l'actualité chimique

publiée par

la **SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE FRANCE**

et

la **SOCIÉTÉ DE CHIMIE INDUSTRIELLE**

Octobre 1978

TECHNIGRAPH®

une nouvelle méthode de travail pour le dessin technique

Technicité du produit

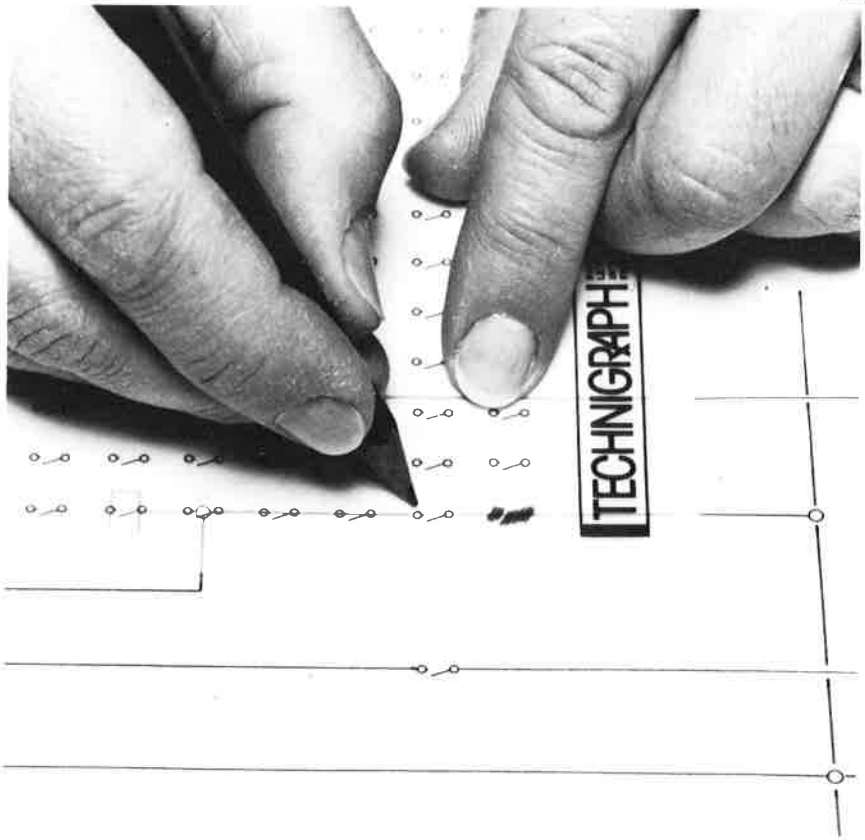
Un produit spécialement créé pour les bureaux de dessin technique - une qualité spéciale et nouvelle de transfert - convient à tous les supports classiques de dessin - opacité des symboles - peut être reproduit en microfilm - symboles aux normes françaises et internationales.

Technique nouvelle de travail

Seuls les traits du motifs sont transférés - résiste au gommage - adhérence parfaite - résiste aux tirages héliographiques - manipulation facile - des traits à la plume ou au tire-ligne peuvent être ajoutés après transfert.

Temps gagné

Flexibilité et souplesse du travail - classement facile et rapide sous pochettes individuelles perforées - sélection immédiate des symboles recherchés - transfert rapide avec une nouvelle qualité.



2000 dessins réalisés d'après les normes françaises et internationales permettent d'exécuter tous types de plans, schémas, dessins dans les secteurs d'activités industrielles les plus importants : électronique, électrotechnique, circuits imprimés, symboles logiques, mécanique, soudure, hydraulique, pneumatique, chimie, chauffage, ventilation, vannes, robinetterie...

Demandez un échantillon gratuit
ou le catalogue Technigraph
dans les papeteries spécialisées dans le matériel de dessin ou à
Letraset-France, B.P. 169, 13, rue Marceau - 93104 Montreuil Cédex

NOM .....

Adresse .....

Ville et code postal .....

désire recevoir la documentation Technigraph ☐

désire recevoir un échantillon gratuit ☐

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
Jacques Burgaud (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. : 033.20.78 et 325.20.78

Publicité
Chef de publicité : G. Perreau
250, rue Saint-Jacques
75005 Paris
Tél. : 033.20.78 et 325.20.78

Abonnements 1978
(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 100 F à cette revue.
Non-membres
France, Europe,
Afrique du Nord : 150 F
Autres pays (envoi par avion) : 220 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 15 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**

OJD DIFFUSION PUBLICITÉ
1977

PHIRAMA 78

11eme BIENNALE

EQUIPEMENT DE LABORATOIRES
ELECTRONIQUE INDUSTRIELLE
CONTROLE ET REGULATION

24-27 OCTOBRE
MARSEILLE - PARC CHANOT
(Strictement réservé aux professionnels)

Renseignements / Invitations:
PHIRAMA - FOIRE DE MARSEILLE - PARC CHANOT
13266 MARSEILLE CEDEX 2 - TEL. (91)76.16.00

novation

Sommaire

Octobre 1978 n° 8

7	**Faisons le point**	*Les électrolytes solides* par Abdelkader Hammou
19	**Méthodes et techniques**	*Derniers développements en C.V.D. : dépôts chimiques à partir de la phase vapeur* par L. Vandenbulcke et G. Vuillard
30	**Industrie**	*De nouvelles matières de base pour la chimie organique de demain* par Roger Dumon *Le carbure de calcium* par Yvan Schwob
36	**Enseignement**	*Pourquoi une recherche en «Chemical Education» ?* par Mme Alexandra Kornhauser *Utilisation de la Graphique* par Irène Arditi, Denise Devèze et Danielle Marbach
49	**Bibliographie**	
56	**Appareils et produits**	
59	**Les dossiers techniques de *L'actualité chimique* Chromatographes en phase liquide (H.P.L.C.)**	
71	**Communiqués**	
76	**Informations scientifiques et techniques**	Rhône-Poulenc et l'industrie des silicates
84	**La page du C.N.R.S.**	
85	**Fédération Française de Chimie**	
87	**Union des Industries Chimiques**	Note de conjoncture sur l'évolution de l'industrie chimique au cours du premier semestre 1978
90	**G.A.M.S.**	Cycles de perfectionnement du G.A.M.S. pour techniciens, du 11 au 15 décembre 1978 Réunion de spectroscopie atomique des 26 et 27 avril 1979, à San Remo (Italie) Congrès Mesucora du 10 au 15 décembre 1979
91	**Société de Chimie Biologique**	Colloque sur les glycoconjugués membranaires, des 19 et 20 avril 1979, à Seillac Journées sur la chimie et la biochimie des glucides, du 18 au 20 décembre 1978, à Neuville-aux-Bois
92	**Société Chimique de France**	Division Chimie de coordination : Atelier «Métal-métal», les 16 et 17 novembre 1978, à Strasbourg Division Chimie analytique : Journée de la micro-analyse, le vendredi 17 novembre 1978, à Lyon Section de Montpellier : Colloque international sur les polymères à usage médical et pharmaceutique; Montpellier 30 novembre et 1er décembre 1978 Nécrologie Plis cachetés Sommaires des fascicules Juillet-Août 1978 du B.S.C.F.
97	**Société de Chimie Industrielle**	ISCRE 6, 25-27 mars 1980, à Nice Fédération Européenne du Génie Chimique Fédération Européenne de la Corrosion
101	**Demandes et offres diverses**	
101	**Table des annonceurs**	

Publication analysée par Chemical Abstracts Service.

Les électrolytes solides

par Abdelkader Hammou

(Maître-assistant, Laboratoire d'énergétique électrochimique, ENSEEG Domaine universitaire, 38401 *St-Martin-d'Hères)*

Les électrolytes solides sont des matériaux ou la conduction électrique est assurée exclusivement par des ions. Ils sont généralement constitués de composés binaires « purs » ou dopés. Le déplacement des ions est rendu possible par l'existence de défauts ponctuels (lacunes, interstitiels, ...). La concentration en défauts dépend de plusieurs paramètres dont la température, la teneur en impuretés ou en dopant, la structure cristallographique, le potentiel chimique des constituants de base de l'électrolyte.

La bonne qualité d'un électrolyte solide peut être définie par les deux critères suivants :
- *une conductivité ionique élevée,*
- *un « domaine électrolytique » le plus large possible. C'est le domaine où le nombre de transport ionique reste supérieur à* 0,99.

On peut classer les électrolytes solides en deux catégories :
- *les électrolytes solides à faible conductivité. Ce sont généralement des composés binaires, purs ou légèrement dopés. Ils n'ont pas donné lieu à des applications pratiques intéressantes mais leur étude a permis de préciser certains mécanismes de transport. On peut citer à titre d'exemple* NaCl *et* CaF_2.
- *les électrolytes solides à conductivité élevée. Ils sont connus sous le nom de « superconducteurs ioniques ». La diffusion des ions dans ces matériaux est « anormalement » grande. Les études ont surtout porté sur des électrolytes conducteurs par ions* Ag^+, *alcalins* (Na^+, Li^+), *oxyde* 0^{2-} *et fluorure* F^-. *Elles sont axées sur la réalisation de générateurs électrochimiques « tout solide ». Comme électrolytes bien connus on peut citer les zircones stabilisées, l'alumine* β *au sodium et* $RbAg_4I_5$.

L'étude des électrolytes solides a permis de faire collaborer des chercheurs de spécialités différentes (électrochimistes, chimistes du solide, physiciens). Le champ d'application de ces matériaux est large et concerne des domaines aussi variés que la purification de gaz neutres (pompage électrochimique), l'analyse chimique (jauges à ions sélectifs) les générateurs électrochimiques (traction électrique, stimulateurs cardiaques, piles pour montres électriques) et la détermination de grandeurs thermodynamiques dans un large domaine de température.

I. Introduction

La première expérience mettant en œuvre un électrolyte solide a été réalisée par H. Davy qui, en préparant des métaux alcalins par électrolyse de leurs hydroxydes fondus a observé que cette dernière se poursuivait au-dessous du point de solidification, bien moins rapidement cependant. D'autres travaux furent entrepris depuis. C'est ainsi qu'en 1904, Haber et Tolloczko ont mesuré la force électromotrice aux bornes des cellules $Pb/PbCl_2/AgCl/Ag$ et $Cu/CuCl/AgCl/Ag$. Les résultats étaient, pour l'époque, en excellent accord avec les

données thermochimiques correspondant aux réactions mises en jeu dans ces cellules.

Des progrès sensibles dans la compréhension des phénomènes de conduction ont été enregistrés à la suite des travaux de Tubandt et Lorenz en 1912. Ces derniers ont montré que l'électrolyse de certains halogénures d'argent obéissait à la loi de Faraday et remarqué la grande mobilité de l'ion Ag^+ dans l'iodure d'argent AgI au voisinage de son point de fusion. Vers les années 1930, Frenkel (1926) puis Wagner et Schottky (1930) enfin Jost (1933) introduisirent le concept de défaut de réseau. La connaissance de la nature et de la concentration de ces défauts ainsi que leurs interactions permit par la suite la compréhension de nombreux phénomènes apparaissant à l'état solide. Il faut citer, par exemple, les problèmes liés au transport de matière et de charge (conduction, diffusion), à la catalyse et à la non-stœchiométrie. A la suite d'une étude de la migration des ions et des électrons dans un cristal ionique comportant un gradient de concentration et soumis à un gradient de potentiel électrique, C. Wagner (1933) :

- établit une théorie d'oxydation des métaux, bien connue en cinétique hétérogène,
- calcula la force électromotrice d'une cellule mettant en œuvre un électrolyte à conduction mixte (ionique + électronique).

Il précisa plus tard (1937) l'influence de l'introduction d'ions étrangers sur les propriétés de conduction des composés solides ioniques.

C'est en 1956 que Kroger et Vink introduisirent la notion de diagrammes d'équilibre de défauts permettant de déterminer la concentration des différents types de défauts présents dans un composé ionique en fonction du potentiel chimique des constituants de base du composé.

Durant les vingt dernières années, le développement des recherches consacrées aux électrolytes solides connut et connaît encore un grand essor. Le domaine d'investigation fut considérablement élargi aussi bien en ce qui concerne les espèces responsables du transport (Ag^+, alcalins, oxyde, halogénures, H^+), le domaine de température (2-1 600 °C) que la structure de la phase où le transport a lieu (tridimensionnelle, lamellaire, tunnel).

II. Caractères généraux des électrolytes solides

D'une manière générale, on peut définir un électrolyte solide comme un matériau où la conduction électrique est assurée exclusivement par des ions. Dans la plupart des électrolytes solides, une seule espèce est responsable du transport du courant. Les principales caractéristiques de ces matériaux peuvent être résumés de la sorte :

- une conductivité relativement faible comparée à celle des métaux ou des semi-conducteurs,
- une variation exponentielle de la conductivité avec la température. Les courbes correspondantes obéissent généralement à une loi du type :

$$\sigma T = \sigma_0 \exp - \frac{E_a}{RT} \quad \text{(I)}$$

où

σ : est la conductivité électrique exprimée en $ohm^{-1}.cm^{-1}$ ($\Omega^{-1}.cm^{-1}$)
E_a : énergie d'activation
σ_0 : facteur préexponentiel
R : constante des gaz parfaits
T : température absolue.

Ces deux caractéristiques nécessitent souvent l'étude et l'utilisation des électrolytes solides à des températures plus ou moins élevées. Ces conditions expérimentales ont par ailleurs l'avantage d'éliminer les problèmes dus à l'adsorption d'eau ou d'autres matières en surface. Elles augmentent par contre les risques d'évaporation et de perturbation dues aux phénomènes de thermoémission

- l'absence de convection et des problèmes qui s'y rattachent.
- l'existence de défauts dont la concentration est régie par la température, la teneur en impuretés ou en dopant, le potentiel chimique des constituants de base de l'électrolyte, la structure de la phase. La conductivité σ_i d'une espèce i s'écrit :

$$\sigma_i = z_i F \mu_i C_i \quad \text{(II)}$$

où
z_i est la charge de l'espèce
F le Faraday
μ_i sa mobilité électrique
C_i sa concentration.
La conductivité totale σ_t du matériau s'écrit :

$$\sigma_t = \sum_i \sigma_i \quad \text{(III)}$$

l'espèce i pouvant être ionique (anion ou cation), électronique (électron ou trou d'électron). On définit le nombre de transport t_i électrique d'une espèce i par la relation suivante

$$t_i = \frac{\sigma_i}{\sigma_t} \quad \text{(IV)}$$

- la présence d'une faible part de conduction électronique qui rend le matériau « électrochimiquement perméable » à l'espèce responsable du transport du courant électrique.
- l'existence d'un *domaine électrolytique* ou domaine d'« électroactivité » où le nombre de transport ionique reste supérieur à 0,99. Il dépend essentiellement de la température et du potentiel chimique des constituants du matériau dans la phase environnante. Un électrolyte sera d'autant meilleur que son domaine électrolytique est plus large.
- les électrolytes solides satisfont à la loi de Nernst dans le domaine électrolytique. La force électromotrice aux bornes d'un électrolyte solide MX séparant deux compartiments où les pressions partielles de X_2 sont différentes et respectivement égales à $(P_{X_2})_1$ et $(P_{X_2})_2$ s'écrit :

$$E = \frac{RT}{z_x F} \ln \frac{(P_{X_2})_1}{(P_{X_2})} \quad \text{(V)}$$

où Z_x représente la charge de l'ion X ($z_x = 1$ dans l'exemple choisi).

III. Description d'un électrolyte solide

Un électrolyte solide est un cristal réel comportant, outre des défauts de surface et des dislocations, des défauts ponctuels. Ces derniers sont des anomalies se produisant sur certains sites par rapport au cristal parfait ; leur existence est une nécessité thermodynamique.

Dans un matériau pur, les défauts ponctuels sont dits *intrinsèques*. Leur existence est due uniquement à l'agitation thermique.
Dans un matériau impur, les défauts ponctuels, dus à la présence d'impuretés ou de dopant intentionnellement ajouté sont dits *extrinsèques*.

La figure 1 donne l'exemple d'un électrolyte simple de formule M_X sous forme de cristal parfait et de cristal réel, contenant les impuretés LX_2 et MY_2. On se place, pour simplifier, dans le cas où les ions étrangers L et Y se substituent à M et X respectivement. Dans cette figure, et à titre d'exemple, M_M représente l'espèce M situé sur un site

site M (indice). Les espèce du type M^x_M, V'_M, $L^\bullet_M$ ... sont dits *éléments de structure* et portent une *charge effective positive* (•), négative (') ou nulle (*).

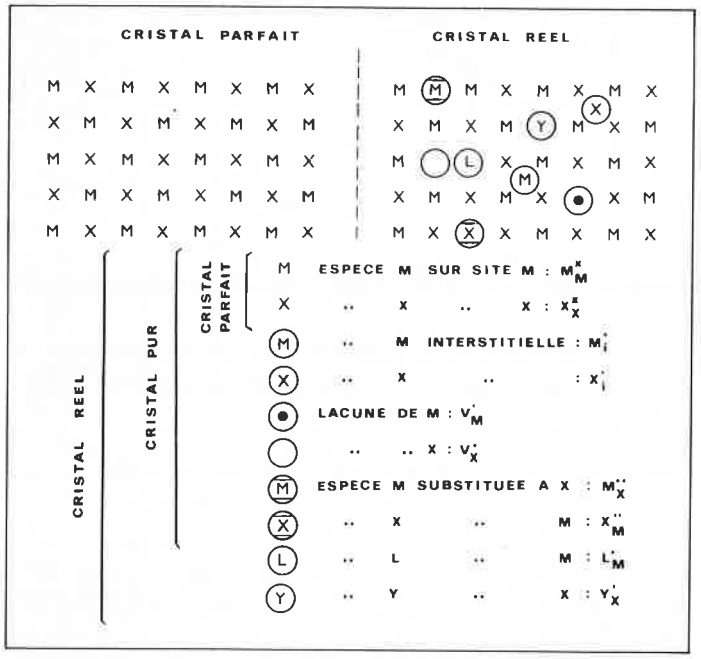


Figure 1. Cristal MX parfait et cristal MX réel contenant les impuretés LX_2 et MY_2.

Trois principes doivent être respectés pour décrire complètement un électrolyte solide :

- la sitoneutralité : c'est la conservation du rapport des nombres de sites de types différents. Ainsi, dans CaF_2 par exemple, on doit toujours avoir :

$$\frac{\text{Nombre de sites F}}{\text{Nombre de sites Ca}} = 2 \qquad \text{(VI)}$$

- l'électroneutralité correspond à un bilan de charges nul. Elle met en jeu les charges effectives des espèces présentes dans l'électrolyte.
- la conservation de la matière.

Par exemple, la réaction d'introduction de $CaCl_2$ dans NaCl s'écrit :

$$CaCl_2 \rightarrow Ca^\bullet_{Na} + 2\,Cl^*_{Cl} + V'_{Na}$$

Remarque : Les différents types de défauts de structure existant dans un cristal pur (cf figure 1) sont souvent associés pour donner lieu à ce que l'on appelle des *désordres*. Les plus courants sont :

a) le désordre de Frenkel, cationique : $M^\bullet_i + V'_M$
Exemples : $Ag^\bullet_i$ et V'_{Ag} dans AgBr
$Zn^{\bullet\bullet}_i$ et V''_{Zn} dans ZnO
b) le désordre de Frenkel anionique : X'_i et $V^\bullet_X$
Exemple : F'_i et $V^\bullet_F$ dans CaF_2
O''_i et $V^{\bullet\bullet}_O$ dans CeO_2
c) le désordre de Schottky : $V'_M + V^\bullet_X$
Exemple : V'_{Na} et $V^\bullet_{Cl}$ dans NaCl

Après ce bref exposé relatif à la définition et aux caractéristiques générales des électrolytes solides nous allons décrire les résultats obtenus :

- d'une part, sur les électrolytes de faible conductivité dont, bien que n'ayant pas donné lieu à des applications pratiques intéressantes, l'étude a permis de préciser les mécanismes de transport ;
- d'autre part, sur les électrolytes susceptibles de réalisations pratiques, notamment dans le domaine des générateurs électrochimiques, de l'analyse ohmique... Ils sont connus sous le terme de *conducteurs ioniques rapides*.

IV. Les électrolytes solides à conductivité faible

Les exemples types de ces matériaux sont fournis par le chlorure de sodium NaCl ou le fluorure de calcium CaF_2. L'étude de ces composés est généralement conduite sur des monocristaux « purs » ou légèrement dopés. Le taux de dopage est généralement faible (~ 1 mole %). La propriété électrique étudiée est la résistivité souvent couplée à la détermination du mode de conduction ou à l'autodiffusion Les paramètres d'étude sont principalement la température, la teneur en impuretés (ou dopant) et le potentiel chimique de l'un des constituants du composé dans la phase environnante.

IV.1. Variation de la conductivité avec la température

A titre d'exemple, la figure 2 représente la variation de la conductivité d'un composé du type CaF_2 en fonction de la température, en coordonnées d'Arrhénius. On se place dans le cas où CaF_2 contient l'impureté NaF à la concentration C_0. L'introduction de NaF dans CaF_2 conduit, en particulier, à l'apparition de lacunes d'ions fluorure selon la réaction :

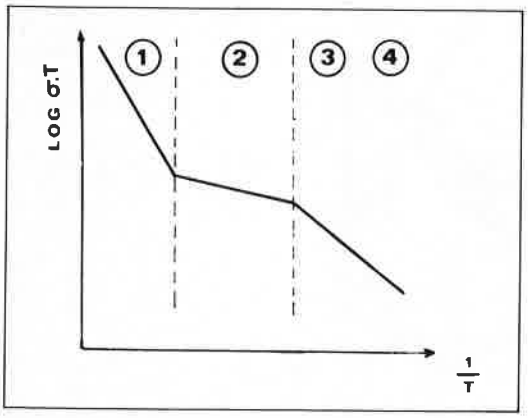


Figure 2. Variation de la conductivité de CaF_2 avec la température.

$$NaF \rightarrow Na'_{Ca} + F^x_F + V^\bullet_F$$

Quatre domaines, 1, 2, 3 et 4 peuvent être mis en évidence :

- **le domaine 2** est caractérisé par la plus faible énergie d'activation E_2. Il correspond au comportement *extrinsèque* du matériau. La concentration en porteurs (les lacunes d'ions fluorure $V^\bullet_F$ dans l'exemple choisi) est fixée par les impuretés ou le dopant. Elle est pratiquement indépendante de la température et sa valeur est très voisine de C_o. L'énergie d'activation E_2 correspondante représente l'énergie de migration des porteurs selon un mécanisme bien défini (lacunaire dans l'exemple choisi).
- **le domaine 1.** Il correspond aux températures élevées ; C'est le domaine où le comportement de l'électrolyte est dit *intrinsèque*. La concentration en défauts créés par agitation thermique devient largement supérieure à celle des défauts dus à l'existence d'impuretés ou du dopant. L'énergie d'activation déduite E_1 permet d'accéder à l'enthalpie de formation du désordre prédominant dans l'électrolyte pur. Dans le cas particulier du fluorure de calcium, ce désordre est caractérisé par la présence, d'une « paire » de Frenkel constituée par une lacune d'ion fluorure $V^\bullet_F$ et un ion fluorure interstitiel F'_i selon la réaction :

$$F^x_F \rightleftarrows V^\bullet_F + F'_i$$

- **les domaines 3 et 4.** Leurs étendues respectives sont variables et dépendent des matériaux étudiés. On y observe des phénomènes : d'association : ils sont essentiellement liés à des interactions électrostatiques faisant intervenir des défauts de structure possédant des

charges de signes opposés. Cela conduit à la formation de « *complexes* » mettant en jeu des porteurs ; il en résulte une diminution de la concentration de ces derniers et, par conséquent, une décroissance de la conductivité. Les complexes formés peuvent être neutres ou chargés. Dans l'exemple cité, on obtient la formation du complexe neutre $(V_F.Na_{Ca})^x$ selon la réaction :

$$V_F^{\bullet} + Na'_{Ca} \rightleftarrows (V_F.Na_{Ca})^x$$

On parle souvent à ce sujet de « piégeage » de porteurs. Les complexes ont tendance à s'organiser en dimères ou trimères, en fonction de la teneur en dopant et de la température.

de précipitation : on observe l'apparition de surstructures consécutives à l'arrangement des défauts de structure et particulièrement des cations du dopant. La précipitation du dopant tel qu'il a été introduit au départ est cependant rare.

Les énergies d'activation correspondant aux domaines 3 et 4 permettent d'accéder aux enthalpies des réactions d'association et de précipitation.

IV.2. Variation de la conductivité avec la concentration en dopant

L'introduction de dopant entraîne la modification de la concentration de défauts bien précis. Ainsi le dopage de CaF_2 par NaF ou par YF_3 entraîne l'augmentation de la concentration de $V_F^{\bullet}$ et F'_i respectivement. Dans le premier cas, le mécanisme de conduction est lacunaire, caractérisé par son énergie d'activation; dans le second, il est interstitiel avec une énergie d'activation différente. La figure 3 représente l'allure des courbes de conduction obtenues dans CaF_2 dopé par NaF à différentes concentrations C_i (avec $C_0 < C_1 < C_2$...).

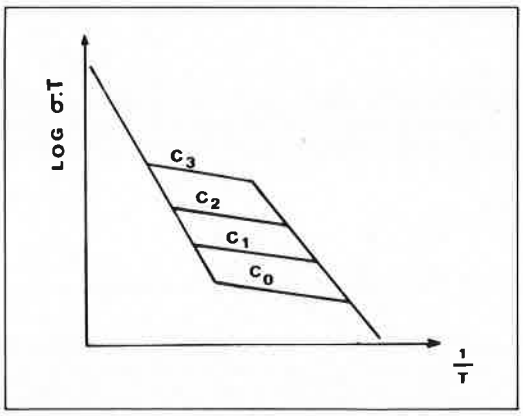


Figure 3. Variation de la conductivité avec la température pour différentes concentrations en dopant.

Le dopage s'accompagne :
- d'une augmentation de la conductivité électrique dans le domaine extrinsèque, l'énergie d'activation restant sensiblement constante ;
- d'un déplacement du domaine extrinsèque vers les températures élevées.

La figure 4 donne l'allure de la courbe de variation de la conductivité en fonction de la concentration en dopant dans le cas particulier des halogénures alcalins. La conductivité est une fonction linéaire de la concentration en dopant dans le domaine des faibles teneurs et enregistre un écart négatif pour les teneurs élevées. Cet écart est interprété par la formation de complexes d'une part et par l'existence d'interactions électrostatiques entre les défauts d'autre part. Assimilant les défauts ponctuels à des espèces « dissoutes » dans l'électrolyte, Lidiard a établi un modèle quantitatif qui s'inspire de la théorie de Debye et Huckel relative aux électrolytes aqueux. Ce modèle a permis de rendre compte des résultats expérimentaux d'une manière satisfaisante.

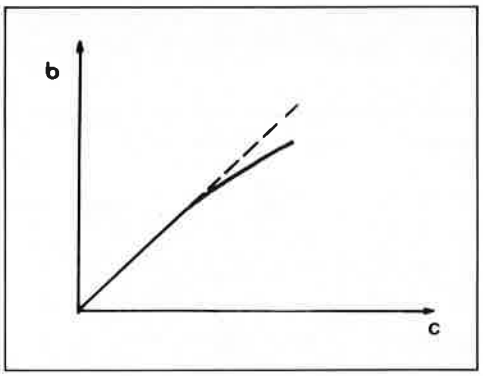


Figure 4. Variation de la conductivité avec la concentration.

IV.3. Variation de la conductivité électrique avec le potentiel chimique des constituants de base de l'électrolyte

Considérons un composé MX siège de l'équilibre suivant :

$$X_X^x \rightleftarrows V_x^{\bullet} + X'_i$$

correspondant à un désordre de Frenkel anionique. Ce composé est en équilibre avec la pression partielle P_{X_2} de X_2 dans la phase environnante.
Si P_{X_2} est grand, on a la réaction suivante :

$$\frac{1}{2}X_2 \rightarrow X'_i + h^{\bullet} \qquad h^{\bullet} : \text{trou d'électron}$$

Si P_{x_2} est faible, on a :

$$X_X^x \rightarrow \frac{1}{2}X_2 + V_X^{\bullet} + e' \qquad e' : \textit{électron}$$

On observe donc une variation de la concentration en défauts aussi bien ioniques (x'_i et $V_x^{\bullet}$) qu'électroniques ($h^{\bullet}$ et e'). Il en résulte une variation de la conductivité. Cette dernière s'écrit :

$$\sigma = \sigma_i + \sigma_h + \sigma_e \qquad (VII)$$

Ainsi, suivant le domaine de pression partielle de X_2 où l'on se place, l'une de ces conductivités partielles devient prépondérante. Le domaine électrolytique correspondra au domaine où la conductivité ionique est *majoritaire*. C'est dans ces conditions seulement que le composé peut être décrit comme électrolyte. La figure 5 représente la variation de la conductivité avec la pression partielle de X_2 et la

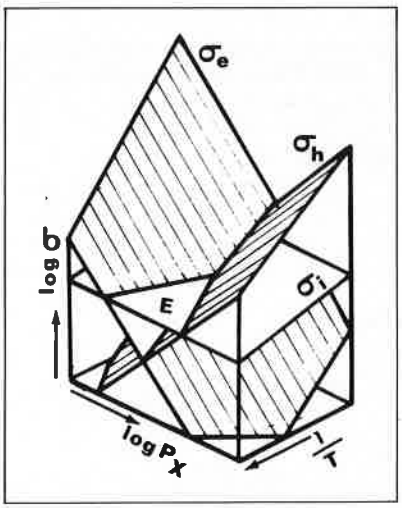


Figure 5. Variation de la conductivité en fonction de la température et de la pression partielle de X_2.

température dans un diagramme ternaire. Le domaine E correspond au domaine électrolytique donné dans une autre représentation dans la figure 6.

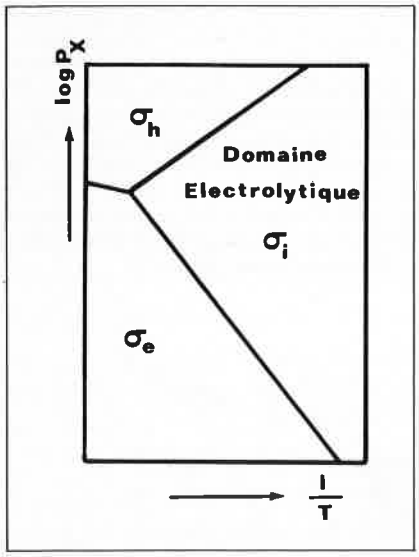


Figure 6. Limitation du domaine électrolytique dans le diagramme T, P_{X_2} a et b.

L'introduction de dopant, entraînant une augmentation très sensible des porteurs, élargit le domaine électrolytique. La figure 7 montre l'évolution des courbes de conductivité avec la pression partielle P_{x_2} pour différentes concentrations en dopant ($C_0 < C_1 < C_2$). Le domaine électrolytique correspond à la largeur du palier de conduction.

