précipitation du sulfate de baryum suivie par conductimétrie a présenté les plus grands avantages en raison de sa rapidité et de sa simplicité.

*Dosage chromatographique de traces d'hydrocarbures en C<sub>4</sub> formées lors de la pyrolyse du propane à faible avancement*, par J.-Y. Jézéquel, M. Dzierzynski, F. Baronnet.

Description d'une technique chromatographique permettant de doser des traces d'isobutane et de butène-1 dans un très gros excès de propane.

## Demandes et offres diverses

Chimiste organicien diplômé en 1975 Université de Milan, expérience (3 ans) dans recherche, cherche emploi, étudie toute proposition, région indifférente. Praticien analyse instrumentale. Écrire à : Denis Vaghi, 136, rue d'Avron, 75020 Paris.

**Offre** mes collections du Bulletin de la S.C.F. années 1964 à 1968 inclus à venir prendre chez Mme Dubourg, 50, rue d'Assas, Paris 6<sup>e</sup>, Tél. : 222.26.71.

M. Germain (Draveil, Essonne) cède collection complète de Chimie et Industrie-Génie chimique, de 1947 à 1967. Écrire à M. Germain, La Rivière, Creysse, 24100 Bergerac.

**A vendre** : collection complète reliée des Chemical Abstracts 1933 à 1960 ainsi que d'autres collections de périodiques scientifiques de la chimie. S'adresser à l'Institut des Corps Gras : 5, boulevard de Latour-Maubourg, 75007 Paris, Tél. : 555.07.73.

**A vendre :**

Spectromètre de masse AEI MS 12 transistorisé, séparateur à membrane - CPG - MPM - introduction directe programmée, enregistreurs UV et plume. Bon état. IFP, Tél. 749.02.14 (poste 2245).

**A vendre :**

Collections complètes Chemical Abstracts 1907/1979 et Beilsteins Handbuch der Organischen Chemie 1942/1979. Tél. à Mme Vion 920.15.54.

Chromatographe en phase gazeuse : cherche occasion en parfait état de marche, de préférence équipé d'un détecteur à ionisation de flamme. Écrire : Mac Leod/E.P.H.E., CEN-FAR, PB 6, 92260 Fontenay-aux-Roses.

**Offre** : Bull. Soc. Chim. 1965 et 1966 reliés. Journal Chim. phys. 1965 et 1966 reliés. S'adresser Dr. Charcosset. Tél. : (78) 84.34.71.

**Donne** : Bulletin de la S.C.F., années 1957, 1959, 1964 à 1972 en fascicules brochés. Écrire Soc. Chim. n° 266.

---

### Table des annonceurs

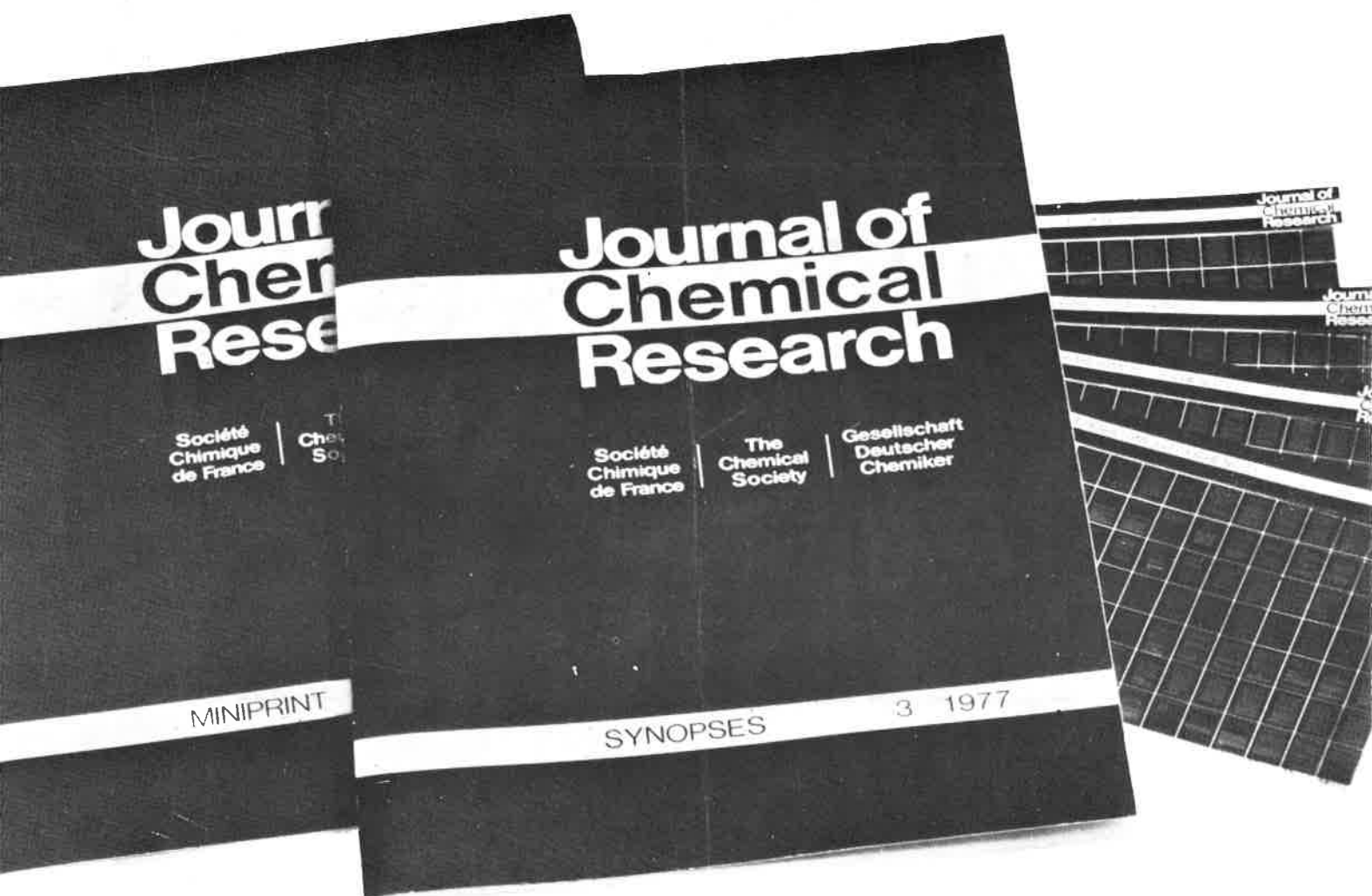
O.S.I. ....	Couv. II	FIRMENHANDBUCH .....	40
A.P.V. ....	4	Compendium de la Nomenclature en Chimie Analytique .....	58
B.N.P. ....	6	J.C.R. ....	Couv. IV
C.N.I.C. ....	35-36		

---



Une innovation  
dans l'édition scientifique

# Journal of Chemical Research



Une nouvelle revue scientifique multinationale éditée conjointement par trois Sociétés savantes européennes de chimie.

Chaque mois, trois éditions paraissent simultanément, l'une réservée aux synopsis (abrégés), les deux autres à la publication in-extenso des textes, offerts soit en micro-impression, soit en micro-fiche.

Pour la France, tous renseignements (abonnements-publicité).

**Société Chimique de France,  
250, rue Saint-Jacques 75005 PARIS. Tél. : 354.20.78 - 325.20.78**