IV.4. Exemples d'électrolytes solides à faible conductivité

La littérature scientifique abonde de données de conductivité dans ce type de matériaux. Les études ont très souvent été conduites par des physiciens et mettent généralement en œuvre des échantillons

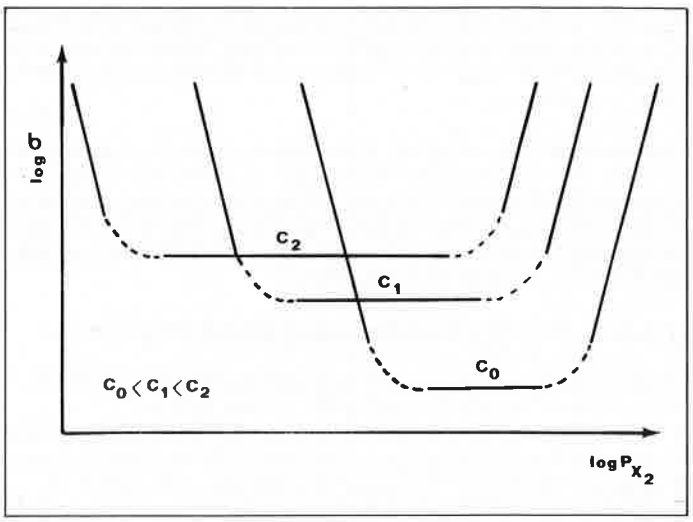


Figure 7. Évolution des courbes de conductivité avec la pression partielle P_{X_2}.

monocristallins peu dopés. Les matériaux sont des composés binaires de formule simple. A titre d'exemple, on citera :

- Les halogénures alcalins : NaCl, NaBr, KCl, KBr « purs » ou dopés. Le désordre prédominant dans ces électrolytes est celui de Schottky. Dans NaCl, par exemple, la conductivité est cationique, dans un large domaine de température, la conductivité anionique n'apparaissant qu'à haute température. Le dopage de ces électrolytes s'effectue généralement par l'addition d'halogénures de métaux alcalino-terreux ou de sulfates alcalins.
- Les halogénures d'argent : AgCl, AgBr et AgI où la conductivité est assurée par les ions Ag^+. Dans AgCl dopé par $CdCl_2$, on met en évidence l'existence d'une surstructure de formule globale $CdCl_2$, 6 AgCl, dans le domaine de précipitation.
- Les halogénures du cuivre : CuCl, CuBr, CuI.
- Les halogénures alcalino-terreux : CaF_2, BaF_2, SrF_2, $CaCl_2$, $BaCl_2$, $SrCl_2$. Le désordre prédominant est du type Frenkel anionique. La conduction étant assurée par les ions halogénures.
- Certains oxydes « purs » : ThO_2, CeO_2, MgO... sous certaines conditions de température et de pression partielle d'oxygène.

V. Les électrolytes solides à conduction élevée

Les électrolytes solides à conduction élevée sont des matériaux où la diffusion des ions est « anormalement » grande. On peut les classer selon :

- le domaine de température d'utilisation,
- la structure de la phase où s'opère le transport,
- la nature de l'ion responsable du transport du courant électrique.

Dans la présente revue on adoptera arbitrairement une classification selon la nature des porteurs en décrivant sommairement, et s'il y a lieu, les applications.

V.1. Les électrolytes solides conducteurs par ions oxyde O^{2-}

On peut classer les électrolytes solides conducteurs par ions oxyde en deux catégories, selon qu'ils cristallisent dans la structure fluoritique ou non.

a) Électrolytes de structure fluoritique

Ce sont des solutions solides obéissant aux formules globales suivantes :

$MO_2 - M'O$ et $MO_2 - M'O_{1,5}$
avec M = Zr, Ce, Th, Hf ; M' = Ca, Mg ; M'' = Y, Sc, lanthanides.

MO_2 constitue l'oxyde de base et M'O et M''O les oxydes dopants.

Ces derniers jouent dans certains cas (M = Zr et Hf) le rôle de « stabilisants » de la phase fluoritique. Leur introduction entraîne une augmentation de la concentration en lacunes d'ions oxydes V''_O. Le transport du courant est assuré par les ions O^{2-} par un mécanisme lacunaire. La conductivité de ces électrolytes passe par un maximum pour des taux de dopant égaux respectivement à 12 et 15 moles % de MO et $M''O_{1,5}$. Ce maximum de conduction est lié à un minimum d'énergie d'activation de la conduction. La conductivité de ces électrolytes ne devient « intéressante » que pour des températures relativement élevées (T > 600 °C). Les exemples types de cette famille d'électrolytes sont les zircones stabilisées à l'oxyde de calcium $(ZrO_2)_{0,88}(CaO)_{0,12}$ et à l'oxyde d'yttrium $(ZrO_2)_{0,85}(YO_{15})_{0,15}$ dont les conductivités respectives à 950 °C sont égales à $3,3.10^{-2}$ et $8,5.10^{-2}$

Tableau I. Limites des domaines électrolytiques d'électrolytes solides conducteurs par O^{2-}

Électrolyte solide	P_{O_2}, s (atm)	P_{O_2}, i (atm)
$(ZrO_2)_{0,85}$ $(CaO)_{0,15}$	> 1	10^{-24}
$[ThO_2)_{0,92}$ $(Y_2O_3]_{0,08}$	10^{-7}	10^{-40}
$(CeO_2)_{0,95}$ $(Y_2O_3]_{0,05}$	1	10^{-6}

P_{O_2}, s : pression d'oxygène supérieure
P_{O_2}, i : pression d'oxygène inférieure.

$\Omega^{-1}.cm^{-1}$. L'étendue du domaine électrolytique dépend de la nature de l'oxyde de base. A titre d'exemple, le tableau I donne les limites du domaine électrolytique à 800 °C pour trois électrolytes conducteurs par ions oxyde.

D'autres électrolytes solides de structure fluoritique à haute température ont été récemment découverts. Les premiers sont basés sur l'oxyde Bi_2O_3 dopé par SrO, Y_2O_3 et font apparaître une conductivité électronique pour des pressions partielles d'oxygène relativement élevées due probablement à la réduction de Bi^{3+}. Les seconds appartiennent au système Bi_2O_3-WO_3.

b) Autres électrolytes conducteurs, conducteurs par O^{2-}

Les premiers appartiennent aux solutions solides du type $M''O_{1,5}$-$M'O$ où M' = alcalino terreux et M'' = lanthanides.
Ils possèdent, en général, une conductivité plus faible que la zircone stabilisée à l'oxyde d'yttrium à l'exception de la solution solide $(La_2O_3)_{0,945}(SrO)_{0,055}$. L'énergie d'activation plus faible (E_a = 0,55 eV) dans cet électrolyte indique probablement un mécanisme de conduction différent de celui existant dans les zircones stabilisées ($E_a \simeq 0,65$ eV).

La dernière famille des électrolytes solides conducteurs par ions oxyde inclut des solutions solides d'oxydes cristallisant dans la structure pérovskite. Leurs conductivités sont comparables à celle de $(ZrO_2)_{0,85} \div (CaO)_{0,15}$. Les solutions solides $La_{0,7}Ca_{0,3}AlO_{2,85}$ et $Ti_{0,7}Ca_{0,3}AlO_{2,85}$ sont des exemples de cette famille d'électrolytes. La figure 8 permet de comparer les conductivités de différents électrolytes solides à base d'oxydes conducteurs par O^{2-}.

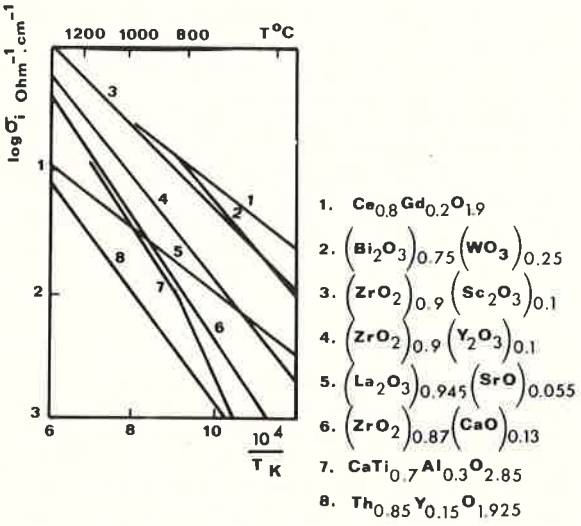


Figure 8. – Comparaison de la conductivité d'oxydes électrolytes solides.

Quelques tentatives d'interprétation théorique de la variation de la conductivité ionique dans ce type de solutions solides faisant intervenir notamment le concept de défauts ponctuels, ne furent guère couronnées de succès. En effet, les mêmes raisonnements ne sont certainement pas valables dans ces électrolytes où la concentration en défauts est considérable. Un mécanisme de transport coopératif, l'ion migrant le long de « chaînes » plus ou moins compliquées de lacunes, est plus probable.

Les électrolytes solides conducteurs par ions oxyde n'ont pas, à ce jour, donné lieu à des réalisations pratiques opérationnelles dans le domaine des générateurs électrochimiques, malgré un nombre considérable de travaux. L'inconvénient majeur réside dans leur température de fonctionnement (> 800 °C) ; d'une part celle-ci nécessite une consommation d'énergie et d'autre part est à l'origine des problèmes technologiques d'étanchéité, de recristallisation, de corrosion, de dilatation... Cependant, leur utilisation dans divers domaines de la science et de la technique est courante. Les principales applications concernent :

- l'analyse de l'oxygène libre ou allié dans des mélanges gazeux ou des métaux liquides. On utilise à cet effet des jauges électrochimiques mettant en œuvre généralement des solutions solides de zircone ou de thorine. Analysant les gaz d'échappement à la sortie de chaudières ou de moteurs à explosion, elles permettent d'améliorer leur fonctionnement et leur consommation en régulant les taux de combustible et de comburant à l'entrée. L'utilisation de ces jauges dans les bains métalliques fondus est courante depuis de nombreuses années ; elles permettent de contrôler la teneur en oxygène dans les bains pour des besoins de qualité (sidérurgie) ou de sécurité (circuit de refroidissement au sodium liquide dans les réacteurs nucléaires). La figure 9 représente le schéma d'une minijauge électrochimique à oxygène utilisant un oxyde électrolyte solide (photo 1).

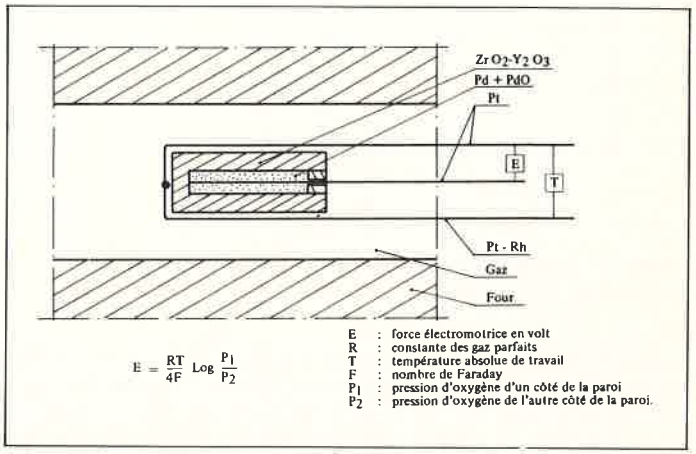


Figure 9. Schéma d'une minijauge à oxygène utilisant un oxyde électrolyte solide $(ZrO_2)_{0,91}(Y_2O_3)_{0,09}$.

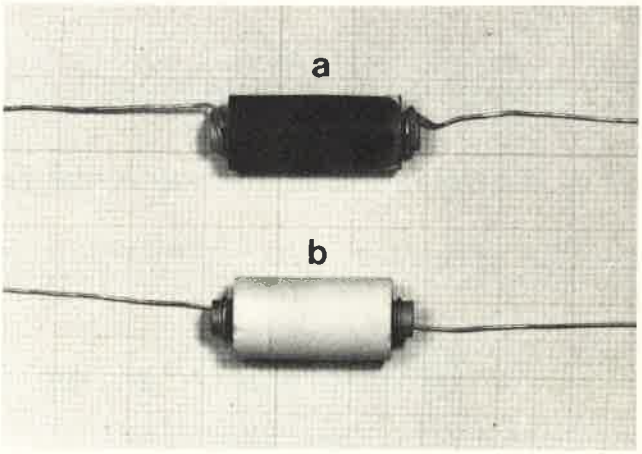


Photo 1. Piège à oxygène (d'après J. Fouletier)
a) État réduit
b) État oxydé

- l'obtention de teneurs précises d'oxygène dans un gaz neutre par « pompage électrochimique » de l'oxygène. L'électrolyte solide joue le rôle de membrane sélective perméable uniquement aux ions oxyde. C'est une application de la loi de Faraday aux oxydes électrolytes solides.
La mise en œuvre de jauges et de « pompes » électrochimiques a permis de réaliser et de contrôler des pressions partielles d'oxygène libre dans les gaz rares jusqu'à des valeurs de l'ordre de 10^{-8} atm.
- La réalisation de résistors céramiques permettant d'atteindre des températures élevées (de l'ordre de 2 000 °C) et susceptibles de fonctionner sous atmosphère d'oxygène.
- La confection « d'électrodes chaudes » pour les générateurs magnétohydrodynamiques (MHD). Ces électrodes, collectrices de

courant de densité élevée sont généralement constituées de zircones stabilisées dopées par des oxydes réfractaires susceptibles d'y introduire une conductivité électronique appréciable.
• la détermination de grandeurs thermodynamiques à haute température ainsi que l'écart à la stœchiométrie dans des oxydes ou des systèmes d'oxydes.
• le piégeage de l'oxygène ; on utilise alors des « guetteurs » constitués généralement par de la zircone stabilisée « noire » obtenue par réduction électrochimique. Le potentiel de réduction est maintenu à une valeur telle que l'électrolyte devienne un conducteur mixte, ionique et électronique (de type *n*). Mis en présence d'oxygène, cet électrolyte se réoxyde par consommation d'oxygène. Son efficacité est comparable à celle du titane pulvérulent (photo 2).

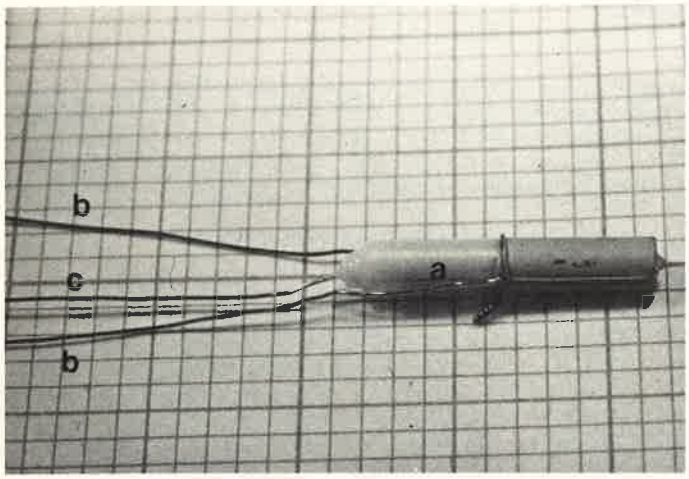


Photo 2. Minijauge à oxygène (d'après C. Vitter)
a) Électrolyte solide
b) Thermocouple Pt/Pt Rh 10 %
c) Pt

Les oxydes électrolytes solides connaissent actuellement un regain d'intérêt en tant que matériaux susceptibles d'utilisation dans la fabrication d'électrolyseurs de la vapeur d'eau à haute température. Le but de ces recherches est la production d'hydrogène. Les cellules projetées utiliseraient des électrolytes en couches minces ce qui diminue d'une façon appréciable la chute ohmique et, partant, la température de travail.

V.2. Les électrolytes solides conducteurs par ions fluorure F^-

La recherche de ce type de matériaux est liée à une éventuelle réalisation de générateurs électrochimiques mettant en jeu du fluor et donnant lieu à des enthalpies libres de réaction élevées. Deux types de structure font apparaître une grande mobilité des ions fluorure :
• la structure fluorine : on la rencontre dans les solutions à base de fluorures de métaux alcalino-terreux ou de plomb alliés à des fluorures de métaux monovalents (Na^+, K^+) ou trivalents (Y^{3+}, Bi^{3+}...). Les résultats de conduction sont corrélés à des considérations structurales mettant en jeu des « clusters » (nuages de défauts) de composition variable. Les conductivités les plus élevées dans ce type de matériau ont été trouvées dans $(PbF_2)_{0,98}(KF)_{0,02}$ et dans $(PbF_2)_{0,75}(BiF_3)_{0,25}$. Cependant aucune donnée relative au domaine électrolytique n'est fournie.
Les solutions solides du type $MF\text{-}M'F_3$ où M = Na, K et M^+ = Y, Lu..., peuvent être obtenues avec la structure fluorine par trempe. Les courbes de conductivité obtenues dans le système $NaF\text{-}YF_3$ font apparaître deux énergies d'activation différentes; la première, correspondant au domaine de basses températures, est de l'ordre de 0,64 eV; la seconde, obtenue pour des températures supérieures à 700°, est extrêmement faible. Il est à signaler que l'on n'observe pas de discontinuité dans la courbe de conduction. Ce phénomène a pu être interprété comme résultant de la « fusion » du sous-réseau anionique.
• La structure tysonite : c'est la structure dans laquelle cristallisent les fluorures des premiers éléments de la série lanthanidique (La, Ce,...) et nombre d'actinides. Cette structure se conserve après addition importante de fluorure alcalino-terreux. La conductivité de ces électrolytes est généralement supérieure à celle des matériaux à structure fluorine et présente une énergie d'activation plus faible. Ceci est probablement dû à l'existence de deux types d'ions fluorure dans la structure tysonite, de mobilité différente ; les ions possédant la plus grande mobilité étant disposés en couches. Les matériaux les plus prometteurs appartiennent aux systèmes $LaF_3\text{-}SrF_2$ et $CeF_3\text{-}CaF_2$, bien que le domaine électrolytique n'ait pas été encore déterminé.

V.3. Les électrolytes solides conducteurs par ions Ag^+

La plupart des électrolytes solides conducteurs par ions Ag^+ sont généralement obtenus à partir de l'iodure d'argent dont le comportement inhabituel a été mis en évidence au début du siècle par Tubandt et Lorenz. La conductivité de ce composé est supérieure au voisinage du point de fusion à celle observée à l'état fondu. L'iodure d'argent présente une transition de phase à 146° C :

$$\beta\ AgI \rightarrow \alpha\ AgI$$

Cette transition s'accompagne d'une brusque augmentation de la conductivité (trois ordres de grandeur environ). L'énergie d'activation de conduction dans la phase α est relativement faible ($E_a \simeq 0{,}3$ eV). Le transport du courant y est assuré exclusivement par les ions Ag^+ à l'intérieur d'un réseau rigide constitué par les ions iodures. Les mécanismes de conduction font généralement appel à une distribution semi aléatoire des cations ; on admet alors que chaque cation Ag^+ occupe une zone plutôt qu'un site particulier. Afin de conserver la forme α AgI au-dessous du point de transition et, par conséquent, ses remarquables propriétés de conduction ionique, de nombreux chercheurs se sont appliqués à doper l'iodure d'argent. Ce dopage a consisté à remplacer l'argent par d'autres cations. Les premiers travaux ont conduit à des composés de formule générale MAg_4I_5 avec M = Rb, K, NH_4. Les structures de ces composés sont isomorphes de celle de AgI. Des essais mettant en jeu Na et C ont conduit à des résultats négatifs. L'interprétation de ces résultats considère que la taille et la symétrie du cation dopant sont des facteurs essentiels. Ainsi Cs serait trop gros et Na trop petit pour donner lieu à des structures favorables au déplacement rapide de Ag^+. L'utilisation de ces composés et, en particulier de $Rb\ Ag_4I_5$, est limitée à 27 °C, température à laquelle on observe une lente décomposition selon la réaction :

$$2\ RbAg_4I_5 \rightarrow Rb_2AgI_3 + 7\ AgI$$

qui augmente considérablement la résistivité. De plus, ils sont sensibles à l'humidité. A partir de 1970, de nombreuses études ont été entreprises dans le but de mettre au point des électrolytes solides conducteurs par Ag^+ et susceptibles d'utilisation dans un plus large domaine de température. Les composés les plus intéressants sont des sels mixtes à base de AgI dopés par des iodures d'ammonium quaternaire ou de pyridium. A titre d'exemple, on peut citer

$$[(CH_3)_4-NH]Ag_{13}I_{15},\quad [C_6H_6NH]Ag_5I_6$$
$$\text{et } [R_3N\text{-}(CH_2)_n\text{-}NR_3]Ag_{12}I_{14}$$

dont les conductivités ioniques sont supérieures à $10^{-2}\ \Omega^{-1}\ cm^{-1}$ à la température ordinaire.
Une troisième série d'électrolytes a été obtenue par « substitution anionique ».
Dans ces composés l'ion iodure est remplacé par un autre anion. L'anion iodure I^- a été remplacé notamment par : S^{2-}, PO_4^{3-}, $P_2O_7^{4-}$, WO_4^{2-}, CrO_4^{2-}, AsO_4^{3-}, VO_4^{3-}, MnO_4^-, SO_4^{2-} et CN^-. Dans chaque cas, l'étude a permis de sélectionner un composé ou une solution solide caractérisés par une conductivité élevée, du même ordre de grandeur que celle mettant en jeu des sels d'ammonium quaternaire ou de pyridium. La tableau II permet de comparer les conductivités de certains électrolytes conducteurs par Ag^+ mesurées à la température ordinaire.

Tableau II. Conductivité de composés à base de AgI

Électrolyte	Conductivité ionique ($\Omega^{-1}.cm^{-1}$) à 25° C	Température de décomposition °C
AgI	10^{-4}	
AgI (146 °C)	1,31	
$RbAg_4I_5$	0,12	27
KAg_4I_5	0,05	
AgSI	0,01	
$Ag_7I_4PO_4$	0,019	79
$Ag_{19}I_{15}P_2O_7$	0,09	147
$Ag_6I_4WO_4$	0,047	296
$(CH_3)_4$-$NAg_{13}I_5$	0,04	
$(C_5H_5NH)Ag_5I_6$	0,08	
KAg_4I_4CN	0,14	

Il est à signaler que le maximum de conductivité dans les systèmes du type AgI-Ag_2XO_4 avec X = Cr, Mo, W apparaît pour une composition voisine de 80 moles % de AgI.

Les études de structure relatives à cette large famille d'électrolytes n'ont pas toujours été entreprises. Si l'on peut considérer que les électrolytes du type MAg_4I_5 ont une structure voisine de celle de α AgI, il en est tout autrement des autres composés. Il semble que le facteur structural commun à l'ensemble de ces composés basés sur AgI est l'existence de polyèdres d'ions I^- liés par des faces constituant autant de « voies » pour le déplacement de Ag^+. Selon les composés, les faces communes lient des tétraèdes (MAg_4I_5) des octaèdres et des tétraèdres alternativement (αAg_2HgI_4) ou séparément ($C_6H_5Ag_5I_6$). Chaque polyèdre peut contenir un ion Ag^+ qui peut migrer à travers les faces communes triangulaires. La figure 10 donne le schéma de cette migration dans le cas d'un arrangement tétraédrique.

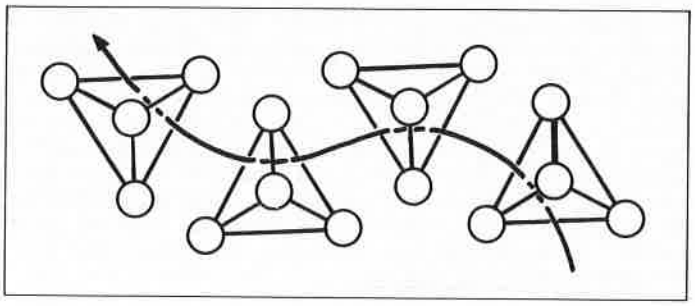


Figure 10. Schéma de migration de Ag^+. Les tétraèdres sont volontairement dessinés en vue « éclatée ».

Les électrolytes solides conducteurs par Ag^+ ont permis de mettre au point un certain nombre de piles « tout solide » dont les caractéristiques principales sont :

- une longue durée de vie
- la facilité de fabrication (minisystèmes)
- une faible densité d'énergie.

Elles permettent d'alimenter des stimulateurs cardiaques ou des montres électriques. Enfin, ces électrolytes sont utilisés pour la fabrication de temporisateurs (machines à laver au Japon) de mémoires électroniques et de régulateurs de température et de pression.

V.4. Les électrolytes solides conducteurs par ions Cu^+

Des considérations d'ordre économique ont incité de nombreux chercheurs à remplacer l'argent par le cuivre dans de nombreux électrolytes solides. Afin de stabiliser la forme conductrice, apparaissant à haute température dans les halogénures de cuivre, on opéra des additions de composés organiques halogénures plus ou moins complexes. Cela permit d'obtenir des électrolytes bons conducteurs à la température ordinaire, mettant en jeu aussi bien des iodures, des bromures que des chlorures cuivreux. A titre d'exemple, on peut citer :

17 CuCl-3 $C_6H_{12}N_2$, 2 HCl
7 CuBr-$C_6H_{12}N_2$, 2 HBr
17 CuI-3 $C_6H_{12}N_2$, 2 CH_3I

dont les conductivités sont comprises entre 10^{-3} et $10^{-1}\Omega^{-1}cm^{-1}$ à température ordinaire. Jusqu'à présent ces électrolytes n'ont pas donné lieu à des applications pratiques.

V.5. Les électrolytes solides conducteurs par ions alcalins

La recherche de ce type de matériaux est conduite dans le but de réaliser des piles ou accumulateurs de haute densité d'énergie. Bien que de nombreux électrolytes conducteurs par ions alcalins ont été découverts, on limitera notre choix aux électrolytes où le transport du courant électrique est assuré par Na^+ ou Li^+.

a) Les électrolytes conducteurs par ions Na^+

L'alumine β est le matériau type de cette famille. C'est un composé non-stœchiométrique de formule voisine de Na_2O, 11 Al_2O_3. Il cristallise dans le système hexagonal, les paramètres de mailles étant a = 5,59 Å et C = 22,53 Å. Les plans dits de conduction contenant les ions Na^+ et des ions O^{2-}, sont perpendiculaires à l'axe C et distants de 11,27 Å. Ils sont séparés par 4 couches compactes d'ions oxyde, également perpendiculaires à l'axe C dans lesquelles se répartissent les ions Al^{3+} dans des cavités tétraédriques ou octaédriques. Cet arrangement est identique à celui que l'on rencontre dans la structure « spinelle ».

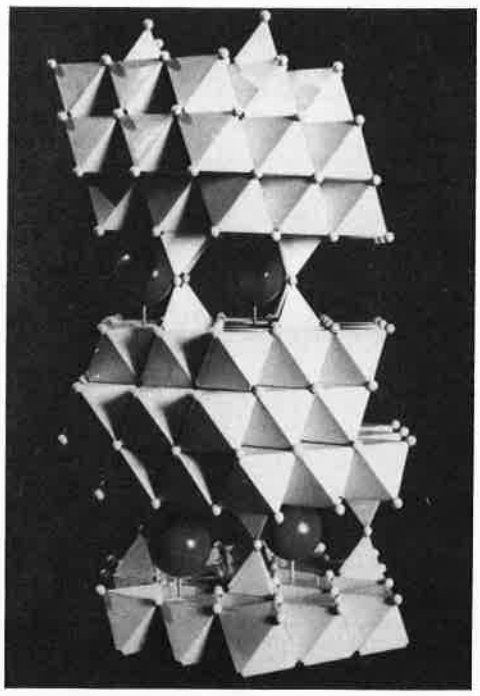
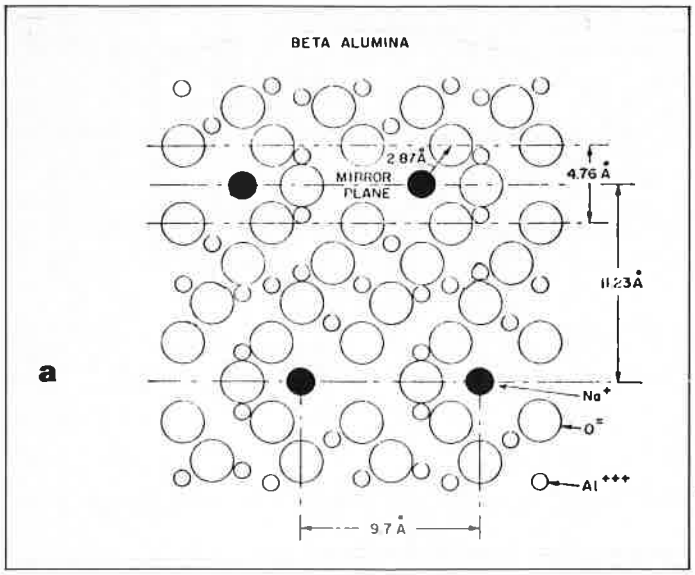


Photo 3. Structure de l'alumine β (d'après J. Allen)
On reconnaît les plans de conduction où se déplacent les ions Na^+

La figure 11*a* donne un schéma de la structure de l'alumine β suivant un plan parallèle à l'axe C. On y remarque que les plans contenant le sodium sont des plans miroir, dits plans de conduction.
La figure 11*b* représente un plan de conduction où les rayons des ions Na^+ et O^{2-} sont dans le même rapport que dans la réalité ; on remarque en particulier la faible densité d'occupation de ces plans.



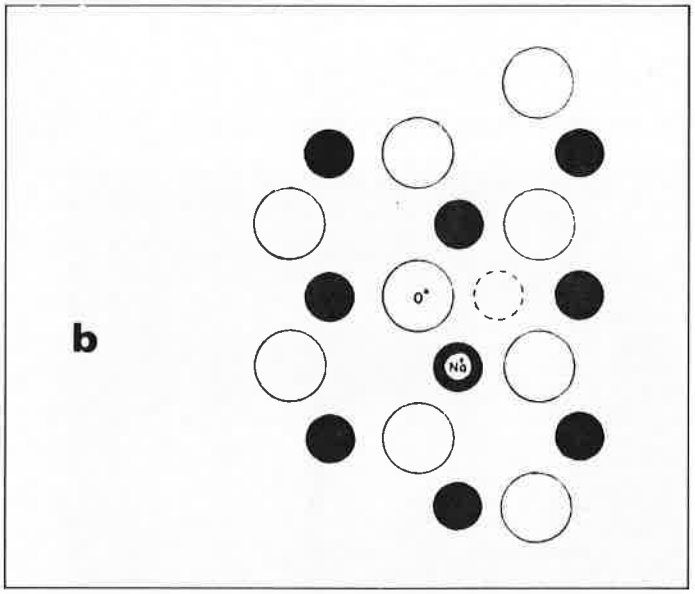


Figure 11. Structure cristalline de l'alumine
a) Section parallèle à l'axe C
b) Section perpendiculaire à l'axe C (plan de conduction).

Des études de diffusion et d'échange d'ions ont mis en évidence le caractère anisotrope du transport de matière dans l'alumine β comme le laisse d'ailleurs prévoir la structure. La mobilité des ions Na^+ dans les plans de « conduction », perpendiculaires à l'axe C, est considérablement plus élevée (plusieurs ordres de grandeur) que dans les plans parallèles. Des études de diffusion dans différentes alumines β M_2O, 11 Al_2O_3 avec $M^+ = Na^+, Li^+, K^+, Rb^+, Ag^+, Tl^+$ ont montré que la taille du cation monovalent M^+ est un facteur déterminant pour la mobilité. Il apparaît, au vu des résultats obtenus, qu'il existe une taille optimum de M^+ donnant lieu à une mobilité maximum, comme le montre la figure 12 qui donne la variation de l'énergie d'activation de diffusion, en fonction du rayon cationique. On observe un minimum correspondant à un rayon voisin de celui de Na^+.

Les études de conductivité électrique, entreprises sur différentes alumines ont montré notamment que :
- la conductivité est purement ionique et anisotrope,
- le transport est assuré exclusivement par les cations M^+,
- elle ne dépend pas de la pression partielle d'oxygène (0,2-10^{-24}atm),
- elle est maximale pour l'alumine β au sodium. Sa valeur varie entre $1{,}4.10^{-2}$ et $1\Omega^{-1}.cm^{-1}$ entre 25 et 300 °C, mesurée dans la direction parallèle aux plans de conduction, sur monocristal.

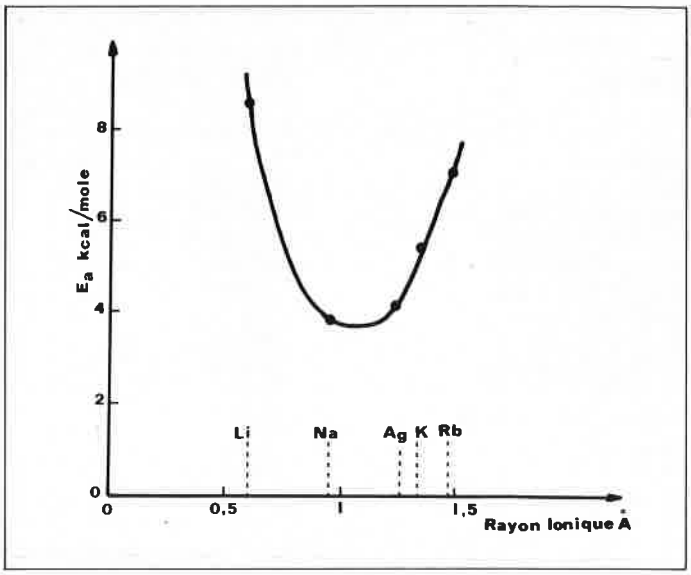


Figure 12. Variation de l'énergie d'activation avec le rayon anionique du porteur dans l'alumine.

D'autres composés ou solutions solides conducteurs par ion Na^+ ont été synthétisés. Leurs conductivités sont de l'ordre de $10^{-5}\Omega^{-1}.cm^{-1}$ à 25 °C. Le tableau III en donne quelques exemples avec leurs principales caractéristiques structurales.

Tableau III. Exemples d'électrolytes solides conducteurs par Na^+

Formule	Structure	Énergie d'activation (eV)
$NaSbO_3$ $(NaSbO_3)_{0,83}(NaF)_{0,17}$	Cubique centrée avec tunnels tridimensionnels	0,43
$NaTaWO_6$ $NaTa_2O_5F$	Pyrochlore avec tunnels tridimensionnels	0,21
$2\,Na_2O_3$-$3\,Nb_2O_5$	En couches probablement semblables à βAl_2O_3	0,17
$Na_3Zr_2Si_2PO_{12}$ (Nazirpsio)	Tunnels tridimensionnels	
$Na_xIn_xZr_{1-x}S_2$		~ 0,23

b) Les électrolytes solides conducteurs par Li^+

La recherche d'électrolytes solides conducteurs par ions Li^+ est très développée de nos jours pour la réalisation de générateurs électrochimiques de haute densité d'énergie.

Les premières études ont été entreprises sur la famille des sulfates (Li_2SO_4, $LiAgSO_4$, $LiNaSO_4$, $Li_{1,72}Mg_{0,14}SO_4$). Ces composés subissent une transformation cristallographique qui s'accompagne à la fois d'une variation de volume et d'énergie supérieure à celle que l'on observe à la fusion. La phase obtenue au-dessus de la température de transition possède une structure tunnel très conductrice ($1\Omega^{-1}cm^{-1}$) ; une partie des cations, peu mobiles, occupe des sites tétraédriques ; l'autre partie est répartie dans des canaux, ce qui permet une grande mobilité. Malheureusement, cette structure n'a pas pu être stabilisée à basse température, ce qui diminue l'intérêt de ces matériaux.

Tableau IV. Caractéristiques électriques de quelques électrolytes solides conducteurs par Li^+.

Composé	σ ($\Omega^{-1}.cm^{-1}$)	T (°C)	E_a (eV)	Durée du vieillissement (*h*)
Li_2SO_4				
Li I	$5{,}5.10^{-7}$	30	0,43	
0,98 LiI-0,02 CaI_2	$1{,}6.10^{-5}$	30	0,43	Immédiatement
0,98 LiI-0,02 CaI_2	$1{,}8.10^{-6}$	30	0,54	< 500
0,96 LiI-0,04 CaF_2	$4{,}2.10^{-6}$	30	0,54	> 500
0,96 LiI-0,04 CaO	$5{,}4.10^{-6}$	30	0,35	48
0,6 LiI-0,4 Al_2O_3	10^{-5}	25	0,43	
Li_2O-11 Al_2O_3	$2{,}8.10^{-3}$	25		
$Li(Al, B)_2O_3nSiO_2$	4.10^{-2}	600	0,7	
Li_5AlO_4	0,17	450		
Li_4SiO_4 + 0,43 Li_3PO_4	0,92	450		
Li_3N dopé	0,17	450		
$Li_4B_7O_{12}Cl$	10^{-4}	120	0,49	

Les études suivantes ont porté sur l'iodure de lithium LiI pur ou dopé avec CaF_2, CaI_2 ou CaO. Le dopage entraîne une augmentation de la conductivité plus sensible dans le cas de CaF_2. Les auteurs ont observé un phénomène de vieillissement qui s'accompagne d'une diminution de la conductivité et d'une augmentation de l'énergie d'activation. L'addition de 33 à 45 moles % de Al_2O_3 à LiI entraîne une augmentation de la conductivité de plusieurs ordres de grandeur. Cependant, l'énergie d'activation demeure égale à celle obtenue avec LiI monocristallin. Plus récemment, des résultats relatifs à de nouveaux électrolytes conducteurs par Li^+ ont été obtenus. Ils concernent notamment :

- l'alumine β au lithium de formule Li_2O-11 Al_2O_3 ayant des caractéristiques cristallographiques semblables à celle de l'alumine β au sodium,
- les alumino-silicates de lithium, de formule générale Li_2O-Al_2O_3-$nSiO_2$, à l'état vitreux ou vitro-céramique,
- les solutions solides dans le système Li_4SiO_4-Li_3PO_4,
- les composés Li_5AlO_4 et Li_5GaO_4 qui cristallisent dans la structure antifluorine et subissent une transition au voisinage de 380 °C donnant lieu à une phase très conductrice,
- Li_3N qui possède une structure tunnel bidimensionnelle,
- les boracites du type Li_4 $B_7O_{12}X$ (X = Cl, Br).

Le tableau IV permet de comparer les caractéristiques électriques de certains électrolytes solides conducteurs par Li^+.

c) Les électrolytes solides conducteurs par les ions K^+

Les travaux les plus anciens ont porté sur les « hollandites » qui sont des composés à structure tunnel tridimensionnelle. A titre d'exemple, on peut citer

$K_xMg_{2/2}Ti_{(8-x/2)}O_{16}$ et $K_xAl_xTi_{(8-x)}O_{16}$ avec $1{,}6 < x \leqslant 2$

où 80 à 100 % des ions K^+ se trouvent dans des canaux. Les conductivités de la première série sont de l'ordre de $10^{-4}\Omega^{-1}.cm^{-1}$ à 27 °C.

Il faut également citer : le composé 2 K_2O-3 Nb_2O_5 qui possède une structure lamellaire, les ions K^+ étant répartis sur des couches probablement comme dans l'alumine.

Le composé K_2O-5,2 F_2O_3-0,8 ZnO dont la conductivité est égale à $1{,}8.10^{-2}\Omega^{-1}.cm^{-1}$ à 300 °C. Malgré le grand nombre d'électrolytes solides conducteurs par ions alcalins, peu ont donné lieu à des réalisations pratiques ; ce sont essentiellement l'alumine au sodium et l'iodure de lithium dopé. L'alumine rentre dans la fabrication de piles du type :

Na/Na, $\beta Al_2O_3/Br_2$ $\quad E_{i=0} = 3{,}6$ V

et d'accumulateurs dont le plus connu est constitué par la cellule élémentaire suivante :

Na/Na, βAl_2O_3/S

L'accumulateur fonctionne à des températures comprises entre 300 et 350 °C, où sodium et soufre sont liquides. La réaction mise en jeu s'écrit :

$2\,Na + xS \rightarrow Na_2S_x$ avec $2 \leqslant x \leqslant 5$

On arrive à une densité d'énergie opérationnelle de 250-350 Wh/kg.

Photo. 4. Camionnette tractée au moyen de batteries Na/S utilisant l'alumine comme électrolyte (d'après R.M. Dell and L.S. Evans).

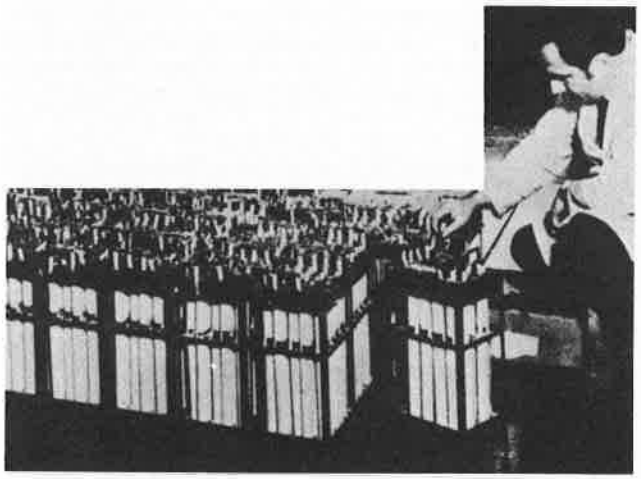


Photo 5. Modules de batterie Na/S utilisées pour la traction de la camionnette (d'après R.M. Dell and L.S. Evans).

A titre expérimental on a pu tracter un véhicule équipé par ce type d'accumulateurs sur 125 km à une vitesse de 55 km/h. Cependant des problèmes de technologie et de sécurité retardent la mise au point de ces accumulateurs (photos 4 et 5).
L'iodure de lithium dopé a permis de mettre au point la pile suivante :

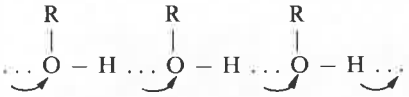
Li/LiI dopé/PbI_2

susceptible d'utilisation notamment pour des besoins médicaux.

V.6. Les électrolytes solides conducteurs par H^+

A cause de son très faible rayon cationique et de son exceptionnelle densité de charge, le proton H^+ possède des propriétés de conduction particulières. On admet généralement qu'il ne migre pas seul mais associé à d'autres espèces, sous forme H_3O^+ ou OH^- par exemple. Les matériaux conducteurs protoniques peuvent être classés en deux catégories différant par leur mécanisme (possible) de conduction :
a) Les conducteurs selon un mécanisme interstitiel dans lesquels il n'existe pas de liaison hydrogène. On peut citer l'exemple ThO_2 et KHF_2.

b) Les conducteurs selon un mécanisme coopératif qui fait appel à l'existence de chaînes, par exemple du type :



Ce mécanisme exige la réorientation des chaînes, favorisée à haute température. KH_2PO_4 et $NH_4H_2PO_4$ appartiennent à cette famille.

Malgré le nombre considérable de travaux effectués sur les conducteurs protoniques (particulièrement sur la glace), les mécanismes de conduction ne sont pas encore élucidés. Récemment quelques électrolytes bons conducteurs protoniques ont été découverts. Ce sont principalement :
- $H_3(PW_{12}O_{40})29\ H_2O$, connu sous la dénomination (PWA) et dont la conductivité est égale à $4.10^{-2}\ \Omega^{-1}.cm^{-1}$ à température ordinaire.
- $H_3(PMo_{12}O_{40})\ 30\ H_2O$, ou (PMA) qui a été testé comme électrolyte de pile à combustible utilisant l'hydrogène et l'oxygène.
- $C_6H_{12}N_2(H_2SO_4)_{1,5}$ qui possède une conductivité égale à $2{,}5.10^{-5}\Omega^{-1}.cm^{-1}$ à 100 °C et est stable jusqu'à 200 °C.
- un polymère à base d'acide sulfonique perfluoré dont la conductivité est égale à $7.10^{-2}\Omega^{-1}.cm^{-1}$ entre 25 et 100 °C.

VI. Les conducteurs ioniques en phase vitreuse

On se limitera volontairement aux verres à base de S, P et B et particulièrement aux systèmes :

SiX_2-M_2X avec $X = O, S$
P_2X_5-M_2X avec $M = Li, Na, K, Ag$
B_2X_3-M_2X

Les composés SiX_2, P_2X_5, B_2X_3 sont dits « formateurs » et sont caractérisés principalement par des liaisons covalentes ; les composés M_2X sont dits « modificateurs » et sont caractérisés par des liaisons à caractère ionique.

Les principales caractéristiques électriques de ces composés peuvent se résumer ainsi :
- la conductivité est purement ionique,
- le transport du courant est assuré par les espèces M^+,
- la conductivité varie avec la température selon la loi classique :

$$\sigma = \sigma_0 \exp - \frac{E_a}{RT}$$

- sa variation avec la teneur en composé modificateur est très grande. Par exemple, lorsque la concentration en oxyde alcalin passe de 10 à 30 moles % dans les borates vitreux la conductivité augmente de six ordres de grandeur à 250 °C. Dans le cas particulier des systèmes SiO_2-M_2O, on trouve une relation simple entre la conductivité et l'activité de l'oxyde modificateur de la forme :

$$\log \frac{\sigma_1}{\sigma_2} = \log \left(\frac{a_1}{a_2}\right)^{1/2}$$

σ_1 et a_1 sont respectivement la conductivité et l'activité de M_2O pour une concentration C_1 en M_2O dans SiO_2. Il en est de même pour σ_2 et a_2. Le modèle thermodynamique proposé pour rendre compte de cette relation fait intervenir l'existence d'un équilibre de dissociation :

$$M_2O \rightleftarrows MO^- + M^+$$

comparable à celui des acides faibles en solution aqueuse.
- l'énergie d'activation décroît lorsque la concentration en composé modificateur augmente,
- le remplacement de M^+ par un cation divalent alcalino-terreux entraîne une diminution de la conductivité.

De récents travaux ont montré que la cristallisation contrôlée de composés vitreux à base d'oxydes s'accompagne d'une part, d'une diminution de la conductivité et d'autre part, d'une augmentation de l'énergie d'activation.

VII. Conclusion et bibliographie de base

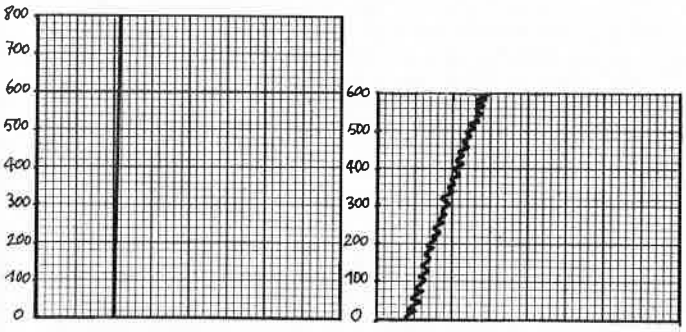
La conclusion que l'on peut tirer à la lecture de cette revue est la multiplicité des facteurs qui interviennent dans l'obtention d'un « bon » électrolyte solide. La plupart du temps, ils ne concourrent pas ensemble pour permettre de systématiser les principales conditions pour fabriquer le « meilleur » électrolyte, c'est-à-dire :

- une conductivité élevée : les travaux ont montré que, d'une manière générale, plus la charge du porteur est faible, meilleure est la conductivité. Cela se vérifie lorsque l'on compare les conductivités des solutions solides de fluorures et d'oxydes de structure fluoritique, par exemple.
La structure de la phase peut assigner à la taille de l'ion un rôle déterminant. Ceci s'observe en particulier dans les alumines β où le sodium possède le rayon cationique optimal pour une mobilité élevée.
Pour un composé donné, susceptible de cristalliser dans plusieurs structures en fonction de la température, une seule est favorable au déplacement rapide des ions ; on cherchera à la stabiliser par addition de dopant. C'est le cas de l'iodure d'argent ou des solutions solides à base de ZrO_2 ou Bi_2O_3.
D'autres facteurs, comme la polarisabilité des ions et leur nombre de coordination peuvent jouer un rôle important. C'est ainsi qu'on rend compte de la différence de conductivité entre Ag^+ (ou Cu^+) et les cations alcalins.

- un domaine électrolytique le plus large possible. Les études permettant de déterminer les principales conditions pour atteindre ce but sont peu nombreuses comparées à celles ayant porté sur la conductivité. On peut avancer que l'utilisation de cations susceptibles de changer de degré d'oxydation est à éviter. Cela réduit pratiquement les recherches à l'étude des composés mettant en jeu d'une part des ions alcalins, d'autre part des oxydes ou des fluorures de métaux très réducteurs (Ca, Zr, Th, La, Si...).

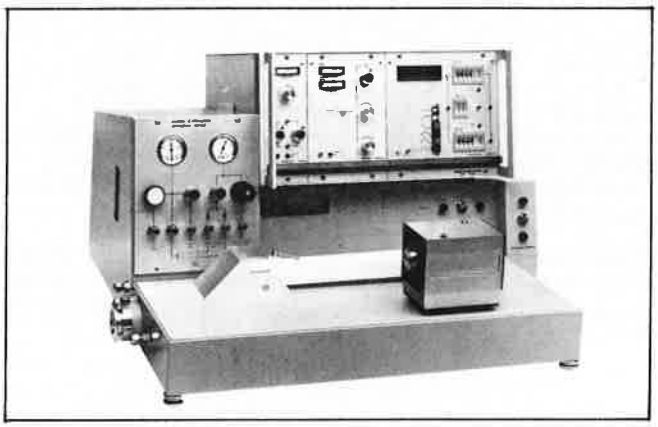
- une stabilité chimique dans un large domaine de température.

Avec votre DSC, quelle ligne de base obtenez-vous?



Félicitations! **Téléphonez-nous (78)24.17.41**

Calorimètre Différentiel Programmé



Température : 150 à 1100 K (−123 à 827° C)
Volume utile : 0 à 380 mm³
Sensibilité : 0,05 µ W/mm³
Très vastes champs d'applications
et caractéristiques d'exception
(balayage de gaz et expérimentation sous pression)

SETARAM

101-103, rue de Sèze 69451 LYON CEDEX 3
Tél. (78) 24.17.41 – Télex : 340924

STRATEGE

L'ensemble de ces caractéristiques rend le domaine d'étude des électrolytes solides « largement ouvert », aussi bien dans la synthèse de nouveaux électrolytes que dans l'interprétation des phénomènes de transport qui y ont lieu.

Bibliographie de base

- The chemistry of Imperfect Crystals, F.A. Kröger, North Holland Publ. Co, Amsterdam (1974).
- Fast ion transport in solids, Solid State Batteries and Devices, W. Van Gool, Éd. North Holland Publ. Co, Amsterdam, London (1973).
- Physics of Electrolytes, Tomes I et II, J. Hladik, Ed, Academic Press, New York (1972).
- Electrical Conductivity in Ceramics and Glass, N.M. Tallan Ed. Marcel Dekker, Inc. New York (1974).
- Electrode Processes in Solid State Ionics, M. Kleitz and J. Dupuy, Ed. D. Reidel Publishing Company, Dordrecht Holland/Boston U.S.A. (1976).
- Superionic Conductors, G.D. Mahan and W.L. Roth, Ed. Plenum Press, New York and London (1976).
- Principles of Defect Chemistry of Crystalline Solids, W. Van Gool, Academic Press N-Y (1968).
- Solid Electrolytes, W. Van Gool, P. Hagenmuller, Academic Press, (1977).

Derniers développements en C.V.D. : dépôts chimiques à partir de la phase vapeur

par L. Vandenbulcke et G. Vuillard

(Centre de recherches sur la chimie de la combustion et des hautes températures du C.N.R.S. et U.E.R. Sciences d'Orléans, 45045 Orléans Cedex.)

L. Vandenbulcke

G. Vuillard

Le champ d'application des techniques C.V.D. est de plus en plus vaste. Son extension nécessite une meilleure connaissance des relations entre le procédé de dépôt, les mécanismes physicochimiques, la composition, la structure et les propriétés du produit final. L'optimisation du rendement et l'abaissement du prix de revient sont actuellement l'objet de recherches poussées, respectant la pureté et les qualités minimales exigées par la technologie utilisatrice. Les progrès sont attendus, soit d'études fondamentales thermodynamiques, hydrodynamiques et cinétiques, soit de l'utilisation de procédés de dépôt nouveaux.

Introduction

Dans le numéro précédent de *L'actualité chimique*, S. Audisio (1) a exposé les principes fondamentaux des dépôts chimiques à partir de la phase vapeur (C.V.D. = Chemical Vapor Deposition). Rappelons qu'il s'agit de dépôts obtenus par des réactions chimiques qui ont lieu sur, à, ou près de la surface de dépôt. En ce sens, ils se distinguent des procédés physiques de dépôt (P.V.D.), quoique certaines techniques physiques utilisent depuis quelques années l'adjonction d'une phase gazeuse réactive à la source vaporisée. Ces techniques P.V.D. ne seront pas abordées ici.

Les recherches fondamentales sur la C.V.D. ont connu un grand développement à la suite des travaux des chercheurs de l'Institut Battelle (2, 3). Une série de conférences internationales lui ont été consacrées (4-9) et elle tient également une place importante dans d'autres congrès plus spécialisés. En France, une Recherche coopérative sur programme du C.N.R.S. (R.C.P. n° 382 : dépôts chimiques à partir de la phase gazeuse) permet une bonne connaissance des travaux effectués dans les différents laboratoires. Elle a permis également d'instaurer des collaborations fructueuses, en particulier entre thermodynamiciens et expérimentateurs.

Pendant longtemps, les connaissances acquises en C.V.D. relevaient surtout de l'expérience de laboratoire et de la technologie industriel-

le. Actuellement, les études fondamentales ont le plus souvent pour but la prévision des conditions permettant d'obtenir des dépôts de structure et de composition déterminées avec une vitesse de dépôt et un rendement les plus élevés possibles. Il est souvent très difficile de maîtriser tous les paramètres qui entrent en jeu car les procédés de dépôt chimique à partir de la phase vapeur font intervenir un grand nombre d'étapes, aussi bien physiques que chimiques, dont l'étude fait appel à des disciplines scientifiques assez éloignées les unes des autres. Les progrès dans la connaissance des phénomènes physico-chimiques seront examinés dans la première partie, à l'aide de quelques exemples. Ensuite nous étudierons les possibilités offertes par des procédés de dépôt actuellement en cours de développement.

1. Études fondamentales

Les progrès récents tendent à souligner l'importance des facteurs thermodynamiques, hydrodynamiques et cinétiques dans le processus de dépôt chimique à partir de la phase vapeur. Ces facteurs n'interviennent généralement pas de façon indépendante et l'étude de l'influence de l'un d'entre eux ne suffit pas pour décrire les phénomènes dans toute leur complexité. Cependant la description thermodynamique apparaît actuellement comme la première étape de l'analyse fondamentale d'un système de dépôt même si le caractère décisif des prévisions thermodynamiques peut être limité :

- par la nécessité d'introduire dans le calcul des données thermodynamiques sûres ; pour de nombreux constituants les données exactes ne sont pas disponibles. D'autre part, les espèces solides envisagées actuellement sont seulement les corps simples et les composés stœchiométriques.
- du fait des conditions expérimentales employées en réacteur ouvert (avec introduction dynamique des réactifs et évacuation des produits). L'approche des conditions d'équilibre chimique peut alors être difficile.
- par la nécessité d'opérer dans des conditions éloignées de l'équilibre pour obtenir certaines structures du solide.

A. Études thermodynamiques

L'étude de l'équilibre thermodynamique d'un système C.V.D. nécessite la prise en compte de l'ensemble des espèces chimiques gazeuses et des phases condensées. Elle devient rapidement complexe par suite du nombre important de réactions prenant naissance simultanément. Deux méthodes principales sont utilisées (Voir réf. 10) :

- la première implique la résolution du système non linéaire formé par les lois d'action de masse et les bilans de matière. Elle devient rapidement inextricable quand augmente le nombre des réactions.
- une deuxième méthode, dont l'emploi se généralise, est basée sur la recherche du minimum de la fonction enthalpie libre compte tenu des bilans de matière.

Les premières études ont permis de calculer la composition de la phase gazeuse en équilibre avec un corps simple. Un des exemples les mieux connus est le système Si – H – Cl (11-16). Les résultats sont fonction du rapport H/Cl mais sont, bien entendu, indépendants des espèces moléculaires sous lesquelles sont introduits les constituants Si, H, Cl, $SiCl_4$, $SiHCl_3$ ou SiH_2Cl_2. La figure 1 représente (d'après J.P. Duchemin (16)) les variations des fractions molaires des espèces les plus abondantes à l'équilibre en fonction de la température. Le calcul a été effectué pour un rapport H/Cl = 0,0066 à partir des données thermodynamiques les plus récentes.

Ces études ont mis en évidence des espèces intermédiaires, telles que $SiCl_2$, en concentration relativement importante. Ces molécules souvent instables dans les conditions normales, peuvent jouer un rôle prépondérant, même dans des conditions hors équilibre. Ainsi, dans le système B – H – Cl, la molécule $BHCl_2$ figure en quantité notable à l'équilibre (17) et son rôle ne peut être négligé dans la C.V.D. hors équilibre qu'est la réaction de BCl_3 sur H_2 mise en œuvre pour la fabrication industrielle du monofilament de bore (18). Le modèle cinétique de H.E. Carlton et coll. (17) est d'ailleurs basé sur l'existence du dichloroborane comme sous-produit résiduel.

Plus récemment, l'étude de systèmes où plusieurs espèces chimiques peuvent se déposer a été abordée. Les conditions d'équilibre thermodynamique permettent de fixer, pour une température donnée, les limites des domaines où se déposent les différentes espèces solides en fonction du mélange gazeux initial. La figure 2 montre, en fonction des pressions partielles initiales P_{TiCl_4} et P_{CH_4}, les domaines de dépôts des différentes phases solides ⟨Ti⟩, ⟨TiC⟩ et ⟨C⟩ calculés à

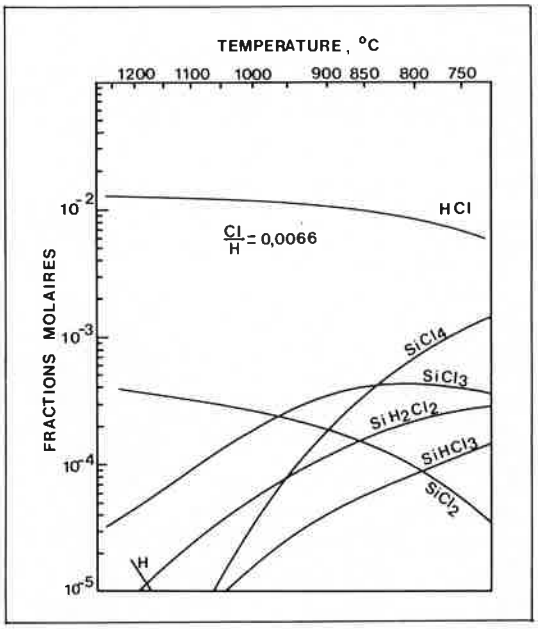


Figure 1. Variations des fractions molaires des différentes espèces chlorées du système Si – H – Cl, en fonction de la température ; la phase gazeuse est en équilibre avec un excès de Si (d'après J.P. Duchemin, réf. 16).

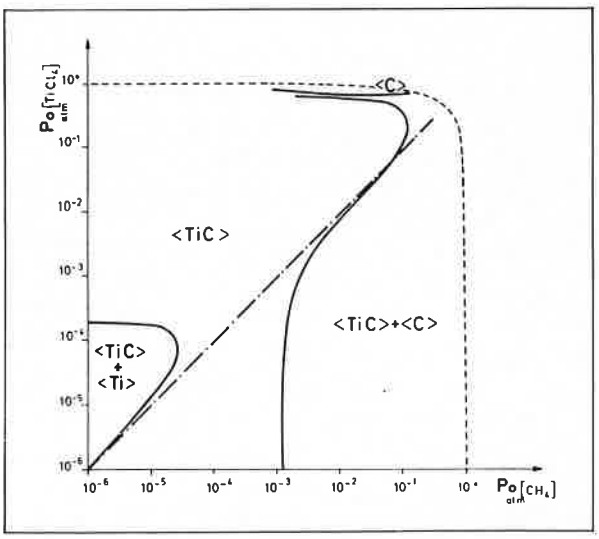


Figure 2. Domaines de dépôts de ⟨Ti⟩, ⟨TiC⟩ et ⟨C⟩ en fonction des concentrations initiales pour T = 1 800 K et P = 1 atm. (d'après M. Ducarroir et coll., réf. 19).

1 800 K par M. Ducarroir et coll. (19) ; le complément à 1 atm. donne P_{H_2}. L'évolution de la composition de la phase gazeuse ainsi que les rendements en solides déposés mettent en évidence les réactions chimiques importantes. Par exemple, dans le domaine biphasé ⟨TiC⟩ – ⟨Ti⟩, le titane élémentaire est libéré principalement par réduction de $TiCl_2$ par H_2.

D'autres systèmes ont également été étudiés tels que Si – C – H – Cl (20), B – C – H – Cl (21), Si – N – H – Cl (22), Nb – Ge – H – Cl (23).

Les objectifs principaux des études thermodynamiques sont l'optimisation des conditions de dépôt, à la fois du point de vue rendement à l'équilibre (19-24) et composition du solide obtenu (19-23), mais aussi la recherche des réactions chimiques importantes. Certains exemples d'interaction entre la phase gazeuse et le substrat dans la période initiale du dépôt ont également pu être traités. J. Thébault et coll. (25) ont étudié la corrosion de différents substrats métalliques par le mélange $BCl_3 - H_2$. La figure 3, relative au système Ti – B – H – Cl à l'équilibre, montre les pourcentages de BCl_3 transformés en HCl ainsi que les divers taux de BCl_3 transformé en chlorures de titane, en fonction de la composition initiale BCl_3/H_2 (T = 1 300 K, P = 1 atm.). Sauf aux concentrations initiales très riches en hydrogène, le trichlorure de bore est réduit principalement par Ti. La vapodéposition du bore effectuée dans ces conditions entraîne une corrosion importante du titane et les couches obtenues sont peu adhérentes et présentent des fissures profondes. En diminuant considérablement la concentration en BCl_3 dans les premiers instants du dépôt, il est possible de former d'abord TiB puis TiB_2 qui est lui-même pratiquement inerte vis-à-vis de la phase gazeuse même riche en BCl_3. Les mêmes auteurs (25) ont ainsi obtenu une classification, illustrée par la figure 4, de la réactivité des différents substrats envisagés.

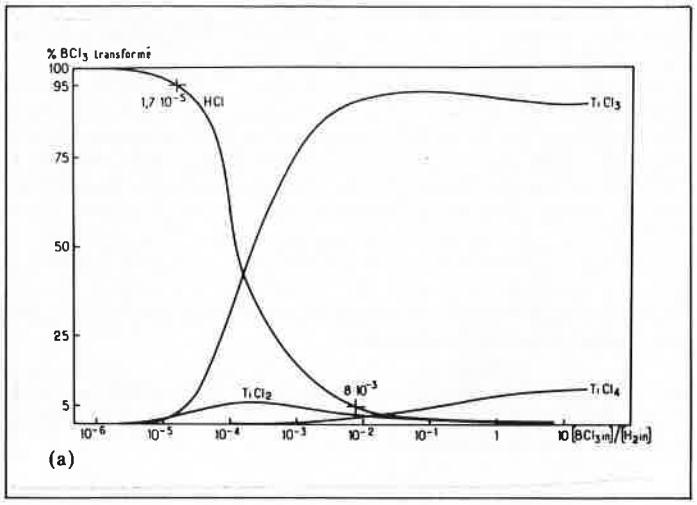


Figure 3. Pourcentage de BCl_3 transformé en HCl et $TiCl_x$ en fonction de la composition initiale en réactifs, pour T = 1 300 K et P = 1 atm. La phase gazeuse est supposée en équilibre avec un excès de Ti (d'après J. Thébault et coll., réf. 25).

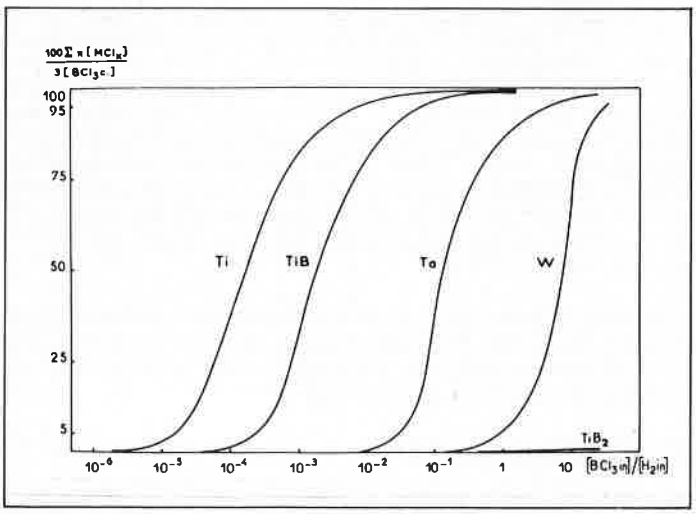


Figure 4. Taux de BCl_3 consommé, tranformé à l'équilibre en chlorures métalliques, en fonction de la composition initiale de la phase gazeuse et pour divers types de substrats ; T = 1 300 K, P = 1 atm. (d'après J. Thébault et coll., réf. 25).

L'étude thermodynamique permet d'obtenir des renseignements extrêmement importants sur les systèmes C.V.D., mais le calcul est effectué pour les conditions d'équilibre isotherme et statique. Dans le cas des boîtes semi-étanches de pack-cémentation ou dans le transport chimique en enceinte fermée, le transfert de masse en phase gazeuse s'effectue, par diffusion ou par convection naturelle, entre des surfaces où l'équilibre hétérogène est pratiquement maintenu. Mais dans le cas, beaucoup plus général en C.V.D., des réacteurs ouverts où l'écoulement gazeux et souvent les gradients de température sont relativement importants, le transport en phase gazeuse modifie l'équilibre à l'interface gaz-solide, et même, l'équilibre peut ne pas être atteint au cours du dépôt à cause de facteurs cinétiques.

B. Études tenant compte du transfert de masse en phase gazeuse

Dans beaucoup de réacteurs, les transferts de chaleur et de masse par convection forcée ainsi que la composition de la phase gazeuse varient le long du substrat. Pour traiter rigoureusement ce problème, il est nécessaire de considérer les équations de transport pour la chaleur, la masse et la quantité de mouvement et de résoudre le système d'équations différentielles partielles simultanées qui en découle. Une méthode numérique a permis récemment à C.W. Manke et L.F. Donaghey (26) de simuler les processus de transport dans un réacteur vertical à symétrie axiale pour le dépôt épitaxique du silicium à partir de $SiCl_4 + H_2$. Cependant, le modèle étudié ne comprend aucune espèce chimique intermédiaire, telle que $SiCl_2$, et suppose une conversion totale de $SiCl_4$ en Si à l'interface gaz-solide.

La plupart des autres études (certaines font intervenir la diffusion thermique) utilisent un modèle simplifié de diffusion à travers la couche limite devant le substrat, où les flux massiques de diffusion ne sont créés que par les gradients de concentration (fig. 5). Il est alors préférable d'utiliser des géométries de réacteurs telles que la couche limite ait une épaisseur constante ou qu'une valeur moyenne puisse être employée. Par exemple, on obtient une épaisseur pratiquement constante dans la zone de stagnation produite par un jet gazeux perpendiculaire à une surface plane ; on emploie souvent une valeur moyenne de la couche limite produite par un flux gazeux perpendiculaire à un élément cylindrique. Les caractéristiques du transfert de masse relatif à ces deux cas ont été déterminées directement ou indirectement par analogie avec le transfert de chaleur, ce qui a permis l'intégration des équations de Stefan-Maxwell pour la diffusion dans la couche limite (17, 27-29). Il est alors possible d'étudier l'influence du transfert de masse en phase gazeuse sur l'équilibre chimique à l'interface gaz-solide. Le tableau I compare les

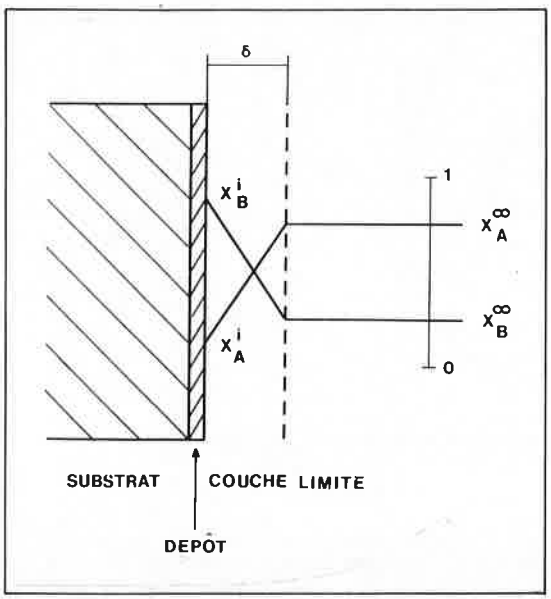


Figure 5. Modèle simplifié de diffusion en phase gazeuse dans la couche limite pour la réaction : A (g) → ⟨S⟩ + B (g).

Tableau I

	X_{H_2}	X_{BCl_3}	X_{HCl}	X_{HBCl_2}	X_{BCl_2}	X_{BCl}	autres espèces
Cas A	0,5541	0,1668	0,2286	0,0504			
Cas B	0,43379	0,26816	0,23544	0,06205	0,00051	0,00003	$< 10^{-5}$

résultats du calcul de l'équilibre à l'interface (cas A) aux résultats des calculs thermodynamiques effectués à partir de la composition initiale de la phase gazeuse entrant dans le réacteur (cas B), dans l'exemple du dépôt de bore à partir de $BCl_3 + H_2$ (30).

Les conditions étaient les suivantes : T = 1 150 °C, P = 1 atm, composition initiale $BCl_3/H_2 = 2/3$. De plus le cas A a été obtenu pour un flux massique $F = 4{,}3 \times 10^{-2}$ g/cm² × sec s'écoulant dans une buse de diamètre $d = 8$ mm, perpendiculaire à un substrat plan ; ceci correspond à un nombre de Reynolds $N_{Re} = 105$ ($N_{Re} = \frac{dF}{\mu}$, μ = viscosité du mélange gazeux).

On trouve à l'interface gaz-solide, un enrichissement en atomes véhiculés par les molécules qui diffusent rapidement. Ainsi le rapport H/Cl du mélange gazeux à l'interface est supérieur à celui qui existe dans le mélange initial, et l'équilibre thermodynamique se trouve modifié.

Lorsque plusieurs phases solides peuvent se déposer, les domaines de dépôt à l'équilibre de ces différentes phases solides sont aussi légèrement modifiés. La détermination des domaines de dépôt des phases ⟨B⟩ – ⟨B_4C⟩ – ⟨C⟩ à partir du système B – C – H – Cl à l'équilibre, traité par M. Ducarroir et C. Bernard (21), a été reprise récemment pour tenir compte d'un transfert de masse par convection forcée dans un jet ($H_2 - BCl_3 - CH_4$) perpendiculaire à une surface plane (30). La figure 6 montre en fonction des pressions partielles initiales en BCl_3 et CH_4, les domaines de dépôt des différentes phases solides tels qu'ils ont été établis : *a*) dans l'hypothèse de l'équilibre seul (limites en pointillés) ; *b*) en tenant compte à la fois de l'équilibre à l'interface gaz-solide et d'un transfert de masse

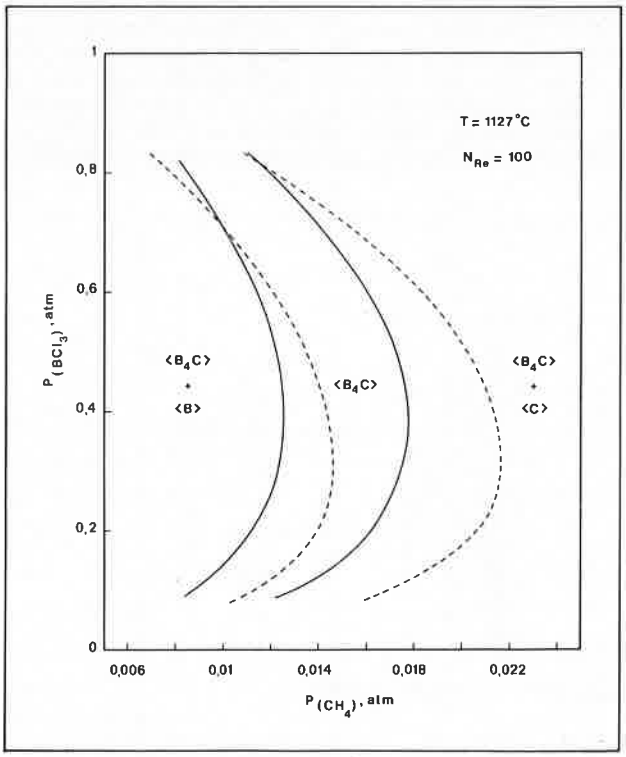


Figure 6. Domaines de dépôt des phases solides ⟨B⟩, ⟨B_4C⟩ et ⟨C⟩ calculés à partir de : a) équilibre seul (limites en pointillés) ; b) équilibre associé au transfert de masse (limites en trait plein).

correspondant à une convection forcée régie par l'équation $N_{Sh}/N_{Sc}^{1/3} = 0{,}76\ N_{Re}^{0,43}$ et telle que $N_{Re} = 100$ (limites en trait plein). On constate que le domaine de dépôt ⟨B_4C⟩ pur est plus étroit et déplacé vers des concentrations plus fortes en BCl_3 et plus faibles en CH_4.

Lorsque les vitesses d'écoulement des gaz sont faibles, la convection naturelle qui résulte des gradients de densité peut ne pas être négligeable par rapport à la convection forcée ; ces gradients de densité résultent à la fois des gradients de température et des gradients de composition. Le paramètre principal de corrélation pour, à la fois, le transfert de chaleur et le transfert de masse par convection naturelle, est le nombre de Grashof N_{Gr}. L'importance relative de la convection naturelle par rapport à la convection forcée dépend du rapport N_{Gr}/N_{Re}^2 (31-33). Elle a été étudiée par visualisation de fumées de TiO_2 dans le cas d'un réacteur horizontal de dépôt épitaxique du silicium (33, 34) mais aussi, indirectement par la comparaison des vitesses de dépôt obtenues dans un jet vertical descendant et dans un jet horizontal perpendiculaires à un substrat plan (29). Cependant, si les transferts de chaleur par convection naturelle et leur combinaison avec ceux dus à la convection forcée sont assez bien connus, les données sur les transferts de masse sont insuffisantes. A notre connaissance, seuls H.E. Carlton et J.H. Oxley (27, 35) ont obtenu et appliqué en C.V.D. une corrélation pour le transfert de masse par convection naturelle et forcée combinées dans le cas d'un écoulement perpendiculaire à un filament cylindrique horizontal ou vertical.

Un exemple où la convection naturelle est prépondérante est le procédé de transport chimique en enceinte fermée. Il a été étudié par K. Klosse et P. Ullersma (36).

Si la convection naturelle est un paramètre mal connu en C.V.D., son importance n'est pas négligeable dans beaucoup de processus de dépôt chimique. Considérons l'exemple des différentes études de dépôt de bore à partir de mélanges $xBCl_3 - (1 - x)H_2$ où la composition influe beaucoup sur l'importance de la convection naturelle. En effet dans les mêmes conditions de transfert par convection forcée, N_{Gr} augmente de 150 à 5 500 quand x_{BCl_3} s'élève de 0,1 à 0,7. Mais la cinétique de dépôt à transfert de masse constant est maximale pour $0{,}1 < x_{BCl_3} < 0{,}2$ (29). Lorsque la convection forcée est relativement faible, le choix d'une composition intermédiaire, voisine de la stœchiométrie ($0{,}4\ BCl_3 - 0{,}6\ H_2$) est le meilleur compromis pour obtenir un transfert par convection naturelle assez important et une cinétique de réaction de surfaces suffisamment rapide, les deux facteurs, transfert de masse et cinétique de surface, contrôlant la vitesse de dépôt. Ceci explique que, dans le cas des dépôts sur filament de tungstène avec un flux massique faible étudiés par J. Cueilleron et Y. Roux (37, 38), les meilleurs résultats au point de vue vitesse de dépôt et propriétés mécaniques aient été obtenus pour $0{,}4 < x_{BCl_3} < 0{,}5$.

L'exemple ci-dessus fait apparaître l'influence du transfert en phase gazeuse, susceptible de produire un important écart à l'équilibre entre la phase gazeuse et le solide déposé lorsque la cinétique des réactions de surface devient trop lente.

C. Études cinétiques

Quand les caractéristiques du transfert de masse en phase gazeuse sont connues, la vitesse maximale possible de dépôt peut être calculée en fonction du transfert en supposant que l'équilibre thermodynamique à l'interface gaz-solide est maintenu. Dans le cas d'une réaction équilibrée entièrement déplacée vers le produit solide, le processus est

entièrement contrôlé par le transfert en phase gazeuse (ces calculs ne s'appliquent évidemment pas s'il y a nucléation homogène). La figure 7 compare les vitesses expérimentales de dépôt du bore à partir de jets de $BCl_3 - H_2$ aux vitesses théoriques calculées dans l'hypothèse d'un mécanisme (transfert de masse combiné à l'équilibre chimique à l'interface gaz-solide). Les courbes montrent que pour des nombres de Reynolds faibles, la vitesse de dépôt atteint la valeur maximale possible. L'équilibre à l'interface gaz-solide est maintenu pour des transferts d'autant plus grands que la température est élevée, ce qui s'explique par la dépendance exponentielle en fonction de la température des constantes de vitesse de réaction. Quand la cinétique de surface n'est plus assez rapide pour maintenir l'équilibre dynamique, la phase vapeur est sursaturée et la vitesse de dépôt est limitée par le transfert de masse associé à la cinétique de surface. Éventuellement la cinétique de surface peut être seule à limiter la vitesse de dépôt si le transfert est élevé et la température relativement basse. La figure 8 est relative au dépôt de bore à partir du mélange initial stœchiométrique $2\ BCl_3 + 3\ H_2$; elle donne, en fonction de la

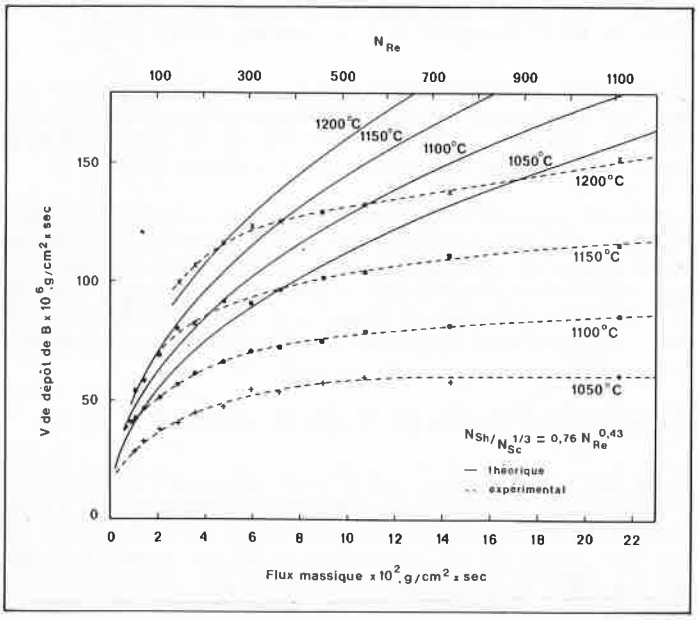


Figure 7. Comparaison des vitesses de dépôt de bore expérimentales et théoriques calculées pour le modèle transfert de masse-équilibre à l'interface. La corrélation suivante pour le transfert de masse a été employée ($N_{Sh}/N_{Sc}^{1/3} = 0{,}76\ N_{Re}^{0{,}43}$); mélange initial $BCl_3/H_2 = 2/3$.

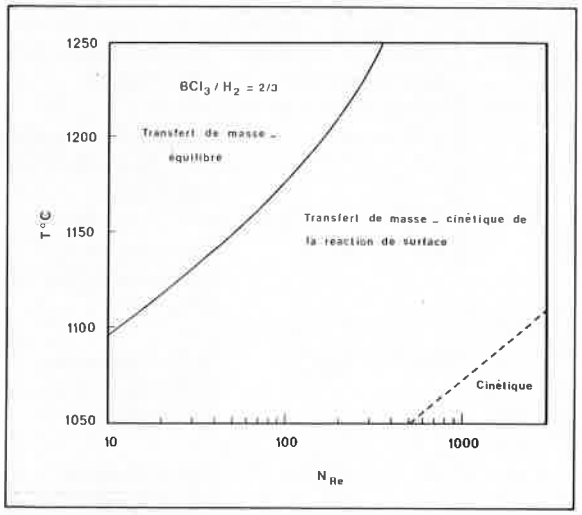


Figure 8. Domaines des différents mécanismes de dépôt de bore en fonction de la température et du nombre de Reynolds, N_{Re}.

température et de N_{Re}, les limites qui séparent les domaines respectifs où s'imposent les différents mécanismes qui déterminent la vitesse de dépôt. La position de ces limites varie aussi en fonction de la composition du mélange gazeux initial.

L'exemple ci-dessus montre que très souvent, la cinétique de surface n'est pas seule à déterminer la vitesse de dépôt dans un processus C.V.D. en régime dynamique. Les études cinétiques effectuées à partir des compositions initiales en réactifs et quelquefois dans des conditions de transfert mal définies sont donc des modèles très simplifiés. De plus en plus, les pressions partielles des différentes espèces chimiques, y compris les espèces intermédiaires les plus importantes, sont connues à l'interface gaz-solide, ce qui permet d'appliquer les modèles adsorption/réaction de surface. Les premiers exemples de telles études ont été fournies par H.E. Carlton et coll. (17, 27, 35). Elles nécessitent en général un nombre important de données expérimentales car les constantes cinétiques ne sont pas mesurables directement.

Dans la plupart des systèmes C.V.D., différents mécanismes physico-chimiques de dépôt peuvent intervenir. On peut passer d'un mécanisme à un autre en modifiant les conditions expérimentales. Les conditions de dépôt à l'interface gaz-solide (en excluant les dépôts à nucléation homogène) peuvent être très différentes, ce qui entraîne des modifications importantes de la structure et des propriétés du solide obtenu.

D. Relations entre mécanisme et structure

Les procédés de vapodéposition aussi bien physiques que chimiques permettent d'obtenir une grande variété de structures : dépôt amorphe, polycristaux, monocristaux, whiskers, films épitaxiques. Étant donnée la relative complexité des systèmes C.V.D., les études théoriques des mécanismes de nucléation et de croissance ont été le plus souvent effectuées sur des procédés P.V.D. qui ne comportent qu'une espèce atomique. Elles ont mis en évidence deux paramètres principaux : la sursaturation et la température ; la sursaturation se rapporte à la concentration en atomes adsorbés, la température influe sur leur mobilité. D'une façon générale, les effets que l'on peut attendre de la sursaturation et de la température sur la structure des matériaux obtenus par P.V.D. sont représentés sur la figure 9.

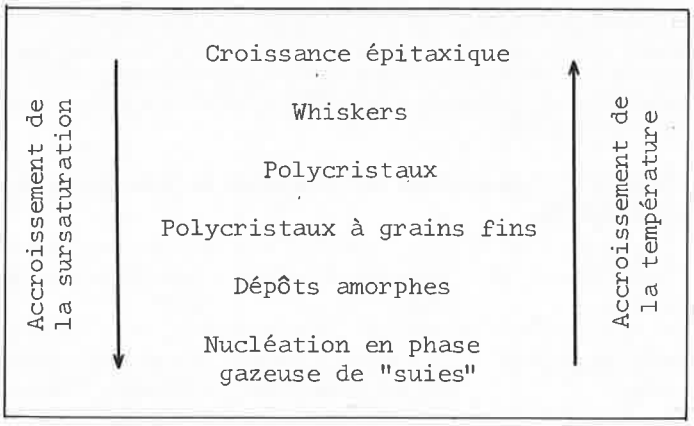


Figure 9. Influence de la température et de la sursaturation sur la structure des solides condensés.

En P.V.D., la sursaturation décroît lorsque la température croît ; il en est de même en général en C.V.D. mais une influence inverse ne peut être exclue dans le cas des réactions de dépôt endothermiques. Pour le dépôt d'un corps simple, la sursaturation est définie, comme en P.V.D., par le rapport de la pression de vapeur réelle du monomère à la pression de vapeur en équilibre avec le solide. Plus généralement, il est commode de considérer la sursaturation comme l'écart à l'équilibre du système chimique.

Les effets qualitatifs de la température, de l'intensité du flux et de la composition initiale du mélange gazeux sur la structure des dépôts C.V.D. sont connus expérimentalement. Par exemple, la figure 10

met en évidence la limite du domaine de croissance monocristalline du silicium déposé à partir d'hydrogène et de mélanges gazeux SiH_4 – HCl en proportion variable (39). Les conditions qui permettent d'obtenir des vitesses de dépôt plus grandes que cette limite conduisent au silicium polycristallin.

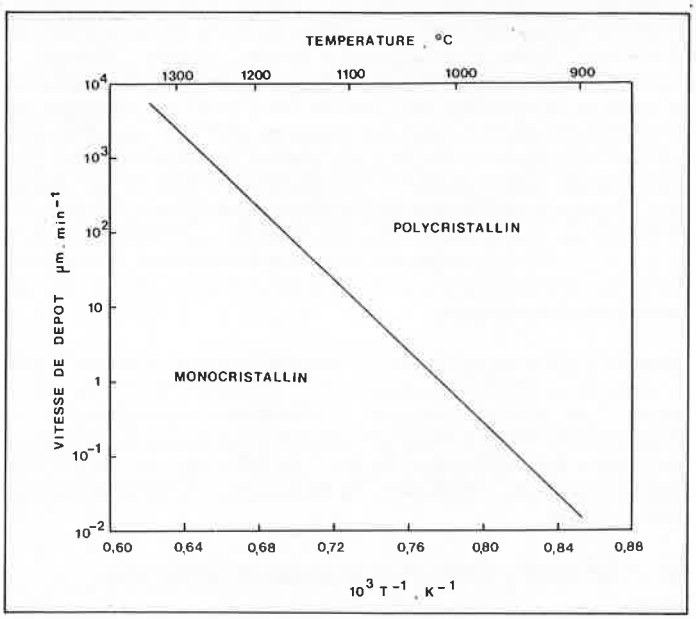


Figure 10. Limite entre les croissances monocristalline et polycristalline de Si à partir de mélanges SiH_4, HCl, H_2 (d'après J. Bloem, réf. 39).

L'approche quantitative de l'influence de l'écart à l'équilibre a été peu étudiée, car il faut calculer la composition interfaciale de la phase gazeuse hors-équilibre. Ce calcul a été fait dans le cas du dépôt de bore à partir de BCl_3 – H_2 (29, 40). La figure 11 montre l'influence de la température et du nombre de Reynolds sur le degré de sursaturation de la phase gazeuse H_2, BCl_3, $HBCl_2$, HCl ($\Sigma_t > 1$) ou l'équilibre de cette même phase gazeuse avec le bore déposé (domaine limité par $\Sigma_t = 1$). La sursaturation est également fonction de la composition initiale du mélange réactif. Les mêmes tendances générales sont obtenues pour la sursaturation en monomère B. Cette étude montre que la structure du bore obtenu est directement prévisible, à température donnée, par la connaissance des conditions interfaciales d'équilibre ou d'écart à l'équilibre entre la phase vapeur et le solide déposé.

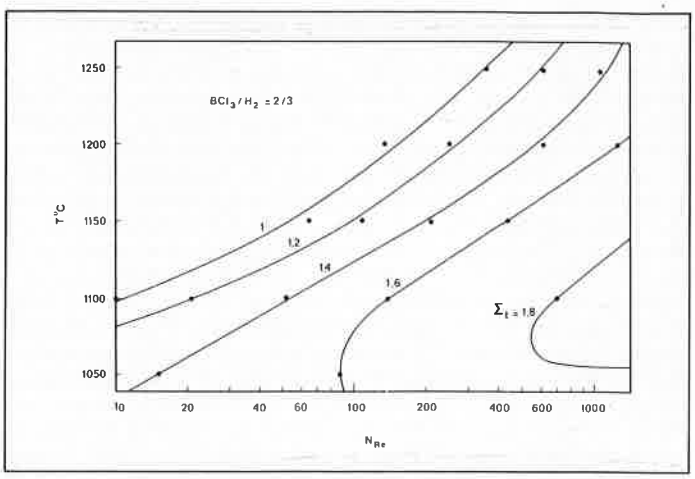


Figure 11. Domaine d'équilibre avec B solide et courbes d'iso-sursaturation de la phase gazeuse H_2, BCl_3, HCl, $HBCl_2$ en fonction de la température et du nombre de Reynolds.

La structure du solide déposé peut en outre être déterminée par d'autres facteurs tels que la présence d'impuretés ou une modification du solide au cours du dépôt (suivant la durée du dépôt, il peut, se produire un changement de phase ou une recristallisation).

En général, une étude plus appronfondie des mécanismes physicochimiques C.V.D. et de leurs influences sur la structure du solide déposé demanderait une meilleure connaissance de l'évolution de la phase gazeuse, en particulier des gradients de température et de composition. Plusieurs techniques de détection *in situ* des espèces chimiques ont été mises en œuvre récemment, quelquefois associées à la mesure de la température au point de prélèvement.

E. Analyses in situ de la phase gazeuse

Jusqu'à une période récente, des informations sur le rendement dans l'utilisation des réactifs ou la formation de produits volatils stables ont été obtenues par l'analyse de la phase gazeuse évacuée du réacteur et ramenée aux conditions ambiantes. Depuis quelques années, différentes techniques ont été appliquées à la C.V.D. pour mesurer les concentrations *in situ* dans la phase en cours de vapodéposition. Ce sont :

- la spectrométrie de masse ;
- la spectroscopie Raman ou de fluorescence;
- la chromatographie en phase gazeuse.

Tableau II. Comparaison des techniques de détection in situ de la composition de la phase vapeur, (d'après T.O. Sedgwick, référence 41).

Techniques de détection	Méthode de prélèvement	Identification des espèces	Durée du prélèvement (secondes)	Pression minimale détectable (atm)	Pertubations et causes d'erreurs
Spectrométrie de masse	Extraction à travers un capillaire, détente à 10^{-5} atm	Fragments ioniques, utilisation d'étalons	< 1	10^{-6} – 10^{-5}	Fragments similaires, obturation du capillaire
Spectroscopie Raman	Diffusion de la lumière par la phase vapeur *in situ*	Spectres de vibration, utilisation d'étalons	100 – 1 000	10^{-5} – 10^{-4}	Recouvrement de spectres, dépôts sur les fenêtres
Spectroscopie de fluorescence	Diffusion de la lumière *in situ*	Spectres de fluorescence, utilisation d'étalons	1 – 10	10^{-8} – 10^{-7}	Recouvrement de spectres, dépôts sur les fenêtres
Chromatographie	Extraction à travers un capillaire, détente à 10^{-2} atm, recompression	Utilisation d'étalons	100 – 200	10^{-4} – 10^{-3}	Ne s'applique qu'aux espèces stables, obturation du capillaire, perturbation de l'écoulement

Le tableau 2 donne une comparaison de quelques propriétés des différentes techniques d'après T.O. Sedgwick (41).

La spectrométrie de masse a été utilisée par V.S. Ban dans l'étude des composés III-V (42, 43), du silicium à partir de mélanges $SiCl_xH_y + H_2$ (44) et aussi du transport chimique en tube fermé de CdS et ZnS (45). Elle a également été utilisée par Sin-Shong Lin dans l'étude des dépôts de Al_2O_3 et de l'interaction entre HCl et Si ou SiO_2 (46, 47) et par J.P. Duchemin dans l'étude des processus de dépôt de Si (16).
La spectroscopie Raman et de fluorescence a été utilisée par T.O. Sedgwick et coll. pour l'étude du dépôt de silicium (à partir de mélanges $SiCl_4$ ou $SiH_2Cl_2 + H_2$ (48, 49) et aussi du dépôt de tungstène (50).
La chromatographie en phase gazeuse a été utilisée par G. Cochet et coll. (51) dans l'étude du dépôt de Si_3N_4 à partir de mélanges $SiH_4 + NH_3 + H_2$ et par J.P. Duchemin (16) dans l'étude du dépôt de silicium.

Les résultats obtenus par ces auteurs concernent quatre aspects de la composition *in situ* de la phase gazeuse :

- la comparaison avec la composition théorique à l'équilibre (16, 42-44).
- la détection d'espèces intermédiaires qui peuvent jouer un rôle important dans le mécanisme de dépôt (16, 48) ;
- l'intervention de réactions homogènes en phase gazeuse (49, 51) ;
- l'étude des processus de transfert dans la couche limite (16).

La plupart des études fondamentales dont il a été question ci-dessus concernent des procédés C.V.D. « classiques », le plus souvent en réacteur ouvert. Certains développements actuels concernent la mise au point de procédés moins classiques permettant :

- d'augmenter le rendement ou la vitesse de dépôt ;
- de diminuer la température de dépôt ;
- d'atteindre une qualité particulière pour un dépôt de nature chimique donnée.

II. Nouveaux procédés de dépôt

Un premier groupe de procédés nouveaux utilise les méthodes des physiques conventionnelles de dépôt mais associées à une phase gazeuse à plusieurs constituants ; ce qui les rapproche de la C.V.D. Parmi eux, une technique s'intègre tout à fait au groupe des techniques C.V.D., il s'agit de la C.V.D. assitée par plasma.

A. C.V.D. assistée par plasma (PACVD)

Cette technique dont les avantages ont été résumés par différents auteurs (52, 53) commence à jouer un rôle important dans l'élaboration de matériaux ou de composants électroniques, particulièrement pour la formation ou l'attaque superficielle des films minces.

Le rôle du plasma est de mettre en jeu des espèces actives chimiquement, telles que des ions et des radicaux libres. Ces espèces sont produites dans la phase gazeuse par des collisions électron-molécule ou sur la surface du solide lors de l'impact d'ions, d'électrons ou de photons produits dans le plasma. Le plasma utilisé pour les applications électroniques est produit par un champ de haute fréquence appliqué à travers la phase vapeur. La densité électronique est de 10^{10} à 10^{11} électrons/cm^3, la température électronique est supérieure à 10^4K mais la température du gaz reste comprise entre 25 et 350°C. La pression totale est le plus souvent inférieure à 10 torrs afin de maintenir la température du gaz relativement basse. Dans ces conditions, les processus chimiques sont gouvernés par les cinétiques de réaction (54, 55). Du fait de la complexité des processus dans les plasmas, on ne trouve pratiquement pas d'études de réactions élémentaires intervenant dans un mécanisme de C.V.D. assisté par plasma. L'identification des espèces transitoires formées dans le plasma est une première étape importante. Elle a été effectuée par spectroscopie d'émission par K.K. Yee pour différents systèmes (56). Par exemple, les espèces observées dans le domaine 2 000 – 6 800 Å pour un mélange $TiCl_4/C_2H_2$/He sont : TiCl, CH, CH^+, C_2, HCl^+, Cl_2^+, Ti, C, Cl.
Les géométries de réacteurs P.A.C.V.D. peuvent être très variées ; cependant, on distingue deux types généraux :

- les réacteurs cylindriques qui comportent le plus souvent des électrodes externes (57) ;
- les réacteurs plans à électrodes internes (58-60).

Les réacteurs plans offrent un certain nombre d'avantages dont un meilleur contrôle de la température et de la densité d'espèces réactives, la distance électrode-suscepteur étant constante (59). Les figures 12 et 13 présentent deux exemples de réacteurs plans :

- le réacteur de la figure 12 est utilisé par J.R. Hollahan et coll. pour le dépôt de Si_3N_4 à partir de mélanges gazeux $SiH_4 + N_2$ (ou NH_3) et pour l'attaque superficielle de Si, SiO_2 ou Si_3N_4 par des mélanges CF_4/O_2 (59) ;
- le réacteur de la figure 13 est utilisé par B. Bourdon et coll. pour le dépôt du silicium amorphe dopé, à partir de mélanges SiH_4, AsH_3, Ar. Le support des substrats peut être porté à différents potentiels, ce qui permet de modifier la vitesse de dépôt ainsi que sa composition (60).

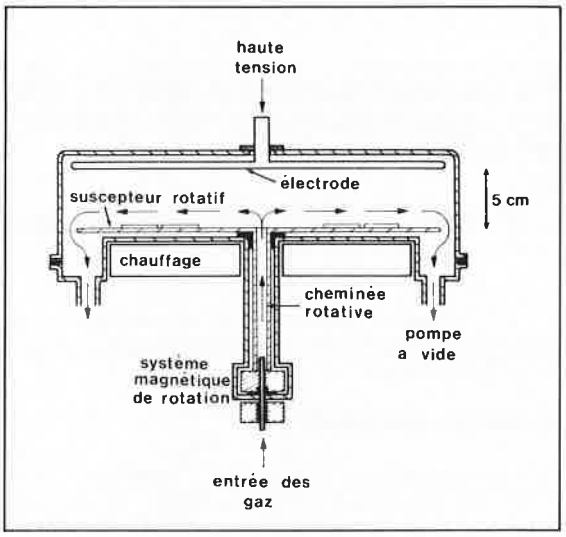


Figure 12. Section verticale du réacteur plan de dépôt C.V.D. assisté par plasma, utilisé par J.R. Hollahan et coll. (59).

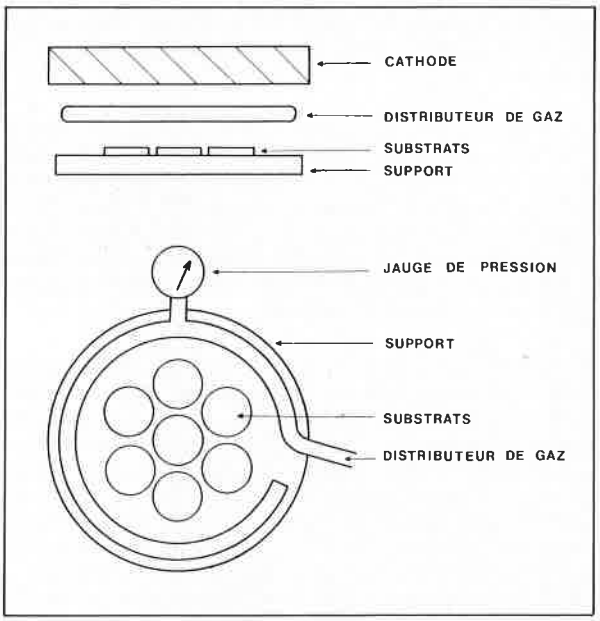


Figure 13. Sections verticale et horizontale du réacteur plan de dépôt C.V.D. assisté par plasma, utilisé par B. Bourdon et coll. (60).

On peut noter que dans ces exemples de dépôt, la température du substrat n'excède pas 300 °C. La technique P.A.C.V.D. a permis également un abaissement de température important pour la fabrication de fibres optiques en silice dopée, à partir de mélanges $SiCl_4 + O_2$ + dopants (GeO_2, B_2O_3, F). Simultanément, la nucléation homogène génératrice de suies, inhérente aux autres procédés, est évitée (61-66). La figure 14 est une vue schématique de l'appareil employé par le groupe des Laboratoires de recherches Philips. Le plasma et la zone de dépôt peuvent être déplacés à grande vitesse, ce qui permet de déposer un grand nombre (> 2 000) de couches successives très fines et d'approcher ainsi le profil d'indice de réfraction désiré.

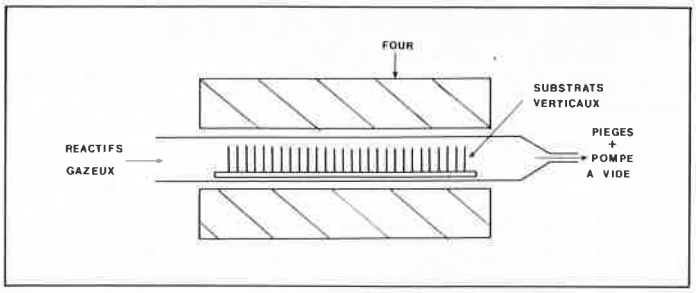


Figure 14. Vue schématique du réacteur de dépôt de couches multiples de silice dopée (Laboratoires de recherches Philips, Aix-la-Chapelle (61-66)).

B. C.V.D. effectuée à partir d'espèces gazeuses nouvelles

La recherche ou l'utilisation d'espèces gazeuses organiques ou inorganiques inhabituelles est une autre voie importante dans la mise au point de procédés nouveaux.

1. Espèces gazeuses organométalliques

L'utilisation d'organométalliques dans certains systèmes C.V.D. n'est pas une idée nouvelle ; par exemple des dépôts de cuivre, de cobalt et de nickel ont été obtenus à partir des acétylacétonates entre 250 et 450 °C (3). Des oxydes de nombreux métaux ont été déposés par oxydation des alkyls métalliques MR_x, par décomposition ou hydrolyse des alkoxydes $M(OR)_x$ (3, 67-71). Des films de silice sont obtenus facilement par décomposition entre 600 et 900 °C d'alkoxysilanes, très souvent le tétra-éthoxysilane $Si(OC_2H_5)_4$, (3, 72-77). La formation des nitrures de titane zirconium ou niobum par décomposition des dialkylamides de ces métaux a également été rapportée (78).

Récemment, J. Spitz et coll. (79, 80) ont décrit un procédé original pour déposer des couches transparentes conductrices de sesquioxyde d'indium In_2O_3 dopé par SnO_2. L'acétylacétonate d'indium (associé pour le dopage au dibutyl diacétate d'étain) en solution dans l'acétylacétone est mis en suspension dans l'air par un atomiseur à ultrasons et projeté vers un substrat maintenu à température constante, 420 à 480 °C (fig. 15). Le dépôt résulte d'une oxydation complète par l'air au contact du substrat.

Les propriétés de ces couches, résistivité, transmission dans le visible, réflection dans l'infrarouge, sont au moins égales à celles obtenues par les procédés plus classiques. Ce dernier point est particulièrement important car l'utilisation d'organométalliques permet également un abaissement de température important par rapport aux méthodes C.V.D. avec constituants inorganiques ; par contre, la pureté du solide déposé peut être limitée par l'incorporation de résidus organiques ou d'impuretés contenues par les organométalliques de départ. Dans la recherche de composés organométalliques convenant le mieux à la C.V.D. basse température, il est intéressant de choisir des molécules dans lesquelles un seul type de liaison est thermiquement instable, ou des molécules telles que les radicaux libérés par la réaction se recombinent facilement en formant des molécules stables à la température de dépôt. Si la décomposition ou la réaction de ces

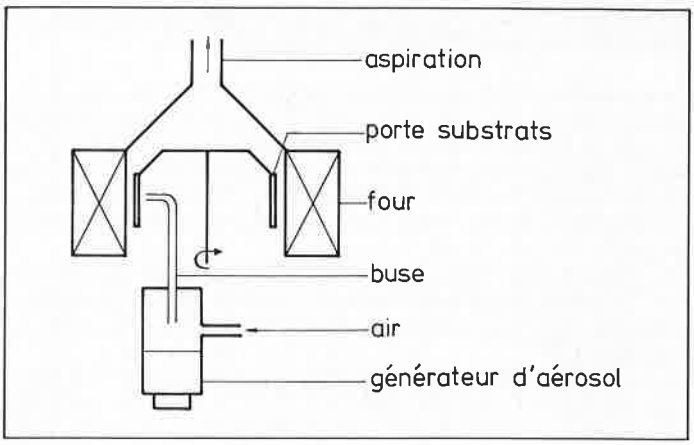


Figure 15. Représentation schématique du procédé Pyrosol (pyrolyse d'un aérosol), (d'après G. Blandenet et coll., réf. 80).

molécules s'effectue à la surface du dépôt, il est nécessaire que les différentes entités libérées se désorbent facilement.

Les composés de coordination d'éléments au degré d'oxydation zéro, où les coordinats sont thermiquement plus stables que le complexe d'addition, font partie du premier groupe. R. Morancho et G. Constant ont ainsi utilisé le complexe tris (2.2′ - bipyridine) titane pour réaliser des dépôts de titane à des températures inférieures à 500 °C (la 2.2′-bipyridine ne se pyrolyse que faiblement : à partir de 800 °C sous 10^{-4} torr) ; cependant leurs dépôts renferment des quantités variables de carbone, azote et hydrogène attribuées à la présence de 2.2′ - bipyridine incomplètement éliminée. Les couches déposées sont amorphes et très difficilement attaquées par l'acide fluorhydrique (81).

Pour les applications électroniques ou optoélectroniques, il est nécessaire de déposer des couches suffisamment pures. Y. Marfaing (82) faisant le point dans *L'actualité chimique* sur la conversion photovoltaïque a montré l'intérêt de perfectionner les méthodes de production des couches minces Ga As structure MIS et des hétérojonctions Ga As n/Ga Al As p par C.V.D. organométalliques.

La C.V.D. de Ga As à partir du mélange réactif
$Ga(CH_3)_3 - AsH_3 - H_2$
a été introduite par H. M. Manasevit (83). Le procédé a été ensuite étudié par de nombreux auteurs (84-90). Y. Seki et coll. (91) ont obtenu des couches épitaxiques Ga As contenant moins de carbone en utilisant le triéthylgallium $(C_2H_5)_3$ Ga. La seule difficulté notée par tous les auteurs est de n'utiliser que des réactifs de pureté déterminée. Par contre, les avantages par rapport à la méthode de croissance conventionnelle dans le système $AsCl_3 - Ga - H_2$ sont :

- une seule température à contrôler, celle du substrat ;
- température de dépôt modérée 650-750 °C ;
- atmosphère non corrosive, ce qui supprime l'incorporation d'impuretés prises aux parois du réacteur ;
- très bon contrôle du rapport As/Ga dans la phase gazeuse initiale ;
- bon contrôle de la morphologie et de la structure.

La plupart des études citées précédemment concernent la morphologie du dépôt ainsi que ses propriétés électriques. Le processus du dépôt chimique de Ga As à partir de $Ga(CH_3)_3 - AsH_3 - H_2$ a été plus particulièrement étudié par A.L. Lin et coll. (92). Entre 725 et 825 °C, la vitesse de dépôt est contrôlée par le transfert en phase gazeuse; à température inférieure à 725 °C, elle est limitée par la cinétique de surface et à température supérieure à 825 °C par la décomposition de Ga As.

La croissance des couches d'arséniures mixtes $Al_x Ga_{1-x} As$ à partir des chlorures en phase vapeur n'a jamais été satisfaisante. Très peu de travaux sur la croissance de ces couches à partir des organométalliques ont été reportés (93). Récemment, G.B. Stringfellow et H.T. Hall (94) ont montré que le procédé de dépôt aux environs de 700 °C, à partir des organométalliques $Ga(C_2H_5)_3$, $Al(CH_3)_3$, AsH_3 conduit à des couches hautement compensées ; ceci est dû à l'incorporation

de carbone (> 1 000 ppm) provenant de $Al(CH_3)_3$. L'addition de HCl à $Al(CH_3)_3$ a permis le clivage des liaisons Al — C dans la phase gazeuse (réacteur à paroi chaude), ce qui évite l'incorporation de quantités importantes de carbone; cependant le rendement photoélectrique doit être amélioré. Une voie de recherche semble être le remplacement du triméthylaluminium par un autre composé ayant moins tendance à former Al_4C_3 par décomposition.

Un autre exemple d'utilisation de composés organométalliques est la formation de carbure de silicium qui a trouvé un grand nombre d'applications par ses propriétés mécaniques (95). Mais des produits de qualité (composition et pureté) beaucoup mieux définie sont nécessaires pour certaines applications électroniques potentielles. Récemment, W. Von Muench et E. Pettenpaul ont montré dans quelles conditions et avec quel méthylchlorosilane, un dépôt polycristallin SiC-β, de composition (Si/C) et dopage (Al ou B) donnés, peut être obtenu. Ce SiC polycristallin, dopé ou non, est destiné à l'élaboration de cristaux de carbure de silicium par la technique P.V.D. de sublimation (96).

2. Espèces gazeuses inorganiques

Complexe gazeux,

Dans deux articles généraux, H. Schäfer (97, 98) a montré que la connaissance des molécules gazeuses complexes s'est accrue considérablement durant les dernières années. Les dimères tels que Al_2Cl_6, Na_2Cl_2, Fe_2Cl_6 sont connus depuis longtemps ; mais il existe aussi des hétérocomplexes 1 : 1 tels que :
Li Cs Cl_2,
K Fe Cl_3, K Sn Cl_3, Tl Pb Cl_3,
Na Fe Cl_4, K La Cl_4, K Th Cl_5, Tl U Cl_5, Hg Al Cl_5, Sn In Cl_5,
Al Bi Cl_6, Al Ga Cl_6, Al U Cl_8, In U Cl_8, Th U Cl_8
ainsi que des hétérocomplexes 1 : 2 et 1 : 3, en particulier entre un métal M et les halogénures d'aluminium :
M Al_2Cl_8 (M = Mg, Ca, Cr, Mn, Co, Ni, Pd, Pt, Cd)
U Al_2Cl_{10}, Nd Al_3Cl_{12}, Cr Al_3Cl_{12}

D'autres agents complexants sont Fe_2Cl_6, Ga_2Cl_6, In_2Cl_6. De plus des complexes similaires sont produits avec des fluorures, bromures, iodures et même parfois des hydroxydes.
Les complexes volatils sont utilisés dans la croissance cristalline par transport chimique. Ils offrent également de nouvelles possibilités pour les dépôts chimiques à partir de la phase vapeur. On peut citer comme une transition entre le transport chimique et la C.V.D. le dépôt de cristaux Pd_2Al à partir de la phase gazeuse (99) :
350 °C : Pd + I_2 + Al_2I_6 → Pd Al_2I_8 (g)
600 °C : 2 Pd Al_2I_8 (g) → ⟨Pd_2Al⟩ + 3/2 Al_2I_6 + 7/2 I_2
Comme l'a montré H. Schäfer, ces molécules complexes n'existent pratiquement plus aux températures élevées. Par exemple, la formation de Ni Al_2Cl_8 peut être négligée au-delà de 1 200 K (97). Aux températures moyennement élevées, elles peuvent jouer un rôle dans certains processus C.V.D. Considérons la chromaluminisation des alliages par pack-cémentation qui est réalisée entre 1 100 et 1 400 K (100, 101). Le traitement s'effectue par chauffage des pièces au sein d'une masse réactive essentiellement constituée de poudres préalliées ultrafines de chrome-aluminium, d'un diluant réfractaire et d'une source d'halogénures, souvent NH_4Cl. A la température de traitement, la phase gazeuse est en général considérée en équilibre avec le cément. Une étude thermodynamique où n'interviennent que les halogénures simples de chrome et d'aluminium montre que les pressions partielles en halogénures de Cr sont faibles, même en considérant l'activité du chrome égale à 1 dans le cément, à cause de la plus grande stabilité des halogénures d'aluminium. La mobilité du chrome est alors extrêmement réduite, ce qui a permis de conclure qu'une diffusion simultanée de Cr et Al dans le substrat ne peut être effectuée. Le traitement est alors une aluminisation pure où le chrome ne sert qu'à ajuster l'activité de Al dans le cément (102). En considérant l'existence des complexes gazeux volatils Cr Al_2Cl_8 et Cr Al_3Cl_{12} la chromaluminisation, apport de Cr et Al dans une même opération de cémentation, peut être justifiée théoriquement, surtout aux températures moyennement élevées.

Sous halogénures

Le dépôt de nombreux métaux par décomposition thermique des halogénures métalliques, plus particulièrement les iodures, est une méthode C.V.D. connue. Récemment plusieurs auteurs ont étudié la décomposition des sous-halogénures, particulièrement les chlorures (103-105) et les fluorures (106-109).
La figure 16 montre un schéma de principe de l'appareillage utilisé par J.Y. Caradec et coll. (105) pour l'étude des interactions chlore-tantale, dans la gamme de pression 10^{-3} à 2 torrs, et des dépôts de tantale sur divers substrats : Mo, W, acier inoxydable. Le chlore attaque le tantale à haute température (~ 1 200 °C) pour former $TaCl_4$ qui subit à plus basse température (400-900 °C) une dismutation suivant la réaction :
5 $TaCl_4$ → 4 $TaCl_5$ + ⟨Ta⟩

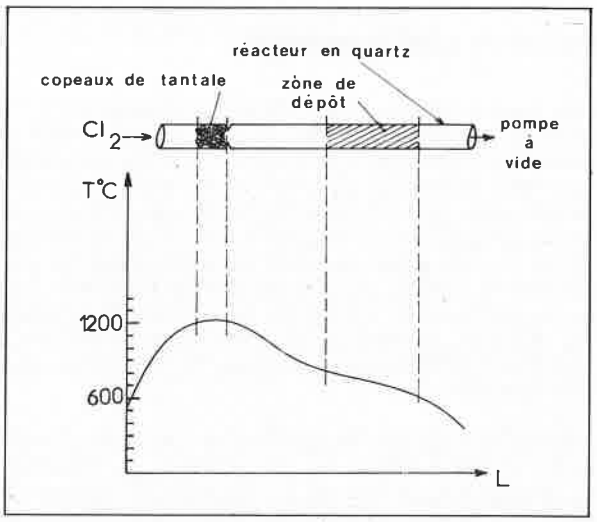


Figure 16. Schéma de principe du dépôt de tantale par dismutation de $TaCl_4$ (d'après J.Y. Caradec et coll., réf. 105).

Par cette voie, le dépôt de tantale peut être effectué à température assez basse (~ 600 °C). Les mêmes auteurs ont également utilisé la dismutation des sous-fluorures Ta F_4 et Ta F_3 dans le même domaine de températures (109).
G. Dejachy et coll. (108) ont obtenu des dépôts de tungstène par dismutation de WF_5 lui-même formé par la réaction suivante :
5 WF_6 + ⟨W⟩ → 6 WF_5
Cette réaction a lieu à la surface d'un fil de tungstène chauffé par effet Joule et situé près du substrat.
Les procédés de dépôt par dismutation des sous-halogénures offrent l'avantage, par rapport aux systèmes réduisant les halogénures par H_2, d'opérer avec un substrat à température relativement basse et d'éviter à la fois les halogénures d'hydrogène et l'hydrogène, ce dernier pouvant se dissoudre dans le métal déposé.

C. C.V.D. basse pression

La décomposition thermique de sous-halogénures métalliques est un cas particulier de C.V.D. effectuée à basse pression ; en effet, une pression suffisamment basse est nécessaire pour obtenir la ou les réactions chimiques désirées. Dans d'autres exemples, les réactions chimiques ne dépendent pas de la pression, mais l'utilisation d'une pression faible présente plusieurs avantages qui sont particulièrement mis à profit dans la technologie des semi-conducteurs à température moyenne (600-1 000 °C), c'est-à-dire du silicium polycristallin (600-650 °C), du silicium polycristallin dopé par O_2 (600-650 °C), de Si_3N_4 (750-900 °C) et SiO_2 (850-950 °C). Ces avantages sont :
- l'utilisation des réacteurs à paroi chaude sans problèmes de nucléation homogène ;
- la minimisation des effets du transfert de masse en phase gazeuse dans les conditions où la vitesse de dépôt est contrôlée par la réaction de surface et le transfert. Les pressions utilisées sont suffisamment réduites (souvent < 1 torr) pour que la nature de l'écoulement gazeux corresponde à la transition entre les régimes laminaires et moléculaire.

Il est alors possible d'utiliser des réacteurs tels que celui schématisé

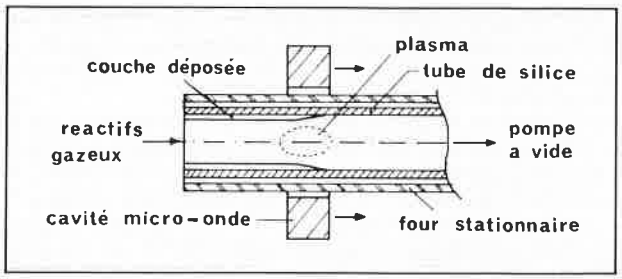


Figure 17. Section d'un réacteur tubulaire de dépôt basse pression (d'après plusieurs auteurs, réf. 110-114).

figure 17, qui permet d'effectuer simultanément un dépôt sur 100 à 150 substrats positionnés verticalement. Pour obtenir une vitesse de dépôt uniforme sur chaque substrat, et constante quelle que soit la position du substrat dans le four, il est nécessaire d'opérer à des pressions et des températures suffisamment basses. Il est possible d'augmenter la vitesse de dépôt en opérant à température plus élevée, mais il faut alors compenser l'effet de la consommation en réactif tout au long du four en utilisant un gradient de température (76, 110-114).

Finalement, dans la technologie du silicium à température moyenne, le procédé C.V.D. basse pression en réacteur à paroi chaude permet une économie totale supérieure à 80 % par rapport à la technique C.V.D. à pression normale en réacteur à paroi froide (115).

Conclusion et bibliographie

Les procédés de dépôts chimiques à partir de la phase vapeur ont un très large domaine d'applications ; il n'était pas possible de toutes les décrire. Cependant il faut signaler celles qui ont déjà pris une grande importance dans la technologie moderne : le silicium épitaxique, les films de silicium polycristallin et amorphe, les films isolants de silice et de nitrure de silicium, les composés III-V et II-IV ; les couches de tungstène orienté et les pièces de forme en métal réfractaire ; les multiples formes de carbone pyrolytique surtout employées dans l'enrobage des combustibles nucléaires ; les couches de diffusion protectrices contre la corrosion sèche ; les filaments (B, SiC, B_4C) pour renforcements de matériaux composites ; les revêtements durs sur carbures cémentés...

Dans les exemples ci-dessus, la connaissance des relations qui existent entre les processus de dépôt, la nature du matériau (structure, composition, pureté) et les propriétés physiques ou chimiques finales, sont déjà approfondies. Les progrès attendus de ces produits et de beaucoup d'autres où les connaissances sont moins avancées justifient l'importance actuelle des études fondamentales et de la recherche de procédés nouveaux en C.V.D.

Bibliographie

(1) S. Audisio, *L'actualité chimique*, 1978, **7** (septembre), 25.
(2) C.F. Powell, I.E. Campbell et B.W. Gonser, Vapor Plating, John Wiley and Sons, N.Y., 1955.
(3) C.F. Powell, J.H. Oxley et J.M. Blocher Jr., Vapor Deposition, John Wiley and Sons, N.Y., 1966.
(4) Proceedings of the Conference on Chemical Vapor Deposition of Refractory Metals, Alloys, and Compounds ; Gatlinburg, Tenn., 12-14 Sept. 1967, American Nuclear Society, Hinsdale, Illinois, 1967.
(5) Proceedings of the Second International Conference on C.V.D., Edited by J.M. Blocher Jr. and J.C. Withers, The Electrochemical Society Inc., Princeton, N.J., 1970.
(6) Proceedings of the Third International Conference on C.V.D., Edited by F.A. Glaski, American Nuclear Society, Hinsdale, Illinois, 1972.
(7) Proceedings of the Fourth International Conference on C.V.D., Edited by G.F. Wakefield and J.M. Blocher Jr., The Electrochemical Society, Princeton, N.J., 1973.
(8) Proceedings of the Fifth International Conference on C.V.D., Edited by J.M. Blocher Jr., H.E. Hintermann and L.H. Hall, The Electrochemical Society, Princeton, N.J., 1975.
(9) Proceedings of the Sixth International Conference on C.V.D., Edited by L.F. Donaghey, P. Rai-Choudhury and R.N. Tauber, The Electrochemical Society, Princeton, N.J., 1977.
(10) C. Bernard, Y. Deniel, A. Jacquot, P. Vay et M. Ducarroir, *J. Less Common Metals*, 1975, **40**, 165.
(11) R.F. Lever, *I.B.M. J. Res. Develop.*, 1964, **8**, 460.
(12) L.P. Hunt et E. Sirtl, dans référence 5, 3.
(13) L.P. Hunt et E. Sirtl, *J. Electrochem. Soc.*, 1972, **119**, 1741.
(14) E. Sirtl, L.P. Hunt et D.H. Sawyer, *J. Electrochem. Soc.*, 1974, **121**, 919.
(15) V.S. Ban et S.L. Gilbert, *J. Electrochem. Soc.*, 1975, **122**, 1382.
(16) J.P. Duchemin, *Thèse*, Université de Caen, 1976.
(17) H.E. Carlton, J.H. Oxley, E.H. Hall et J.M. Blocher, Jr., dans référence 5, 209.
(18) C.P. Talley, Texaco Experiment, Inc., Tech. Report, ML-TDR-64-88, Part III, Aug. 1965, 174.
(19) M. Ducarroir, M. Jaymes, C. Bernard et Y. Deniel, *J. Less Common Metals*, 1975, **40**, 173.
(20) J.M. Harris, H.C. Gatos et A.F. Witt, dans référence 5, 799.
(21) M. Ducarroir et C. Bernard, dans référence 8, 72.
(22) H. Mellottee et G. Cochet, *Rev. Int. Htes Temp. et Réfract.*, 1976, **13**, 31.
(23) C.W. Wan et K.E. Spear, dans référence 9, 47.
(24) J. Thébault, R. Naslain, P. Hagenmuller et C. Bernard, *J. Less Common Metals*, 1978, **58**, 7.
(25) J. Thébault, R. Naslain et C. Bernard, dans référence 9, 285 ; et *J. Less Common Metals*, 1978, **57**, 1.
(26) C.W. Manke et L.F. Donaghey, dans référence 9, 151.
(27) H.E. Carlton et J.H. Oxley, *A.I. Ch. E. Journal*, 1967, **13**, 571.
(28) G. Wahl et P. Batzies, dans référence 7, 425.
(29) L. Vandenbulcke et G. Vuillard, dans référence 9, 3 ; et *J. Electrochem. Soc.*, 1977, **124**, 1931.
(30) L. Vandenbulcke et G. Vuillard, à publier.
(31) E.M. Sparrow, *Phys. Fluids*, 1959, **2**, 319.
(32) J.R. Lloyd et E.M. Sparrow, *Int. J. Heat Mass Transfer*, 1970, **13**, 434.
(33) R. Takahashi, Y. Koga et K. Sugawara, *J. Electrochem. Soc.*, 1972, **119**, 1406.
(34) R. Takahashi, K. Sugawara, Y. Nakazawa et Y. Koga, dans référence 5, 695.
(35) H.E. Carlton et J.H. Oxley, *A.I. Ch. E. Journal*, 1967, **13**, 86.
(36) K. Klosse et P. Ullersma, *J. Crystal Growth*, 1973, **18**, 167.
(37) J. Cueilleron et Y. Roux, *Ann. Chim. (Paris)*, 1972, **7**, 175.
(38) J. Cueilleron et Y. Roux, *Ann. Chim. (Paris)*, 1972, **7**, 235.
(39) J. Bloem, Proceedings of the Second International Symposium on Silicon Materials Science and Technology, The Electrochem. Soc., Princeton, N.J., 1973, 180.
(40) L. Vandenbulcke et G. Vuillard, dans référence 9, 318 ; et *J. Electrochem. Soc.*, 1977, **124**, 1937.
(41) T.O. Sedgwick, dans référence 9, 59.
(42) V.S. Ban, *J. Electrochem. Soc.*, 1971, **118**, 1473.
(43) V.S. Ban, *J. Crystal Growth*, 1972, **17**, 19.
(44) V.S. Ban et S.L. Gilbert, *J. Electrochem. Soc.*, 1975, **122**, 1382.
(45) V.S. Ban et E.A.D. White, *J. Crystal Growth*, 1976, **33**, 365.
(46) Sin-Shong Lin, *J. Electrochem. Soc.*, 1975, **122**, 1405.
(47) Sin-Shong Lin, *J. Electrochem. Soc.*, 1976, **123**, 512.
(48) T.O. Sedgwick, J.E. Smith Jr., R. Ghez et M.E. Cowher, *J. Crystal Growth*, 1975, **31**, 264.
(49) T.O. Sedgwick, G.V. Arbach et R. Ghez, dans référence 9, 79.
(50) J.E. Smith Jr. et T.O. Sedgwick, *Thin Solid Films*, 1977, **40**, 1.
(51) G. Cochet, H. Mellottee et R. Delbourgo, dans référence 8, 43 ; et *J. Electrochem. Soc.*, 1978, **125**, 487.
(52) A.R. Reinberg, *Electrochem. Soc. Abstr.*, 1976, **76-1**, 142.
(53) R.G. Poulsen, *J. Vac. Sci. Technol.*, 1977, **14**, 266.
(54) A.T. Bell, « Fundamentals of Plasma Chemistry », dans Techniques and Applications of Plasma Chemistry, éd. J.R. Hollahan et A.T. Bell, John Wiley and Sons, N.Y., 1974.
(55) A.T. Bell, dans référence 9, 205.
(56) K.K. Yee, dans référence 8, 283.
(57) J.A. Bondur, *J. Vac. Sci. Technol.*, 1976, **13**, 1023.
(58) R.S. Rosler, W.C. Benzing et J. Baldo, *Solid State Technol.*, 1976, **19**, 45.

(59) J.R. Hollahan, M.T. Wauk et R.S. Rosler, dans référence 9, 224.
(60) B. Bourdon, G. Sifre et I. Solomon, dans référence 9, 220.
(61) D. Küppers, H. Lydtin et L. Rehder, 1974, Gr. N° 2 444 100.
(62) J. Koenings, D. Küppers, H. Lydtin et H. Wilson, dans référence 8, 270.
(63) P. Geittner, D. Küppers et H. Lydtin, *Appl. Phys. Letters*, 1976, **28**, 645.
(64) D. Küppers, J. Koenings et H. Wilson, *J. Electrochem. Soc.*, 1976, **123**, 1079.
(65) D. Küppers, J. Koenings et H. Wilson, dans référence 9, 208.
(66) D. Küppers et H. Lydtin, dans référence 9, 461.
(67) K.S. Mazdiasni, C.T. Lynch et J.S. Smith, *J. Amer. Ceram. Soc.*, 1965, **48**, 372.
(68) K.S. Mazdiasni, C.T. Lynch et J.S. Smith, *J. Amer. Ceram. Soc.*, 1966, **49**, 286.
(69) M. Balog, M. Schieber, S. Patai et M. Michman, *J. Crystal Growth*, 1972, **17**, 298.
(70) K.J. Sladek et W.W. Gilbert, dans référence 6, 215.
(71) R.L. Hough, dans référence 6, 232.
(72) E.L. Jordan, *J. Electrochem. Soc.*, 1961, **108**, 478.
(73) J. Klerer, *J. Electrochem. Soc.*, 1961, **108**, 1070.
(74) S.W. Ing. Jr. et W. Davern, *J. Electrochem. Soc.*, 1965, **122**, 284.
(75) G.W. Heunish, *J. Electrochem. Soc.*, 1967, **114**, 642.
(76) J. Oroshnik et J. Kraitchman, *J. Electrochem. Soc.*, 1968, **115**, 649.
(77) K. Sugawara, T. Yoshimi et H. Sakai, dans référence 8, 407.
(78) K. Sugiyama, S. Pac, Y. Takahashi et S. Motojima, dans référence 8, 147.
(79) J. Spitz et J.C. Viguie, Brevet fr. N° 70 38 371.
(80) G. Blandenet, Y. Lagarde et J. Spitz, dans référence 8, 190.
(81) R. Morancho et G. Constant, *C.R. Acad. Sci. Paris*, 1977, **287**, 77.
(82) Y. Marfaing, *L'actualité chimique*, 1978, **1**, 7.
(83) H.M. Manasevit, *Appl. Phys. Letters*, 1968, **12**, 1566.
(84) H.M. Manasevit et W.I. Simpson, *J. Electrochem. Soc.*, 1969, **116**, 1725.
(85) P. Rai-Choudhury, *J. Electrochem. Soc.*, 1969, **116**, 1745.
(86) H.M. Manasevit et A.C. Thorsen, *Metal Trans.*, 1970, **1**, 623.
(87) S. Ito, T. Shinohara et Y. Seki, *J. Electrochem. Soc.*, 1973, **120**, 1419.
(88) A.C. Thorsen, H.M. Manasevit et R.H. Harada, *Solid State Electron.*, 1974, **17**, 855.
(89) V. Gottschalch, W.H. Petzke et E. Butter, *Krist. und Tech.*, 1974, **9**, 209.
(90) S.J. Bass, *J. Crystal Growth*, 1975, **31**, 172.
(91) Y. Seki, K. Tanno, K. Iida et E. Ichiki, *J. Electrochem. Soc.*, 1975, **122**, 1108.
(92) A.L. Lin, V. Dao et L.F. Donaghey, dans référence 9, 264.
(93) H.M. Manasevit, *J. Electrochem. Soc.*, 1971, **118**, 647.
(94) G.B. Stringfellow et H.T. Hall Jr., *J. Crystal Growth*, 1978, **43**, 47.
(95) G. Verspui, dans référence 9, 366.
(96) W. Von Muench et E. Pettenpaul, *J. Electrochem. Soc.*, 1978, **125**, 294.
(97) H. Schäfer, dans référence 8, 3.
(98) H. Schäfer, *J. Crystal Growth*, 1975, **31**, 31.
(99) H. Schäfer et M. Trenkel, *Z. Anorg. Allg. Chem.*, 1971, **382**, 249.
(100) P. Galmiche, *Metals and Materials*, 1968, **2**, 241 ; et *Aeronaut, et Astronaut.*, 1969, **8**, 31.
(101) P. Galmiche, *Aéronaut. et Astronaut.*, 1973, **41**, 33.
(102) P.N. Walsh, dans référence 7, 147.
(103) J.Y. Caradec, J.L. Philippart, B. Weber, A. Pentenero et A. Cassuto, brevet fr. N° 75 136 15, déposé par l'ANVAR.
(104) J.Y. Caradec, J.L. Philippart, B. Weber et A. Cassuto, *Surface Science*, 1976, **54**, 593.
(105) J. Y. Caradec, J. L. Philippart, G. Piquard, B. Weber M. Bargues et G. Metais, *Le Vide*, 1976, **182**, 69.
(106) G. Dejachy et J. Gillardeau, Brevet fr. N° 72 39 334 et 73 39 715.
(107) Y. Macheteau, *J. Crystal Growth*, 1975, **28**, 93.
(108) G. Dejachy, J. Gillardeau, P. Rigny et J. Oudar, dans référence 8, 178.
(109) J.L. Philippart, J.Y. Caradec, B. Weber et A. Cassuto, dans référence 9, 169 ; et *J. Electrochem. Soc.*, 1978, **121**, 162.
(110) E. Tanikawa, O. Takayama et K. Maeda, dans référence 7, 261.
(111) J. Chruma et P. Hilton, U.S. Patent N° 3 900 597, 1975.
(112) R. Rosler, *Solid State Technol.*, 1977, **20**, 63.
(113) R.J. Gieske, J.J. McMullen et L.F. Donaghey, dans référence 9, 183.
(114) R.E. Logar, M.T. Wauk et R.S. Rosler, dans référence 9, 195.
(115) M.L. Hammond, dans référence 9, 144.

De nouvelles matières de base pour la chimie organique de demain *

par Roger Dumon

(*Directeur des recherches et développements de la S.A. Heurtey.*)

L'utilisation du pétrole en tant que combustible est remise chaque jour en question : l'énergie nucléaire, le charbon et même les combustibles renouvelables apparaissent comme des sources d'énergie importantes dans un proche avenir.
Le remplacement du pétrole et du gaz naturel comme source de matières premières s'avère beaucoup plus délicat.
Pourtant, la plupart des matières plastiques, des solvants, des caoutchoucs synthétiques, des acides organiques, etc... existaient avant l'arrivée de la pétrochimie.
Mais le pétrole représente une matière concentrée facile à mettre en œuvre et la pétrochimie a balayé la carbochimie qui avait déjà fait disparaître la vieille chimie organique du 19e siècle basée sur les matières renouvelables, sur les produits naturels et sur le bois
Aujourd'hui, tout est remis en question et l'on s'aperçoit que les produits pétrochimiques peuvent être tirés d'autres sources de matières premières : la carbonisation et la valorisation chimique du bois, les fermentations, l'hydrogénation et la carbonisation de la houille vont prouver ou retrouver tout leur intérêt.

**Exposé présenté au cours de la journée d'étude organisée, le jeudi 15 juin 1978, par la Section 14 de la Société des Électriciens et Électroniciens sur le thème : « Nouveaux aspects de la chimie à travers l'énergie nucléaire ».*

Charbon

Le retour à la carbochimie s'affirme comme la solution la plus facile à la crise du pétrole et du gaz naturel. La carbochimie n'a cédé que lentement sa place à la pétrochimie et n'a jamais abdiqué dans les pays riches en charbon (Afrique du Sud, Pologne). Ce n'est qu'en 1960 que le pétrole a vraiment remplacé le charbon comme matière première dans l'industrie chimique occidentale.
Mais la carbochimie d'alors était un sous-produit de la sidérurgie et les quantités de goudrons et de gaz disponibles étaient limitées par la production de coke, c'est-à-dire par la production d'acier.
Demain, la carbochimie pourra utiliser les quantités de charbon dont elle aura besoin mais devra valoriser intégralement tout le charbon.
Ce ne sera plus la même carbochimie.
Le carbone ne pourra pas être la seule base de la chimie organique, il faudra lui associer l'hydrogène, produit par électrolyse.
Toute une chimie sera récréée à partir de charbon et d'électricité ou mieux de CO et de H_2. La gazéification hydrogénante du charbon redonnera le méthane aux multiples applications (ammoniac-méthanol, etc...).
Le carbure de calcium associant également carbone et électricité retrouvera de l'intérêt et permettra de faire revivre la chimie de l'acétylène par ses dérivés favoris : chlorure et acétate de vinyle, acétaldéhyde, etc...
L'oxyde de carbone, sous-produit, pourrait être valorisé chimiquement.

Matières végétales et bois

Au 19e siècle, toute la nature concourait au développement de la chimie organique, proche des industries agro-alimentaires, et les matières premières possédaient la double qualité d'être très variées et renouvelables.
Les végétaux conduisaient à la chimie du glucose, des acides gras, de l'alcool et de ses multiples dérivés (éthylène, acide acétique...).
Le lait conduisait à la première matière plastique : la galalithe. Le caoutchouc naturel était sans concurrent.
La betterave et la canne donnaient sucre, alcools et dérivés.
Les os, la peau des animaux donnaient des colles, des gélatines.
Et, surtout, le bois avait permis le développe-

ment d'une très vaste chimie : la xylochimie avec des productions importantes de solvants, d'acide acétique, de glucose, de méthanol et d'un grand nombre de petits produits.

Mais tout comme le soleil qui leur avait donné naissance, ces produits étaient dispersés à la surface du globe; il fallait les collecter sur de grandes surfaces et les unités de production restaient de faible capacité. Les nécessités du gigantisme industriel moderne ont condamné cette chimie du 19e siècle. Mais une nouvelle chimie est en train de naître sous la pression de la crise du pétrole et de la défense de la qualité de la vie.

Si la France est pauvre en pétrole comme en charbon, elle dispose de bois et de nombreux déchets végétaux inutilisés.
Il reviendrait donc bien à un pays comme le nôtre de chercher à valoriser les seules richesses dont il dispose mais qui sont renouvelables : les richesses agricoles et forestières. Ce ne sont pas des techniques entièrement nouvelles puisque le meilleur exemple est fourni par l'éthanol qui, après avoir été une source d'éthylène, en est devenu un dérivé.

Autrefois, l'éthanol d'origine végétale permettait de préparer un grand nombre de produits chimiques comme l'éthylène. L'invasion totale de la pétrochimie a conduit à produire l'éthanol à partir d'éthylène, mais déjà au Brésil puis en Indonésie, l'éthylène va être préparé à nouveau à partir d'alcool végétal. La situation commence à s'inverser et le coût de l'éthanol de synthèse tend à se rapprocher de celui de l'éthanol de fermentation.

Des aliments du bétail, des arômes sont préparés industriellement par valorisation chimique du bois. Les protéines du pétrole ont donné lieu à bien des oppositions, alors que les protéines produites par fermentation des liqueurs noires de papeterie ont facilement trouvé un marché.
Les déchets des industries papetières vont d'ailleurs constituer une masse importante de matières de départ pour une nouvelle chimie du bois : celle du 21e siècle.

Deux tendances s'affrontent dès aujourd'hui : certains préfèrent gazéifier bois et matières végétales et reconstruire toute la chimie à partir de $CO + H_2$, d'autres ménagent les molécules végétales en gardant des structures déjà construites. Il est logique de craquer moins profondément pour moins repolymériser ensuite ; mais les molécules dans les végétaux sont très variées et les quantités mises en jeu dans chaque famille sont trop faibles pour conduire à de très grandes capacités. C'est là le défaut des sources des matières végétales trop variées, trop dispersées face aux matières pétrolières uniformes, simples et concentrées.

Gaz et hydrogène

Le carbone est rare à la surface de la terre, on cherche donc à récupérer le carbone du CO et même du CO_2 pour préparer les squelettes des produits chimiques de demain. La chimie de l'oxyde de carbone va démontrer tout son intérêt.
De grandes quantités de gaz carbonique s'échappent des cimenteries, des fours à chaux, des unités chimiques de neutralisation (carbonate de soude) et de fermentation. Combiné à l'hydrogène électronucléaire d'heures creuses, le gaz carbonique pourra conduire à la préparation du méthanol, base chimique mais aussi carburant du futur.

Que ce soit en partant du charbon ou des sous-produits du bois et des végétaux, la chimie organique de demain devra faire intervenir de très grandes quantités d'hydrogène pour aboutir à la plupart des produits qu'elle désire fabriquer. Le rapport $\frac{H_2}{C}$ des matières de départ est en général trop faible. Ce sera d'ailleurs une excellente façon de valoriser l'hydrogène (dont on peut affirmer qu'il constituera un vecteur essentiel de l'énergie nucléaire) car l'hydrogène chimique est plus précieux que l'hydrogène thermique. L'hydrogène s'avèrera indispensable dans la gazéification du charbon, la valorisation chimique du bois, etc...

Ammoniac et engrais

Jusqu'en 1950, l'ammoniac était produit à partir d'hydrogène électrolytique et l'arrivée d'énergie nucléaire bon marché favorisera le retour de l'électrolyse. Par ailleurs, les pays riches en charbon s'équipent tous pour gazéifier le charbon et produire les gaz de synthèse. Même le bois gazéifié peut conduire au gaz $CO + H_2$ et à l'ammoniac.
L'ammoniac, source d'azote agricole et industriel ne dépend donc pas uniquement des produits pétroliers : toutefois la disponibilité d'abondants gisements de gaz naturel constituera un avantage économique déterminant pour sa fabrication. Ce ne sera pas éternel.
L'acide nitrique était autrefois produit à l'arc électrique à partir d'air et d'eau. Le passage par l'ammoniac pourra, dans une certaine mesure, être remis en question.

Caoutchouc

A côté du caoutchouc naturel qui conserve des avantages sérieux, l'acétylène pourra toujours être utilisé pour préparer les polybutadiènes, le néoprène, le caoutchouc nitrile comme ce fut le cas en Allemagne. L'alcool agricole continue ses emplois dans ces mêmes domaines en URSS.
Il est temps de perfectionner des procédés déjà développés à partir d'acétylène et d'alcool alors que depuis des decennies tous les efforts sont consacrés aux caoutchoucs d'origine pétrochimiques.

Solvants

L'acétone produit par carbonisation du bois a peu de chance de retrouver des applications industrielles et de remplacer la déshydrogénation de l'isopropanol pétrochimique, mais l'hydratation de l'acétylène pourra devenir rentable.

Les solvants aromatiques pétrochimiques n'ont remplacé que depuis peu les aromatiques des cokeries, de la carbonisation de la houille.

L'éther diéthylique peut aussi bien être produit par déshydratation de l'alcool que par l'hydratation ménagée de l'éthylène

Acides organiques

Les acides organiques constituent une famille de corps bien placés pour quitter la pétrochimie.
Autrefois, l'acide acétique était obtenu par distillation du bois mais un tel procédé à peu de chance de redevenir rentable. Mais l'acétylène est une matière de base classique et logique pour sa fabrication.
L'acide oxalique est classiquement dérivé des végétaux.
L'acide lactique est obtenu par fermentation de lactosérum aussi bien que par hydrolyse de lactonitrile ex acétaldéhyde pétrochimique ou carbochimique.

Matières plastiques

Les polymères vinyliques pourront retrouver l'acétylène comme matière de départ dans les pays riches en charbon et en électricité. L'acétate de vinyle peut être produit à partir d'éthanol.
La glycérine base de résines glycérophtaliques est produite aujourd'hui synthétiquement à partir de propylène avec l'épichlorhydrine comme intermédiaire. Une partie est encore produite à partir de matières grasses dans les savonneries. Des expériences sont en cours pour la fabrication par hydrogénation du glucose végétal.
L'acrylonitrile peut provenir aussi bien d'acétylène ex charbon que de propylène ex pétrole ou d'éthanol de fermentation.
Les phénols grands intermédiaires dans la production des résines phénoplastes ont été pendant longtemps un sous-produit des cokeries. On peut les préparer par traitement (hydrogénation - hydrocraquage) de la lignine, des liqueurs noires de papeteries.
Le formaldéhyde autre grand intermédiaire peut provenir de méthanol pétrochimique, carbochimique, de fermentation ou de gazéification du bois.

Les plastifiants à base d'anhydrides maléique et phtalique sont des produits carbochimiques aussi bien que pétrochimiques. L'anhydride maléique est déjà préparé à partir de furfural en URSS.

Les alcools OXO utilisent les gaz de synthèse $CO + H_2$ de toutes origines.
Les sébaçates dérivent de matières agricoles.

Textiles

Pour la production de polyamides, de polyesters et d'acryliques, les matières de départ sont aussi bien carbochimiques que pétrochimiques.

Dans les polyamides, le polymère II Rilsan provient d'huile de ricin. Les polyamides 6-6 et 5 pourront sans doute être produites à partir de furfural d'origine papetière et agricole.
Les textiles cellulosiques en pleine décadence reviendront sous une autre forme.

Carbochimie ou pétrochimie

Les grandes lignes de partage entre carbochimie et pétrochimie évolueront suivant le coût et la rareté des produits pétroliers à travers le temps et d'un pays à l'autre.
L'abondance et la facilité d'extraction du gaz naturel continueront à favoriser certains pays privilégiés (Iran, Libye, URSS, etc...). Au contraire, certains pays riches en charbon ne l'ont jamais abandonné (Afrique du Sud) ou s'apprêtent à le retrouver comme matière de départ pour la chimie organique (Pologne, Indes, Yougoslavie...).
Les zones d'exploitation concentrée de charbon (Ruhr, Silésie, Donetz...) pourront favoriser son utilisation en chimie organique alors que les cokeries dispersées ont rendu trop coûteuse la collecte des produits carbochimiques, mais les grandes raffineries de pétrole avantagent toujours la pétrochimie.

Produits naturels ou produits pétrochimiques

Certains produits naturels restent sans équivalent pétrochimique comme la gélatine (photographique) ou certaines huiles essentielles (parfums) mais la concentration et l'abondance du pétrole ont conféré aux produits agricoles et forestiers un caractère artisanal et folklorique qu'ils perdront difficilement.
Il faudra cependant tenir compte que de très grandes quantités de déchets végétaux :
30 millions de tonnes de paille par an en France,
30 millions de tonnes de déchets de bois et de petits bois,
9 millions de tonnes de raffles de maïs, etc...
devront un jour trouver une utilisation malgré leur dispersion et tendront à favoriser la valorisation chimique de ces matières végétales.

Plusieurs millions de m^3 de vinasses de distilleries, de lactosérum, de liqueurs noires, etc... constituent des sources de pollution et seront forcément de mieux en mieux utilisés pour en tirer des protéines, des acides aminés, des bases pharmaceutiques de grande valeur. La protection de l'environnement favorisera le développement d'une nouvelle chimie organique : celle du 21e siècle.

Les développements nécessaires

Depuis 1950, la chimie du bois a complètement disparu, la carbochimie n'a cessé de décroître et seules les fabrications pétrochimiques ont été l'objet de développements et de recherches. La pétrochimie l'a donc emporté même dans les domaines où la carbochimie présentait des avantages certains (aromatiques).
La pétrochimie grâce à l'ingéniérie qu'elle a su créer, grâce aux récents progrès technologiques, grâce aux puissants moyens d'informatique et d'automatisme, a été le secteur où la productivité a été poussée à son niveau le plus élevé.
Il faut reprendre des recherches sur les procédés de production de la chimie à partir de charbon et de produits végétaux. On a trop favorisé le pétrole qui nous fait tant défaut.

Conclusions

Grâce à son faible prix, à sa concentration en des points bien déterminés du globe, à sa facilité de transport, le pétrole a envahi la chimie organique constituant peu à peu, en un quart de siècle (1950-1975), la matière première à peu près unique de cette chimie aux multiples facettes.
Mais le pétrole devient de plus en plus coûteux et deviendra de plus en plus rare.
L'éthylène, le propylène et certains de leurs dérivés continueront à être tirés du pétrole et constitueront avec les carburants pour moteurs les ultimes applications du trop éphémère pétrole. Par contre, peu à peu, les autres produits de la chimie organique redeviendront les dérivés possibles de la carbochimie et même des matières renouvelables (bois, végétaux) dont la France dispose en quantité importante.
L'hydrogène et l'électricité auront un rôle à jouer pour compléter le traitement du charbon et du bois et produire les hydrocarbures souhaités. L'hydrogène chimique s'affirmera comme une matière essentielle de la chimie organique et valorisera au mieux l'électricité nucléaire
Une nouvelle chimie organique va donc naître. Il appartient à l'État d'en soutenir le développement alors qu'il favorise toujours les applications des dérivés du pétrole.

Le carbure de calcium *

par Yvan Schwob

(P.C.U.K.)

1. Rappel historique

Si la découverte de l'acétylène revient incontestablement à Berthelot en 1860, celle du carbure de calcium est restée discutée.
En 1892, Moissan en France et Wilson au Canada découvrent le carbure de calcium par fusion réductrice de la chaux à haute température. Leur mérite est grand à l'un et à l'autre, car si Moissan s'est surtout employé à explorer toutes les voies théoriques ouvertes par cette nouvelle chimie des hautes températures, Wilson a fait progresser la technologie des fours électriques à arc.

Il est remarquable d'ailleurs que tous les travaux de Berthelot sur l'acétylène en tant que base de la chimie organique ont été effectués à l'aide d'une préparation par combustion incomplète de gaz d'éclairage, anticipant de près d'un siècle la technologie dans ce domaine.

Et c'est toujours l'éclairage, et notamment celui des villes, qui a servi de locomotive, si l'on peut dire, au développement de l'acétylène lui-même. Mis au concours depuis longtemps (Lavoisier lui-même lui doit ses premiers travaux !) l'éclairage se laisse séduire par la « flamme pure et blanche » de l'acétylène, bien que le manchon Welsbach lui dispute déjà ce privilège. Il est intéressant de rappeler qu'en 1911 par exemple, près de 1 000 villes, dont exactement 227 en France, étaient illuminées grâce à l'acétylène !

L'éclairage électrique mit un terme à cette compétition, mais le carbure se voit sauvé par le chalumeau oxy-acétylénique en même temps qu'apparaissent les premiers emplois chimiques.

La cyanamide calcique d'abord, premier engrais azoté de synthèse se développe rapidement. Produit par centaines de milliers de tonnes vers 1925, la cyanamide recule devant l'ammoniac synthétique. Mais heureusement apparaissent pour le carbure des emplois nouveaux : dérivés chlorés, acétaldéhyde, chlorure et acétate de vinyle, ...

La simplicité de la filière ex-acétylène séduit rapidement et permet de faire face au prodigieux développement de l'après-guerre. Mais la pétrochimie devient reine ; la dure loi économique fait une fois de plus reculer le vieux carbure qui se défend pourtant pas à pas.

Où en est-il exactement aujourd'hui ?

Exposé présenté au cours de la journée d'étude organisée, le jeudi 15 juin 1978, par la Section 14 de la Société des Électriciens et Électroniciens sur le thème : « Nouveaux aspects de la chimie à travers l'énergie nucléaire ».

La figure 1 donne l'évolution de la situation mondiale du carbure et de l'acétylène.

On notera la croissance des consommations dans les années 50 et l'apparition de l'acétylène ex-hydrocarbure. Les palliers concernant les emplois de la soudure correspondent à l'apparition de la soudure électrique. L'éclairage n'a jamais complètement disparu. Il consomme encore du carbure dans certaines régions éloignées et pour des emplois très particuliers.

2. Fondements thermodynamiques de la fabrication du carbure de calcium

La réaction fondamentale sur laquelle est basée la production du carbure est la suivante :

$$CaO + 3\,C \rightleftarrows CaC_2 + CO - \varphi$$

Les données thermodynamiques connues permettent un calcul *a priori* des constantes d'un tel équilibre.
Deux cas sont à envisager, suivant que la réaction peut être conduite en milieu solide ou fondu.

A l'état solide (donc en dessous de 1 800° environ) l'équilibre est monovariant. Sa température d'inversion est seule fonction de la pression, ce qui veut dire qu'à pression atmosphérique elle est fixe.

A l'état fondu, par contre, chaux et carbure étant fusibles, l'équilibre est bivariant. A pression fixe, la température réactionnelle reste fonction d'un autre facteur qui est bien entendu la concentration.
Ainsi, aux températures qui nous intéressent, la proportion de chaux libre en solution dans le carbure formé (son « activité ») est une donnée fondamentale de l'équilibre.

Sans entrer dans le détail de calculs qui sont d'ailleurs forcément imprécis, la théorie conduit aux conclusions suivantes :
1. Il est impossible de réduire toute la chaux, la température tendant vers l'infini pour une concentration en CaO nulle.
2. Les corps étrangers qui réduisent l'activité de la chaux (par exemple SiO_2, Al_2O_3...) agissent sur la température réactionnelle suivant une courbe exponentielle.
3. Au-delà de certaines teneurs en impuretés (SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3...) celles-ci sont réduites suivant des lois analogues, le carbure apparaissant alors comme le « laitier » d'un four à ferro-alliages.

On ne peut donc espérer produire par fusion réductrice de la chaux que des mélanges plus ou moins riches en carbure.
Pratiquement les produits industriels sont toujours placés entre 60 et 90 % de CaC_2, l'optimum entre prix de revient et d'emploi se situant souvent aux alentours de 75 %.

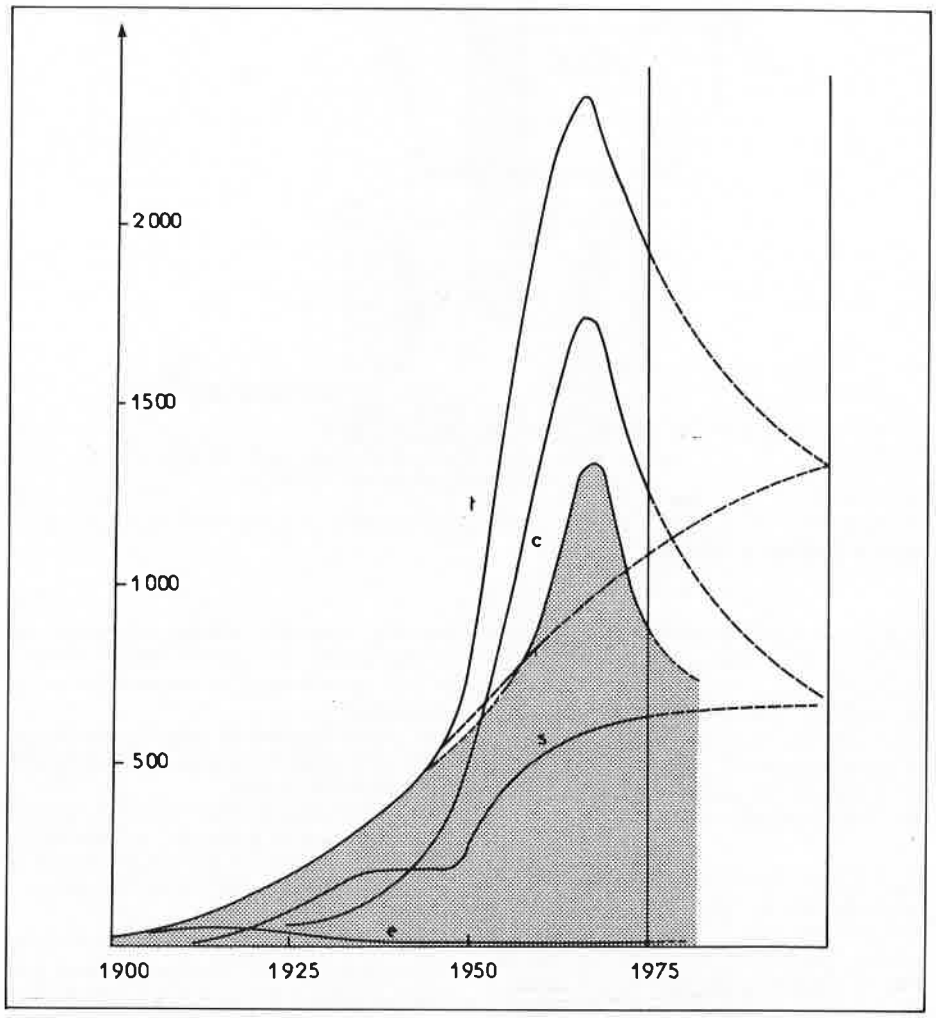


Figure 1. Consommation mondiale de C_2H_2 : éclairage (e), soudure (s), chimie (c), totale (t) en milliers de tonnes. La surface grise représente la production à partir du carbure de calcium.

3. Les fours à carbure

La réduction en milieu solide a donné lieu à quelques tentatives industrielles. Elles ont toutes tourné court devant l'étroitesse de la marge existante entre les températures réactionnelles et les températures de fusion des mélanges. D'ailleurs, à pression atmosphérique l'inversion ne se réalise pas avant fusion, de sorte qu'un balayage d'inerte serait indispensable.

La fabrication au bas fourneau à oxygène est possible. Le calcul peut en être fait assez facilement. Des essais industriels importants ont été conduits en Allemagne notamment. Les écueils principaux sont apparus du fait de la mise au mille * importante des réducteurs cendreux, transformant pratiquement les fours en des *gazogènes à oxygène* avec fusion de cendres (contenant le carbure). La valorisation des gaz conduit alors à considérer le carbure comme un sous-produit de l'opération.

Seul le four électrique s'est maintenu jusqu'ici pour réaliser la fusion réductrice de la chaux.

* *Mise au mille : quantité de matière entrant dans la composition d'une tonne de produit final.*

Qu'est-ce qu'un four à carbure ?

Examinons successivement comment se présente le four à carbure suivant le plan considéré.

Au plan des matières premières :

Chimiquement, on souhaite disposer des produits les plus purs possibles pour les raisons théoriques invoquées plus haut. Les mises au mille pratiques sont les suivantes :
Chaux 900 kg
Réducteurs 600 kg
Électrodes 20 kg

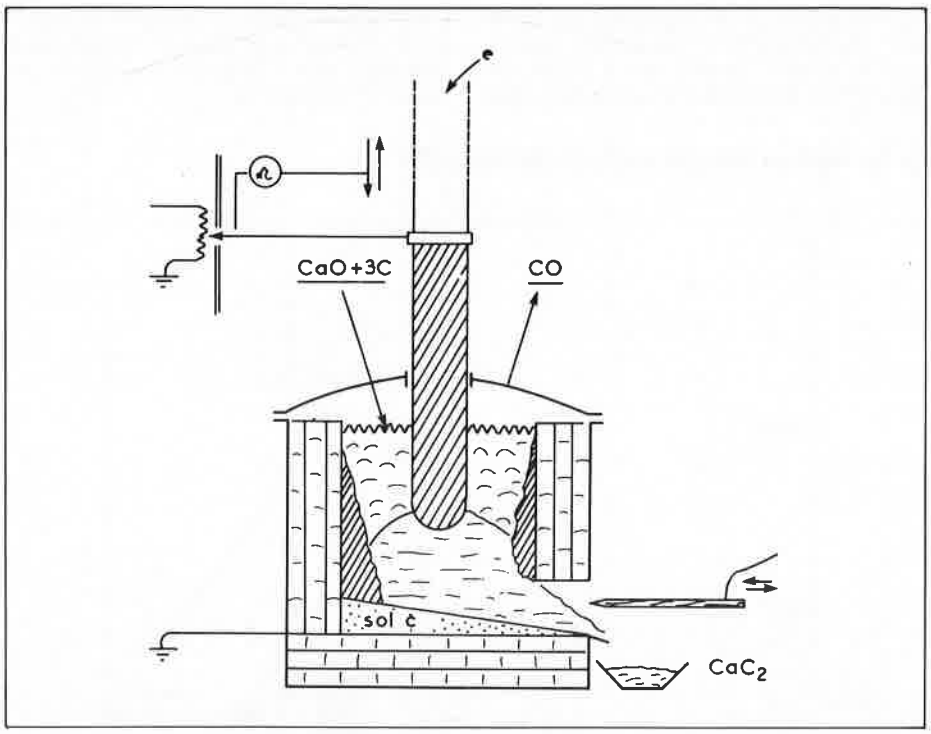


Figure 2. Four à carbure.

Physiquement, l'alimentation du four impose une granulométrie régulière. En effet, l'évacuation nécessaire du CO et son meilleur échange thermique conduit à préférer des matières premières régulières. La fusibilité de la chaux par opposition au carbone fait que l'exigence est moindre pour le premier par rapport au second.

Le carbure lui-même est très mauvais conducteur de la chaleur. Si cette propriété est favorable pour la tenue des réfractaires (auto-garnissage) et des lingotières, elle rallonge par contre la durée de refroidissement. De ce fait, le carbure éminemment altérable subit une attaque par les gaz atmosphériques (CO_2, N_2, H_2O) de sorte qu'il est courant de perdre 1,5 à 2 % de la production.

Le CO dégagé est poussiéreux et souillé d'impuretés diverses. Sa récupération autre que thermique a toujours posé de grands problèmes.

Au plan électrique, la consommation dépasse légèrement 3 MWH par tonne. Elle est obtenue classiquement comme dans tout four électro-métallurgique. Une tension de quelques centaines de Volts et une densité de courant inférieure à 10 A/cm^2 de surface d'électrode sont couramment conseillées.

Le bilan thermique est resté médiocre : 50 % seulement de l'énergie électrique fournie au primaire se retrouve dans le carbure. La moitié des pertes provient de la chaleur latente de refroidissement et de la chaleur sensible du produit. De ce côté, une récupération n'est pas impossible encore qu'elle n'a, jusqu'ici, pu être pratiquée. 10 % de l'énergie est perdue dans les circuits du secondaire du fait des intensités élevées nécessaires se comptant par centaines de milliers d'ampères. Le cosinus φ est moyen (0.85) dans les cas courants.
Les pertes thermiques par les parois des fours sont quasi-inévitables du fait du nécessaire auto-garnissage.
Enfin, les pertes par chaleur sensible des gaz sont importantes aussi, car la hauteur de charge à traverser est limitée par la contrainte d'électrodes les plus courtes possibles.

Les électrodes aujourd'hui continues peuvent comporter une zone axiale creuse permettant l'injection sous pression des fines de matières premières provenant de l'alimentation ou du dépoussiérage.

Les transformateurs électriques utilisés pour des fours triphasés, seuls actuellement concevables, sont également analogues à ceux équipant les fours électro-métallurgiques (haute tension au primaire pouvant aller à 150 kVolts, secondaire à prises variables avec régulation par la hauteur des électrodes).

La souplesse de marche des fours à carbure est considérable. Ainsi un four de 50 MWH peut marcher communément entre 50 et 100 % de sa charge. Il peut aussi être arrêté et remis en route pratiquement sans problème, de sorte que 2 fours de 50 MWH par exemple, permettent une marche pouvant aller d'une puissance de 25 à 100 MWH.
Si on ajoute à un tel ensemble un four de 20 MWH on peut pratiquement couvrir sans problème une puissance allant de zéro à 100 MWH.

Le stockage du carbure ne pose pas de problème technique. On utilise couramment des silos de forte capacité sous atmosphère inerte.

L'inertie d'un four à carbure est minime du fait du volume très réduit de son laboratoire, celui-ci est pratiquement réduit aux quelques m^3 situés entre les électrodes et la sole.

Au plan de l'environnement, les remarques suivantes peuvent être faites :
- côté matières premières et CO, pas de problème qui ne soit techniquement soluble aujourd'hui,
- côté coulée et refroidissement du carbure, des problèmes apparaissent du fait de la finesse exceptionnelle des « fumées » et de la présence de traces de cyanure contenues. Ces problèmes ont cependant été solutionnés aujourd'hui dans les fours modernes de grande puissance.

La robustesse des fours est surprenante : nombreux sont ceux construits dans les années 30 et qui fonctionnent encore aujourd'hui avec leur cuve d'origine ; même le changement des garnissages ne s'impose pas à la cadence d'autres fours utilisant des technologies à haute température ; la mauvaise conductibilité thermique du carbure représente de ce point de vue un avantage incontestable.

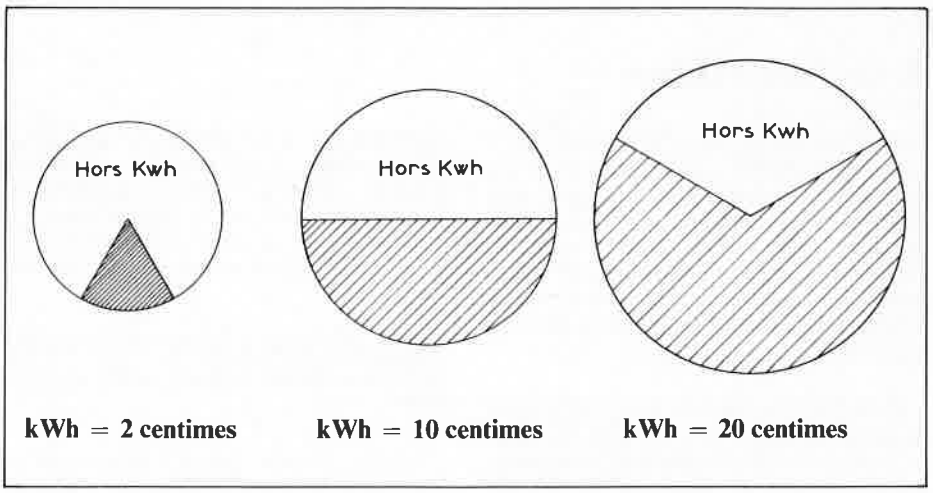


Figure 3. Prix de revient hors amortissement.

4. Conclusion

L'emploi du carbure de calcium comme source de matière première pour la chimie et comme accumulateur d'énergie ne pose aujourd'hui que peu de problèmes techniques. Sa renaissance éventuelle est conditionnée par le prix du kWh disponible.
Pour illustrer l'importance de ce facteur, nous avons porté sur la figure 3 les rapports respectifs des éléments du prix de revient hors amortissement pour 3 prix de kWh différents.
En utilisant une même échelle, il est saisissant de noter qu'en fait, le prix du kWh exerce une influence dominante sur la décision d'emploi ou non du carbure de calcium.
En portant témoignage sur les possibilités du carbure de calcium, qui a tant contribué au développement industriel de la première moitié du siècle, on ne peut que lui souhaiter une nouvelle jeunesse.
Son éclipse des dernières années n'apparaîtra alors que comme une péripétie de plus dans une longue vie pleine d'histoires.
Son atout principal reste sa rusticité ; car il n'est pas commum qu'avec si peu d'exigences concernant des matières premières somme toute banales, on puisse obtenir un acétylène quasi-pur.
La filière carbure-acétylène a de ce fait toujours séduit par sa simplicité.

COLLECTION
LES OBJECTIFS SCIENTIFIQUES DE DEMAIN

ÉCONOMIES ET CONVERSIONS D'ÉNERGIE

par Roger Dumon
(Directeur des Développements et Relations extérieures de la S.A. Heurtey)

Comment se présentera au plan économique notre Société en l'an 2000 ?

Cela dépendra, en grande partie, du coût de l'énergie, des progrès réalisés dans les techniques d'économies et de conversions de cette énergie, voire des découvertes de «nouvelles» sources d'énergie.

Roger Dumon a le mérite, dans son livre, de présenter très complètement, par grands secteurs industriels, les solutions à adopter pour économiser l'énergie, réduire les pertes énergétiques au cours des transformations et des conversions.

En fait, pour ingénieurs et universitaires, un livre indispensable pour bien comprendre ces importantes questions d'actualité.

165 pages 16 x 24 ; 78 F.

Masson, 120, boulevard Saint-Germain, F. 75280 Paris Cedex 06.

Pourquoi une recherche en « Chemical Education » ?

par Mme Alexandra Kornhauser

(Professeur à l'Université de Ljubliana, Yougoslavie).

En septembre 1977 s'est tenu à Ljubliana un symposium sur la « Chemical Education » organisé par l'IUPAC et l'UNESCO avec la participation de la Fédération des Sociétés Chimiques Européennes (FECS). Cette dernière avait organisé à la suite de ce symposium des journées sur les problèmes et prospectives pour l'éducation en chimie dans la décade à venir.

Au cours de cette rencontre, Mme Alexandra Kornhauser, Professeur à l'Université de Ljubliana, a présenté une conférence plénière sur la recherche en éducation dans le domaine de la chimie. Cette conférence nous a paru suffisamment importante par l'ampleur des problèmes qu'elle soulève pour que nous en reproduisions le texte in extenso dans l'Actualité chimique.

C'est volontairement que le terme « Chemical Education » n'a pas été traduit. En effet, ce terme anglo-saxon recouvre, comme on le verra, des problèmes plus généraux que ceux de l'enseignement, mais ne peut pas non plus être traduit exactement par « Education en chimie ». J'ai donc laissé dans le texte le mot « Chemical Education » contracté sous la forme « C.E. », en attendant de trouver un terme adéquat, qui ne soit ni du franglais ni une périphrase trop longue.

La conférence se termine par une abondante bibliographie, qui n'a pas été reproduite, mais qui peut être demandée au signataire de ces lignes.

R. Viovy, Président de la Division Enseignement de la chimie de la S.C.F., 92211 Saint-Cloud.

A la fin du 20e siècle, l'éducation est devenue un besoin et un droit pour chaque être humain. C'est la condition de la survie de la race humaine, l'espoir dans le progrès et la promesse d'une vie plus riche et plus heureuse pour les hommes.
La chimie est une science essentielle dans ce développement. En même temps, les sciences en général et la chimie en particulier, représentent aussi une menace. Leurs résultats peuvent être utilisés pour le bien ou le progrès, ou au contraire, contribuer à la destruction de l'homme et de la nature. Le choix en appartient à l'homme. Ses normes éthiques, développées par l'éducation, sont la clé des solutions futures.
« C.E. » n'avait jamais été destinée auparavant à d'aussi hautes finalités. L'approche purement pragmatique, utilisée encore dans la première moitié de notre siècle, ne satisfait plus aux nouvelles demandes.

Une recherche intensive dans ce domaine est indispensable pour plusieurs raisons :
1. La croissance exponentielle de l'information sur les résultats scientifiques rend les programmes basés sur ce contenu, lourds et inadéquats. De nouveaux programmes indépendants et utilisant des approches basées sur la découverte et les méthodes actives ont été mis au point pour les différents niveaux de l'éducation.
2. Les théories fondamentales de la chimie sont de plus en plus abstraites et de moins en moins compréhensibles pour la majorité des gens. Il est donc nécessaire de développer des méthodes d'enseignement aidant le développement de la pensée formelle.
3. Le changement complexe et rapide de la technologie requiert non seulement plus de connaissances et de compréhension, mais aussi une meilleure adaptabilité aux situations nouvelles, et un esprit créatif pour un rôle actif au sein de celles-ci.
4. Pour combler l'énorme fossé qui existe en éducation entre pays développés et en voie de développement des efforts importants doivent être faits dans ces derniers.
5. La démocratisation plus grande fait que plus de gens ont à prendre de décisions. Depuis que l'homme sait qu'il est réellement capable de choisir, l'éducation est la condition du progrès dans les relations sociales. On doit développer le contenu et les méthodes des aspects sociaux de la chimie et de la technologie.
6. La science au même titre que les arts est en train de devenir une partie importante de la culture humaine. Les aspects culturels de la chimie doivent être compris et ses aspects humains expérimentés. Pour cette tâche on dispose simplement d'un certain travail historique.

La recherche fondamentale, appliquée et développée, constitue le besoin essentiel en « C.E. » pour les décades à venir. Une telle recherche doit répondre aux critères ci-dessus énoncés. Elle doit aussi être évaluée par rapport aux buts que l'on s'est fixés.

Il y a donc une nécessité de recherche en « C.E. ». Où en sommes-nous ? Une tentative de réponse à cette question est donnée dans la récente littérature qui sera résumée dans les paragraphes suivants.

Recherche générale en « C.E. »

Depuis plus de 50 ans, des psychologues expérimentaux ont essayé de définir des étapes dans l'apprentissage des étudiants et de rechercher les meilleures conditions de succès. La psychologie a essayé de décrire les étapes du développement de la pensée de l'étudiant. Ces efforts forment la base de la théorie générale de l'enseignement de nos jours. Très peu d'enseignants chimistes ont participé à ces équipes de recherches psychologiques.
Mais, en relation avec les résultats, de nombreux chimistes ont étudié de nouveaux programmes.

Nous mentionnons ici quelques exemples pris dans la littérature anglaise qui est l'une des plus riches :
- Nuffield Foundation : Combined Science, Longman, 1970.
- Nuffield Foundation : Secondary Science, Longman/Penguin, 1971.
- Nuffield Foundation : « O » level Chemistry, Longman/Penguin, 1966.
- Nuffield Foundation : « A » level Chemistry, Penguin Education, 1970.
- Revised Nuffield Chemistry, Longman, 1975.
- Schools Council Integrated Science, Longman/Penguin, 1973/74.
- A.H. Johnstone, T.I. Morrison, Chemistry Takes Shape, Heinemann, 1970.
- Schottish Secondary Science, Heinemann, 1974.
- National Science Foundation : Chemical Bond Approach/Chemical Systems, Mc Graw-Hill, 1964.
- National Science Foundation : Chemical Education Material Study (CHEM-Study), W.H. Freeman, 1963.
- IAC - Interdisciplinary Approaches to Chemistry, Harper & Row, 1974.
- ASEP-Australian Science Education Projet, 1969-1974.

Il y en a un certain nombre d'autres, moins connus, en particulier à cause de la barrière des langues.
Dans ces articles, on trouve des analyses sur ces sujets, et on développe des méthodes d'enseignement, qui s'appuient sur des tests, des manuels de laboratoires, des livres du maître, des films et d'autres moyens audiovisuels, des modèles d'expérience, des textes, etc... Des cours de recyclage sont organisés pour des enseignants et on analyse les résultats.

Dans plusieurs projets on a intégré les efforts des professeurs de chimie aux niveaux élémentaire, secondaire, et supérieur. Des chercheurs ont aussi participé à certaines expériences. Cependant, les psychologues en sont généralement absents.

Les deux approches, la première orientée vers une théorie générale de l'apprentissage, la seconde vers le contenu et les méthodes utilisés dans les programmes, négligeaient le fait que l'éducation est un processus qui ne peut pas être séparé en différentes parties.

On a éprouvé les mêmes difficultés dans toutes les sciences expérimentales et même en mathématiques (Bauersfeld, 1976). Actuellement, on favorise dans la recherche en « C.E. » le développement de théories plus complexes sur l'enseignement et l'apprentissage avec des apports de la psychologie, de la sociologie et en tenant compte des interactions entre science, technologie, programmes, étudiants, enseignants et sociétés.

Ce processus complexe vient seulement de débuter. Aussi beaucoup de rapports en « C.E. » se réfèrent encore à l'approche ancienne, partielle, avec une évaluation problématique des résultats, où la recherche est basée sur l'empirisme avec un concept de créativité encore très réduit.

Un grand nombre de travaux sont consacrés à l'étude des relations entre deux variables à partir d'exemples représentatifs sélectionnés. Il se trouve relativement peu de chercheurs pour répondre aux questions du type suivant :
« Est-ce que le résultat de la méthode A est plus positif avec des étudiants très motivés et celui de la méthode B avec des étudiants peu motivés ? » Avec les meilleurs étudiants, les plus mauvais, dans des classes chargées, peu chargées, etc...

La question suivante est aussi très à la mode : dans quelles mesures, les résultats de la « C.E. » ont-ils un rapport avec le sexe ?

Les résultats de ces études, si on les compare avec le processus général de l'éducation, donne peu de résultats utiles et un grand nombre de statistiques non significatives et même contradictoires. Quelques études sérieuses ont été faites (R. Yeany, Yr. 1976 ; W.H. Ward, 1976), mais leur nombre est insuffisant.

Des conclusions générales valables ne peuvent pas être trouvées à partir d'investigations partielles et isolées, et sans considérer les interactions des divers paramètres qui influencent le processus éducatif.

De plus, le facteur le plus important en éducation est négligé dans ces études générales, c'est-à-dire l'influence de la société. Enfin le développement des attitudes et aptitudes n'est pas un phénomène seulement influencé par la génétique, mais il est influencé en grande partie par le milieu familial et social. Ceci est prouvé non seulement par de sérieuses études mais aussi par des millions d'histoires de vies humaines.

Mais il serait faux de considérer toute la recherche générale théorique comme inutile dans l'introduction d'une recherche spécifique en « C.E. ».
Plusieurs études sont consacrées aux relations enseignant-science-éducation : R.L. Shrigley, 1976; W.R. Brown, 1977; R.D. Earl, D.R. Winkeljohn, 1977; R.D. Simpson, D.R. Brown, 1977; L.F. Wolfe, 1977. La plupart d'entre elles ne concernent que la science intégrée au niveau élémentaire. Ceci s'explique par l'absence de chimistes dans de telles équipes de recherche, dont le résultat est souvent une sélection problématique du contenu, du volume et du niveau de la chimie.

Les études au niveau secondaire sont rela-

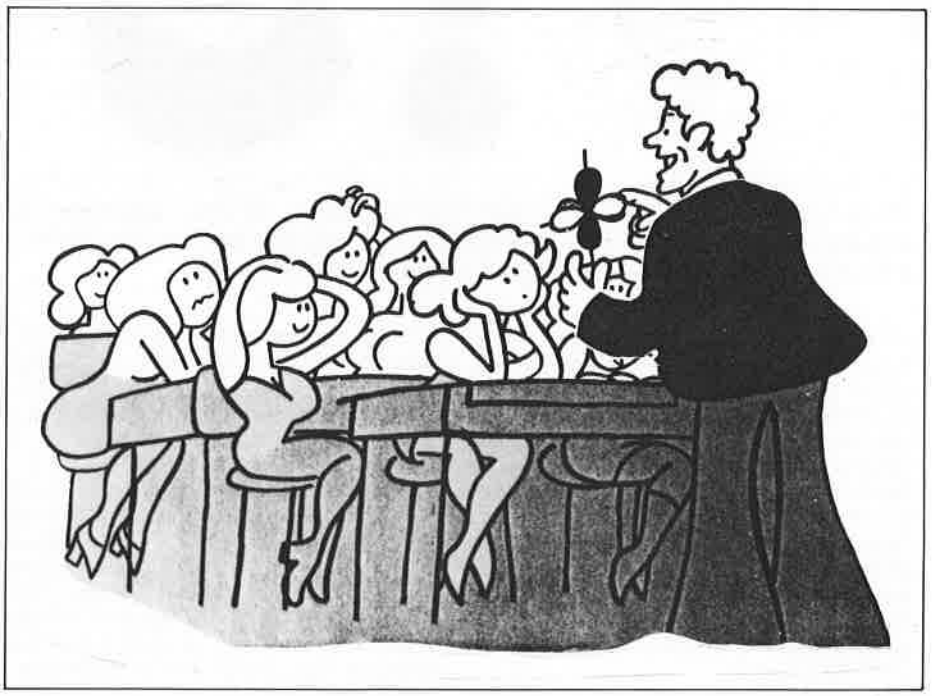


Photo 1. L'hypothèse de recherche selon laquelle la différence de sexe entre l'enseignant et les étudiants augmente chez ces derniers l'intérêt pour la chimie semble être vraie. En tout cas, ces jeunes filles semblent très intéressées...

Photo 2. Naturellement il y a des raisons de penser que cette hypothèse n'est pas toujours vérifiée...

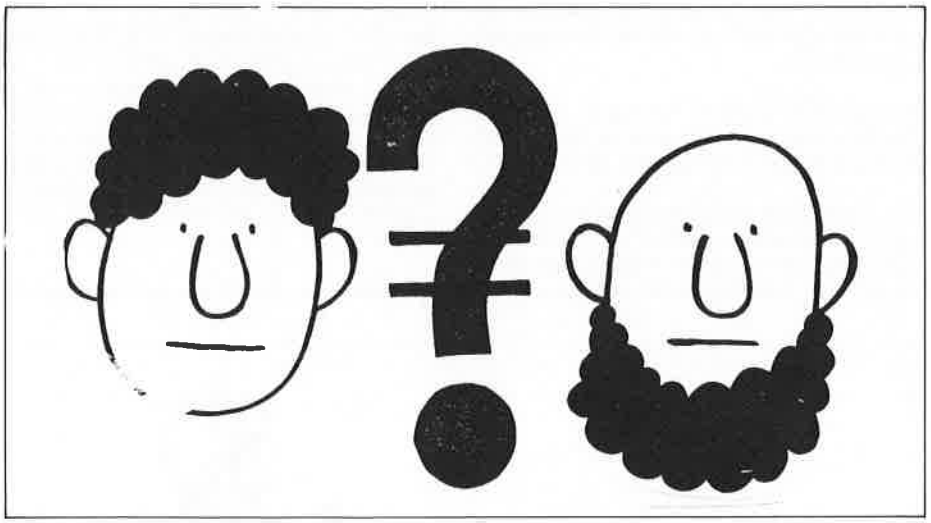


Photo 3. Les études en éducation sur l'interdépendance de deux paramètres ont quelques fois plusieurs interprétations possibles. Il est évident que le même nombre de poils par cm² n'a pas nécessairement la même signification...

tivement rares (R. Lazarowitz, 1976; R. Lazarowitz, A.E. Lee, 1976). Elles le sont encore plus pour le niveau supérieur où on ne trouve qu'une très petite coopération interdisciplinaire. Dans leurs conclusions, plusieurs études critiquent les enseignants. Selon elles, les professeurs persistent dans leur enseignement traditionnel, ils sont conservateurs et n'acceptent pas les changements nécessaires dans l'éducation. Cependant, les maîtres accusent les chercheurs en éducation de ne leur fournir que peu d'enseignements utiles et pratiques.

Des auteurs plus tolérants essayent de trouver une explication. L'efficacité du travail d'un professeur est la somme de sa connaissance scientifique, de son attitude envers la chimie, et l'enseignement de celle-ci, et aussi de son expérience passée (M.K. Piper, D.P. Butts, 1976). Cependant on ne tient généralement pas compte des influences du milieu social sur le travail du maître.

Certains auteurs (D.C. Berliner, 1976) doutent de la possibilité de mesurer l'efficacité d'un enseignant. Ceci est très clairement exprimé dans l'étude américaine sur l'évaluation de l'étudiant (M.G. Chisholm, 1977). L'idée est que le travail, l'argent et l'effort ne sont pas nécessaires. La qualité de l'enseignement s'est révélée être indéfinissable et par là non mesurable.

La situation n'est pas beaucoup mieux définie quand il s'agit de la relation étudiant-science-chimie si ce n'est que en-dehors de quelques études (T.J. Harvey, 1977; W.J. Martin, P.E. Bell, 1977), on a testé de nombreux étudiants du niveau supérieur. Quelques études ont essayé de comparer l'attitude des élèves des niveaux élémentaire, secondaire et supérieur envers la science (A.J. Santiesteban, 1976). Cette comparaison « verticale » est très valable si elle est menée dans la même génération.
Beaucoup d'auteurs considèrent que les élèves les plus jeunes ont des difficultés à penser de façon abstraite. Ici la recherche est menée entre deux extrêmes : d'un côté les adeptes de la théorie d'Inhelder-Piaget (1974) et de l'autre leurs opposants.

Le plus grand nombre de chercheurs en « C.E. » s'appuie sur la théorie de Piaget et Inhelder à propos des raisonnements utilisés par les enfants quand ils passent de l'enfance à l'adolescence. Piaget et Inhelder définissent quatre stades du développement dans la croissance d'un enfant :

- le stade senso-moteur (0 à 2 ans),
- le stade préopérationnel (2 à 7 ans),
- le stade des opérations concrètes (7 à 11 ans),
- le stade des opérations formelles (11 à 16 ans).

Ils décrivent aussi les possibilités de chaque stade sous forme d'opérations logiques et systématiques. L'ordre d'apparition de ces stades est invariable selon Piaget et Inhelder. Seule la vitesse de progression peut être affectée par le quotient intellectuel, le milieu, l'expérience, la culture. Chaque stade est une préparation logique du suivant et ainsi cette structure du développement intellectuel peut être considérée comme hiérarchisée.

Un certain nombre d'auteurs se reportent aux études concernant la compréhension des sciences par rapport aux quatre stades de Piaget (K. Lovell, 1974 ; S. Sayre, D.W. Ball, 1975 ; A.M. Voelker, 1975 ; K.E. Benefield, W. Capie, 1976 ; A.J.D. Blake *et al.*, 1976 ; R. Karplus, 1977 ; G.O. Kolodiy, 1977 ; W.E. Lowell, 1977 ; R.J. Raven, S.H. Calvey, 1977). Ils proposent de retarder l'introduction abstraite de la chimie à des âges plus avancés.

Les autres, moins nombreux, pensent pourtant que ces ajournements peuvent être dangereux. L'augmentation de l'abstraction dans toutes les sciences et en particulier en chimie appelle des efforts croissants dans le développement de la pensée formelle et cela aussitôt que possible (A.E. Lawson, W.T. Wollman, 1976 ; L.K. Joyce, 1977, A.E. Lawson, 1977). Certains auteurs (L.E. Schafer, J.L. Byers, 1975) constatent que les aptitudes cognitives peuvent être modifiées au moins en partie par un entraînement spécifique.

Beaucoup d'études de ce type considèrent que les sciences expérimentales, entre autres la chimie, aident beaucoup au développement de la pensée logique de l'enfant (M.C. Linn, H.D. Thier, 1975 ; R. Karplus, 1977).

En dépit de l'énoncé communément reconnu que le processus éducationnel doit être un processus de communication comprenant tous les participants, il est très difficile de trouver des études sur les relations étudiants-étudiants (R. Good *et al.*, 1976 ; F. Lawrenz, 1976). Peu d'analyses critiques ont été menées à bien sur le travail d'équipe en éducation, tant entre étudiants eux-mêmes, qu'entre étudiants et enseignants.

Il est difficile de croire combien il existe peu d'études sur les aspects sociologiques en « C.E. », alors que si sérieux sont les problèmes dans cette matière. On ne trouve que quelques études générales sur la sociologie des sciences de l'éducation (J. Plemenitas, 1974; M.F.D. Young, 1974; A. Kornhauser, 1976, 1977).

Des revues et des études faites en coopération par les écoles et les industries chimiques (M.J. Frazer, 1977) et qui donnent beaucoup d'exemples utiles ont une large part dans le développement dans la recherche en « C.E. ».

Les méthodes de statistique formelle sont très souvent utilisées pour des échantillons si petits qu'aucune approche statistique n'est permise. Cependant les questionnaires de toutes sortes qui sont encore très à la mode peuvent être considérés comme un matériel objectif d'analyse.

Il n'est certainement pas question de critiquer tous les questionnaires et techniques similaires. Certains d'entre eux, même si c'est rare, reflètent un système soigneusement étudié à l'avance par les auteurs et posent des questions bien définies. La majorité cependant peut être considérée plus comme un signe de crise créatrice de chercheurs qui ne savent pas quoi chercher, pourquoi et comment le faire, et qui ainsi cherchent autour d'eux des idées ou au moins, des matériaux pour travailler.

Les interviews pourraient être considérées comme un stade plus avancé, même si elles sont encore embarrassées par les erreurs mentionnées plus haut.

Le faible succès de ces tentatives a amené les chercheurs à expérimenter de nouvelles formes d'acquisition de résultats. Certains auteurs (J.E. Penick *et al.*, 1976) donnent ceux qu'ils ont obtenus dans une classe. Malgré des difficultés qui peuvent être dues tant à des fautes de débutants qu'à des incompréhensions, cela amène quelque chose de positif : la recherche dans la « C.E. » sort de la bureaucratie, des situations artificielles et à moitié construites, pour aller vers le réel, l'éducation naturelle et vivante. Ces observations systématiques, mises au point principalement par les chercheurs-éducateurs, en coopération avec d'autres disciplines, en particulier la psychologie et la sociologie, peuvent apporter des résultats. Cela sera particulièrement valable si c'est l'aboutissement de recherches à long terme.

Contenu de la recherche orientée

Pour définir un programme d'études pour la « C.E. » de nombreux aspects doivent être pris en considération :
1. Quels sont les buts généraux et spécifiques de la « C.E. » (processus et contenus) (M.J. Frazer, Nov. 1976) ? On doit inclure non seulement les aspects scientifiques et technologiques mais aussi les aspects socio-culturels.
2. Quelles parties de la chimie et de la technologie sont les plus importantes pour atteindre ces buts ? Il faut sélectionner et corriger scientifiquement le contenu de ces travaux avec de bonnes explications scientifiques des derniers résultats en science et en technologie. Des critères doivent être définis pour cette sélection.
3. Quelles sont les possibilités matérielles et intellectuelles pour un enseignant de faire une telle sélection ? Il faut considérer les aptitudes intellectuelles à différents niveaux et la situation dans les écoles.
4. Que doit-on apprendre ? Il est nécessaire de savoir aussi poser les bases d'une évaluation.
5. Comment définir la relation entre « ce qui devrait être appris (ce qui est enseigné) et ce qui est su » ?

Les buts déclarés pour l'enseignement de la chimie aux niveaux élémentaire et secondaire (6 à 13 ou 14 ans) favorisent les aspects généraux de l'éducation. A un niveau plus élevé, cependant, on apporte plus d'attention au développement de l'indépendance des jeunes gens, à leur orientation professionnelle et à leur aptitude à une approche scientifique.

En relation avec le contenu de la « C.E. », on a choisi comme base de méthode les buts suivants :
1. Permettre aux étudiants d'obtenir les connaissances nécessaires, et développer leur capacité à les utiliser.
2. Développer chez eux l'habitude d'une écriture concise, d'une bonne communication orale et de l'esprit d'initiative.
3. Développer leur souci d'exactitude.
4. Contribuer au développement de la pensée rationnelle et de la discipline dans le travail.
5. Développer les possibilités d'une étude indépendante et permanente.
6. Développer l'enthousiasme pour l'étude et la recherche dans de nouvelles voies.
7. Contribuer au développement du travail en équipes associées.
8. Contribuer à la connaissance des problèmes moraux, sociaux, économiques, politiques, scientifiques et culturels de la société.

Des objectifs d'ordre plus élevé peuvent être poursuivis, surtout aux niveaux secondaire et supérieur comme :
1. Une approche critique des idées et des processus.
2. Une possibilité de surmonter les changements, une faculté d'adaptation à de nouvelles situations.
3. Une pensée créative et imaginative, mêmes dans des termes abstraits.
4. La possibilité de se servir aussi des problèmes extérieurs à la chimie (économiques, sociaux, culturels).
5. La possibilité d'une coopération responsable dans les prises de décisions.

Pour atteindre un but social, la chimie devrait aussi aider les processus de développement chez les jeunes, de sorte qu'ils puissent réussir dans leurs études et leur travail.

Ces buts là ne peuvent être atteints sans une sélection soigneuse du contenu de la « C.E. ».

En dépit du fait que des buts relativement différents à différents niveaux, dans des orientations professionnelles différentes et dans différentes régions, réclament aussi un contenu différent des programmes de chimie, nous pouvons encore trouver de nombreux programmes avec des contenus très semblables et même équivalents. Cela concerne surtout la chimie statique, ordonnée de façon historique et hiérarchique, avec ses divisions traditionnelles en : générale, inorganique, organique, anlytique et physique. La biochimie et la chimie de l'environnement ne sont que peu mentionnées dans les programmes du secondaire et même du supérieur. Quant aux autres branches de la chimie elles en sont totalement exclues. La chimie est très rarement présentée à travers les problèmes interdisciplinaires et les processus dynamiques.

Ceci est vrai aussi quand il s'agit de la préparation à la vie professionnelle. Là aussi, la base est la chimie structurée et traditionnelle mentionnée plus haut. La technologie est, spécialement au niveau secondaire, introduite habituellement comme un additif pour développer l'habileté pratique, surtout de façon empirique et rarement comme une approche scientifique.

On peut noter ici l'opinion de A.H. Johnstone (1977), quand il discute des programmes de chimie : « Nous avons la nette impression que les objectifs sont écrits après que le cours ait été construit. » Beaucoup d'exemples dans la « C.E. » viennent appuyer cette opinion.

Quelles promesses la récente recherche en « C.E. » orientée fait-elle apparaître ?
Les études dans ce domaine de recherche peuvent être classées dans les groupes suivants :
- analyses critiques, souvent comparatives des programmes,
- expériences permanentes des projets d'enseignement de la chimie,
- développement de nouveaux cours,
- introduction de nouveaux domaines de chimie dans l'éducation,

• développement des programmes en coopération avec l'industrie,
• développement des cours et des unités d'enseignement avec une approche interdisciplinaire,
• introduction de nouvelles méthodes de recherche et de techniques dans la « C.E. »,
• introduction de processus de communication et d'information dans les programmes de chimie,
• développement de projets pour l'enseignement de la chimie comme sujet principal.

On a peu d'analyses comparatives pour une évaluation du contenu des programmes de chimie (A.K. Holliday, 1973) ; J.H. Wotiz, 1971, 1973, 1976).

Beaucoup d'entre eux réclament un changement dans l'approche traditionnelle de l'enseignement.
1. La « C.E. », même au niveau supérieur, ne peut couvrir entièrement la chimie, une sélection très sévère des matériaux doit être faite.
2. A des niveaux plus bas, la chimie ne doit pas être enseignée comme base pour l'enseignement supérieur. Seuls quelques étudiants des écoles élémentaires et secondaires continueront leurs études avec la chimie pour base. On devrait donner plus d'importance au rôle de la chimie dans l'éducation, si on se réfère aux besoins de la société.
3. La plupart des étudiants, même au niveau supérieur, ne se lancent pas dans la recherche fondamentale. Toutefois, on devrait apporter plus d'attention aux besoins de l'industrie.

Une évaluation complexe des programmes de chimie avec une analyse de la réaction des étudiants sur des points précis de chimie dans le second degré a été faite en Écosse par A.H. Johnstone, 1974. L'auteur met en garde contre des changements téméraires de programmes et suggère que l'amélioration de ceux-ci se traduise par une croissance en qualité et non en quantité.

Contrairement au nombre relativement petit d'études critiques sur les programmes en « C.E. », les nouveaux cours ou les propositions pour une amélioration des programmes sont très nombreux. Ceci peut certainement être considéré comme une approche créative, mais il y a aussi une objection réelle qui est que certains changements sont faits sans aucune analyse pratique des programmes.

Certains auteurs s'insurgent contre des coupures trop grandes dans le volume des programmes de chimie, expliquant qu'une connaissance critique des faits est nécessaire pour être capable de faire une synthèse de la chimie et pour voir les relations qui existent entre elle et les autres sciences.

Si quelque chose doit être supprimé, ce serait la somme de théories encore spéculatives parmi lesquelles beaucoup mentionnent les théories qualitatives à partir de valences et liaisons chimiques, réactivité des molécules, etc... Un appel pour plus de faits dans la chimie et moins de fiction (R.J. Gillespie, 1977) est le signe d'une réinclinaison de l'enseignement de la chimie vers des faits fondamentaux. Les théories pourraient alors essayer d'expliquer ces faits et non pas les remplacer dans la « C.E. ».

A côté des premiers grands projets connus en « C.E. », on a noté un plus petit nombre de nouveaux cours réalisés et souvent aussi évalués. En les analysant, on peut en déduire les orientations suivantes :

1. Des cours de chimie au niveau élémentaire (jusqu'à l'âge de 13 ans) sont relativement rares (H. Wagner *et al.*, 1976 ; G. Hauschild, 1977). La plupart sont de science intégrée.

2. Au niveau secondaire, l'intérêt se porte surtout vers la chimie générale (R.W. Munn, A.C. Pratt, 1975; F.M. Garforth, A.H. Johnstone, J.N. Lazonby, 1976; R.B. Nicodemus *et al.*, 1976). Quelques essais ont été faits en stœchiométrie (W. Meese, 1977) et pour les métaux (V.I. Susko, 1975, 1976). On a négligé la chimie organique et la biochimie malgré leur importance grandissante.

3. Au niveau de l'Université, on a apporté un soin particulier aux cours pour débutants (B.O. Field, 1973 ; J.M. D'Auria *et al.*, 1976 ; M.J. Galton *et al.*, 1976 ; D. Onwood, 1976). Deux raisons principales expliquent cet effort : d'un côté le mécontentement des chercheurs quant au volume, au niveau et à la compréhension en chimie du jeune étudiant ayant achevé ses études secondaires, de l'autre les protestations des étudiants contre les programmes trop chargés.

4. La chimie physique, au niveau de l'Université, offre un vaste champ de recherches pour la « C.E. », non seulement par son étendue mais aussi parce qu'elle nécessite beaucoup de mathématiques et de physique dans l'explication du phénomène chimique. Les cours de physico-chimie de l'Université, en particulier en cinétique et en thermodynamique, sont parmi les plus nombreux dans la recherche en « C.E. » (M.D. Hawkins *et al.*, 1975 ; R.T. Sanderson, 1975 ; J. Skotnicky, J. Weninger, 1975; O.S. Zajcev, 1975; L.L. Combs, 1976; G. Robisch, 1977; L. Wolk *et al.*, 1977).

5. Certaines unités d'enseignement de chimie quantique se développent (P.L. Goodfriend, 1976) car on y trouve une application à presque tous les types de problèmes chimiques ou biochimiques, et son importance croît aussi dans les programmes de l'enseignement pré-universitaire (D. Hadzi, 1977).

6. On a aussi consacré des études sérieuses à l'application de nouvelles théories en « C.E. », par exemple, les symétries et la théorie des groupes, une recherche pour de nouveaux systèmes d'espèces, etc... (R. Wolff, F. Kober, 1977 ; A. Gorski, 1977).

7. Pour la chimie organique on peut citer les études de W. Belikow, 1975; R.W. Hanson, 1976; R.W. Holder, 1976; M.M. Weinberg, 1976; L.A. Cvetkov, 1977; C.M. Ellis, 1977; M.M. Weinberg, 1977; M.M. Weinberg, N.M. Cagina, 1977.

8. Pour la chimie analytique, on a aussi organisé de nouveaux cours tant au niveau secondaire qu'au niveau supérieur (M.H. Freemantle *et al.*, 1976 ; R.L. Parry-Jones, 1976 ; G.M. Pickral, 1976).

9. Certaines études qui combinent chimie organique et biochimie ont une valeur particulière comme exemple de coopération interdisciplinaire en chimie (F. Gabrielli, 1976 ; R.J. Bergeron, 1977).

10. On a aussi développé un certain nombre de programmes orientés vers l'industrie (B.W. Hill *et al.*, 1976). On mentionne ici diverses tentatives pour introduire de nouvelles unités d'enseignement liées à la technologie chimique locale, et ce, parce que cela contribue à lier école et industrie. Beaucoup de ces études ont été faites en collaboration entre enseignants de chimie et spécialistes de l'industrie chimique. Citons comme exemples les fibres synthétiques (S. Blumberg, 1975), les adhésifs (D.J. Daniels *et al.*, 1975 ; R. Jakob, 1977 ; P. Krebs ; M. Schallies, 1977 ; L. Strohmaier, 1977), les colorants (G. Zartner, 1977), les procédés d'impression et de reproduction (H.M. Besig, 1977 ; J.J. Hock, 1977; J. Lippold, 1977; H. Luikart, W. Urban, 1977; H. Schmidkunz, D. Buttner, 1977; H. Teschner, 1977; K. Todenhofer, 1977). La chimie du pétrole est aussi à la mode (R. Grellert, 1976).
Dans ces études on tient compte, dans les programmes, des problèmes économiques de production (G. Schellenberg, 1975).
Il est regrettable qu'on néglige à tous les niveaux l'étude de la sécurité (E.W. Jenkins, 1975).

11. Les approches interdisciplinaires sont plus des déclarations d'intention que des faits et des cours combinés au niveau supérieur de mathématiques, physique et biologie ne peuvent pas être considérés comme une solution définitive (I.F. Roberts, 1973). En dépit des besoins, on n'a encore programmé aucune recherche dans ce domaine.
Au niveau secondaire l'interdisciplinarité existe en principe dans les programmes orientés et dits « polytechniques » (F. Kuebart, 1976 ; E.G. Smukler, 1976 ; M.A. Goloborodko, F.P. Sokolova, 1976 ; L.M. Tukmacev, 1976).

12. La chimie en tant que telle est étudiée surtout au niveau supérieur (A.J. Matuszak, 1976 ; K.V. Morse, 1976 ; G.A. Takacs *et al.*, 1976 ; J.A. Douek, 1977 ; B. Demetriou, J.R. Parsonage, 1977). Au niveau secondaire, aucune recherche n'a pratiquement été faite dans ce domaine.

13. Une recherche d'un intérêt considérable est consacrée à l'introduction de nouvelles branches de la chimie en « C.E. ». La science de l'environnement dans les deux dernières années a pris une part importante dans les programmes de chimie à tous les niveaux et dans la plupart des pays (M. Jamieson, 1975 ; J.F. Cordes J. Diewall, W. Huber,

K.G. Malle, U. Pagga, W. Weisbrodt, 1976 ; G.H. Fricke *et al.*, 1976).
La chimie a été aussi partiellement introduite pour la science légale (M.J. Clark, J.F. Keegel, 1977), et la science de l'espace (W.T. Huntress, 1976).

14. L'étude des techniques a conduit à former plusieurs unités d'enseignement aux niveaux secondaire et supérieur telles que spectroscopie des infrarouges (J. Reedijk *et al.*, 1975; K. Hartman, 1976; H. Schmidkunz, K. Schlagheck, 1977), spectroscopie RMN (E.J. Drexler, K.W. Field, 1976 ; R. Mitzner, 1976), spectroscopie de masse (A.P. Marchand, 1976 ; G. Robisch, 1976), spectroscopie photoélectronique et rayons X (F.O. Ellison, M.G. White, 1976). Citons aussi l'utilisation des lasers (S.R. Leone, 1976), les méthodes chromatographiques (D.R. Browning, 1975), la chromatographie en phase gazeuse (L. Rafflenbeul, 1977; M. Schallies, W. Heller, 1977 ; E. Wiederholt, R. Engler, 1977).

15. Il est certainement important qu'une part de la recherche en « C.E. » soit consacrée à une présentation adéquate des voies historiques conduisant aux découvertes et à l'aspect culturel de la chimie (W.R. Ogden, 1975 ; R.J. Spring, 1975 ; R.P. Japina, 1976 ; A.T. Schwartz *et al.*, 1976 ; P. Collins, 1977 ; O.P. Kratz, 1977).

16. A cause de la croissance exponentielle de l'information chimique, il est très intéressant d'introduire de nouvelles unités d'enseignement pour l'information et la communication en « C.E. » (D.A. Crombie, 1975 ; K. Haefner, 1975 ; J.W. Moore, E.A. Moore, 1976; D.W. Ansorge, 1977; J.F.B. Rowland, 1977; G. Wegner, R. Stubs, 1977).

Même ce bref survol prouve que les programmes de recherche orientée couvrent tous les domaines de la chimie et s'attaquent aux principaux problèmes de l'éducation actuelle. La part la plus importante de cette recherche appliquée est donc très utile pour l'enseignant dans sa classe. On peut seulement regretter de trouver si peu de coopération entre les enseignants aux différents niveaux.

A la recherche de méthodes en « C.E. »

Dans la littérature de la « C.E. », nous constatons que les définitions des méthodes d'enseignement et d'apprentissage de la chimie sont souvent en contradiction. Beaucoup d'auteurs font une distinction entre les méthodes préconisées pour des conférences, du travail de laboratoire, du travail en petits groupes.

Pour la compréhension des problèmes dans ce domaine de recherche, à une échelle mondiale, on doit d'abord considérer les questions sémantiques mais aussi quelques questions fondamentales.

Dans le développement de la « C.E. » comme partie essentielle de la science chimique, on a pu constater les étapes suivantes :

1. Les méthodes d'enseignement étaient considérées comme un résultat d'expérience, et par là, enseignées même au niveau supérieur plus comme une chose empirique que comme une discipline basée sur la théorie. Les professeurs expérimentés du secondaire qui l'enseignaient surtout sous forme pratique ont été les principaux coopérants extérieurs plus que les membres des équipes universitaires. Dans la plupart des pays le terme « méthodique » a été utilisé pour ce sujet pour le distinguer de celui de « méthodologie », terme réservé aux disciplines basées sur la science.
C'était le cas pour la plupart des pays dans la première partie de notre siècle, et cela persiste encore pour un certain nombre de collèges et d'Universités formant les professeurs. Pour les premiers, ceci doit être considéré plus comme un résultat de leurs traditions et de leur personnalité que comme une philosophie ; pour les seconds, comme un signe de leur ignorance en « C.E. ».

2. Depuis une cinquantaine d'années, la psychologie a essayé de trouver à côté d'une théorie générale de l'enseignement quelques approches spécifiques de l'enseignement de la chimie. Ceci a déjà été dit dans la première partie de l'article.
Les résultats psychologiques sur l'enseignement en général ont certainement une grande importance aussi pour l'enseignement de la chimie. Des approches spécifiques de méthodes, développées par des psychologues, ont cependant en général échoué à cause du manque de connaissance et de compréhension de la logique en science chimique. C'est la même chose pour les chimistes qui essaient de s'attaquer aux problèmes psychologiques de l'enseignement de la chimie.
Mais plusieurs institutions essaient de combler cette lacune de façon naïve. Ils nomment en général un chimiste qui peut résoudre les problèmes spécifiquement chimiques à leur place. Une telle approche, que nous avons encore pu rencontrer dans les dix dernières années, ne résoudra naturellement pas la crise. La stérilité de la recherche en « C.E. » de tant de groupes semblables a été illustrée dans la première partie de cet article.

3. Dans la dernière décade, on peut trouver des études dans lesquelles les auteurs, principalement chimistes, considèrent les méthodes comme des techniques de l'éducation, et par là comme une partie de la technologie éducationnelle.
En fait, méthodes et techniques sont des choses différentes. Les premières dérivent de faits fondamentaux et des principes de la science chimique, alors que les techniques sont développées et adaptées à partir des besoins définis par les méthodes.

4. Et finalement, dans les toutes dernières années, la méthodologie de la « C.E. » a commencé à se développer et à contribuer beaucoup au fait que des sociétés chimiques, partout dans le monde, reconnaissent la « C.E. » comme une part de la chimie et établissent chez elle des divisions comme dans les autres parties de la chimie. Les départements de chimie dans certaines Universités bien connues reconnaissent finalement le besoin de donner un cadre à cette nouvelle discipline.

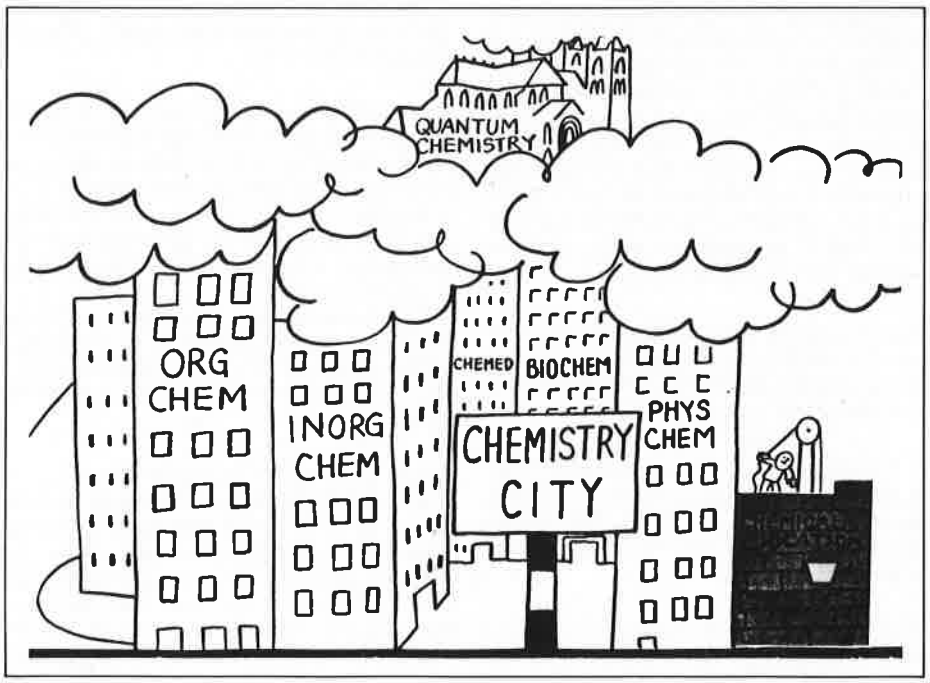


Photo 4. La « C.E. » doit avoir sa place dans la « cité de la chimie », avec ses cathédrales mystérieuses...

Son nom est encore différent suivant les pays à cause du langage et des traditions qui provoquent des problèmes sémantiques. Mais la base scientifique est la même : les méthodes de la « C.E. » doivent dériver de la structure et des méthodes de la science chimique elle-même, avec sa vraie logique claire basée sur des découvertes indiscutables de cette matière, mais aussi avec ses recherches, ses hypothèses, et même ses erreurs. Aucune autre technique ne peut remplacer la chimie comme base de méthodes de formation en chimie.

Dans un tel concept méthodologique de la « C.E. » considérée comme une nouvelle discipline scientifique, on doit souligner les points suivants :

1. L'intégration des enseignants de chimie dans l'Université est nécessaire car il n'est pas possible de connaître à fond la logique scientifique et les méthodes de recherche dans les domaines de la science chimique. Le temps des généralistes est révolu. Les enseignants d'Université de toutes les disciplines doivent à partir de maintenant être associés aux groupes de travail en « C.E. ».

2. « L'intégration verticale » c'est-à-dire la coopération entre enseignants de tous les niveaux est un autre impératif. Le développement de la méthodologie en « C.E. » ne doit pas conduire à créer une nouvelle discipline académique coupée de la pratique. Au contraire, la tradition actuelle doit être maintenue. Les enseignants de chimie, aux niveaux élémentaire et secondaire, devront être associés systématiquement aux équipes de recherche en « C.E. ».

3. L'approche de la recherche comme une orientation générale demande une coopération étroite des enseignants de chimie avec les institutions de recherche. Ici il ne s'agit pas seulement de l'Université, mais des autres organismes de recherche, spécialement les unités de recherche et de développement de l'industrie. Il n'est pas possible d'être un bon enseignant si on utilise la recherche comme une méthode en « C.E. » sans savoir ce qu'elle est — non seulement à partir d'ouvrages — mais aussi d'un réel travail de recherche. Les enseignants devraient dorénavant se consacrer à la recherche pendant leurs études, au moins en partie, et aussi pendant leur période de travail.

4. Une coopération intensive avec les groupes de recherche en psychologie et didactique générale a été mise en évidence dans la première partie de l'article.

5. Une orientation vers les besoins de l'industrie et ceux de la société en général, demande une intégration avec les utilisateurs. Cela a aussi été discuté dans la première partie de l'article.

Tout ceci constitue des idées générales, basées sur nos propres travaux ainsi que sur les observations et l'étude de la littérature disponible. Nous donnons ci-dessous quelques exemples précis.

1. Une des méthodes les plus populaires est l'approche appelée découverte guidée, heuristique ou redécouverte. Les étudiants ont habituellement à enquêter, à émettre des hypothèses, à les tester par des expériences choisies par eux si possible, afin de tirer des conclusions, de trouver des lacunes et d'exprimer des doutes, si nécessaires dans un travail critique.
Dans beaucoup de travaux méthodologiques détaillés, on peut trouver les phases suivantes : problème, identification, observation, mesure, classification, déduction, hypothèse, recherche et découverte de modèles significatifs, choix et mise au point d'expériences, interprétation et analyse de résultats, vérification des conclusions, étude critique des questions restées sans réponses.
En dépit de quelques essais pour introduire cette méthode dans les classes et les laboratoires, peu de recherches ont été faites jusqu'à maintenant. On a étudié quelques modèles de processus généraux dans l'enseignement des sciences (J.T. Wilson, J.J. Koran, Jr., 1976). Des exemples utiles pour le travail pratique du maître sont encore relativement rares (D. Hodson, 1975).
On trouve, en-dehors de ces méthodes, de petits projets de recherche combinant le travail des étudiants et celui des professeurs (LG. Bray, 1976 ; P.L. Harris, 1976).
Ces méthodes sont utilisées surtout dans la recherche orientée vers les activités périscolaires pour les jeunes (A. Kornhauser, sept. 1977), et ainsi elles entrent à l'école par une voie détournée.

Certains professeurs donnent liberté entière à leurs étudiants ; ces derniers peuvent choisir leur sujet ou leur problème et essayer de procéder sans aucun guide. L'expérience montre que ceci peut donner de bons résultats, mais seulement avec les étudiants les meilleurs.
Le développement des méthodes pour une découverte guidée que le professeur pourra utiliser directement dans son travail de chaque jour, est une nécessité urgente dans la recherche en « C.E. ».

2. La méthode de résolution d'un problème est liée très étroitement à celle de redécouvertes guidées. Elle peut en faire partie mais aussi constituer une approche séparée. Elle comprend quatre stades (M.J. Frazer, jan. 1976) : définition du problème, collecte de résultats, raisonnement et vérification de la solution.
Certains auteurs ont utilisé cette méthode sous des formes différentes (U. Reimann, 1975 ; E. Rossa, 1976 ; V. Dietrich, 1976 ; W.O. George, A. Vincent, 1975 ; N. Reid, 1976).

3. La recherche de méthodes d'explication des concepts abstraits de chimie est de jour en jour plus difficile. Il n'est pas possible de suivre ceux qui suggèrent la suppression des concepts abstraits dans les programmes surtout aux niveaux les plus bas. Dans ce domaine, on n'est pas arrivé à une grande compréhension de la chimie. Un certain nombre de scientifiques pensent que l'explication des concepts abstraits par des images réelles est souvent dangereuse. Ceci est vrai. Il faut prendre beaucoup de précautions dans l'application des méthodes. Mais cela ne veut pas dire que nous ne recherchons pas ce qui permettrait une simplification au niveau élémentaire. Si l'approche nécessite plus d'aptitudes à la pensée formelle que n'en possèdent les étudiants, on ne peut obtenir aucun succès.
J.D. Herron (1977) répond à la question : « Qu'est-ce qu'un concept » ? et définit des concepts comme atome, molécule, mélange, symbole chimique, masse, etc... On a étudié aussi quelques concepts pour le niveau élémentaire par exemple pour la notion de mole (M.J. Hudson, 1976).
Le champ de recherche est encore un désert avec peu d'oasis.

4. Les méthodes d'enseignement programmées sont tellement bien connues qu'elles ne demandent pas d'explication. Leurs avantages sont l'individualisation, le développement des aptitudes à résoudre les problèmes, leur utilité dans les classes chargées, le recyclage, etc... Mais il y a aussi de sérieux inconvénients : enseignement schématique, exclusion de la recherche de choses nouvelles, problèmes non programmés, transformation du modèle d'apprentissage en modèle de pensée 'A. Kornhauser, 1975).
En plus des unités d'enseignement programmé, des cours et des modules complets sont développés actuellement, surtout pour le niveau supérieur (R.B. Torrey, 1976).
Des études sur l'enseignement programmé au niveau secondaire sont rares en dépit de la vaste utilisation de cette méthode (A.S. Semenov, V.I. Silov, 1975). Il en est de même pour les études comparatives des demandes et des expérimentations des enseignements programmés et non programmés (K.H. Bruggener, 1976).

5. On a besoin aussi de méthodes pour un enseignement individuel et indépendant. Elles doivent être développées, étudiées, expérimentées à cause de l'individualisation nécessaire dans les écoles (H. Obst, 1975 ; D.S. Sheeban, R.K. Hambleton, 1977) mais aussi à cause de l'éducation permanente.
Parmi les meilleurs on trouve le plan Keller ou PSI, développé en chimie, surtout au niveau supérieur (M.H. Freemantle, 1976), principalement pour les cours à des débutants (H.A. Kuska, 1976). Une approche méthodologique analogue pour des niveaux moins élevés n'est pas encore développée.
A côté du plan Keller nous pouvons trouver des études sur de nouveaux cours pour un enseignement individuel préparé à l'avance, surtout au niveau supérieur, comme les cours de laboratoires en chimie générale (I.M. Valeriote, 1976) et en chimie organique (H.A. Smith, Jr., 1976).
Selon la plupart des études, des cours tout préparés sont équivalents aux cours conventionnels pour acquérir les connaissances en chimie et supérieurs pour développer l'indépendance de l'élève.
Ces méthodes sont particulièrement importantes au moment où se développe la formation permanente.

6. Les méthodes de travail expérimental sont certainement les plus importantes, par-

ce que la chimie est et devra être dans le futur, une science expérimentale. Le développement de nouvelles méthodes a la même importance que le développement de nouveaux contenus dans les programmes de chimie parce que le travail expérimental est, lui aussi, très entravé par l'approche traditionnelle descriptive et que l'enseignement, surtout au niveau élémentaire, doit être plus orienté vers des expériences pratiques que vers le développement des aptitudes à l'observation et à la pensée logique.

Plusieurs auteurs (P.L. Harris, 1976) utilisent de modestes projets de recherche menés à bien par les étudiants. Il est établi que de tels projets doivent être conduits de telle façon que les étudiants soient capables de se consacrer réellement à leur travail expérimental et comprennent la théorie sous-jacente. On a aussi trouvé que les résultats éducatifs étaient bien meilleurs si le projet était « nouveau » c'est-à-dire original et pas seulement une simulation de recherche. Si les étudiants pensent que leur travail est utile, c'est un autre facteur de succès..

Ces projets de recherche peuvent être utilisés aussi dans des expériences plus simples, pour une approche de la résolution des problèmes (J.J. Hoppe, P.J. Howell, 1975; P.W. Wiggans, 1975). Des tentatives d'expériences intégrées se font seulement pour l'ensemble des cours (G.R.A. Hunt, 1976 ; E.K. Mellon, 1977 ; B. Janke, 1976).

Elles ont été développées surtout en biochimie (D.O. Cooke, 1976 ; M.E. Friedman, H.H. Daron, 1977 ; W.T. Yap *et al.*, 1977), en chimie de l'environnement (J.L. Lambert, C.E. Meloan, 1977 ; S.L. Watt *et al.*, 1977), en chimie théorique de coordination (J.T. Wrobleski, G.J. Long, 1977), en spectroscopie (E.N. Drake, C.E. Brown, 1977 ; F.P. Gasparro, N.H. Kolodny, 1977; J.W. Hosking *et al.*, 1977 ; E.M. Kahn, J.F. Stephens, 1977), et en radiochimie (T.B. Hill, 1977).

En dépit des besoins importants, les tentatives de recherche pour apporter l'esprit de la grande chimie industrielle dans les laboratoires sont très rares (D.J. Daniels *et al.*, 1976). Cette lacune ne pourra être comblée que par la coopération entre chercheurs et ingénieurs de la « C.E. », et spécialistes de l'industrie. Grands sont les besoins, mais encore pauvres sont les réalisations !
Parmi les expériences de ce type, nous pouvons seulement noter la construction de matériel simplifié et peu onéreux pour des laboratoires d'enseignement (A.K. Davies, 1977; W. Felber, K. Peschke, 1977; P. Lehky, 1977). Ces efforts sont non seulement importants pour des raisons économiques mais encore plus pour la découverte de nouvelles méthodes d'explication de processus complexes aux niveaux éducationnels les moins élevés.

Recherche d'aide pour l'enseignement et utilisation de la technologie

Parmi ces aides, les modèles jouent un rôle prépondérant par suite du caractère spécifique de la chimie : présentation de structures en trois dimensions de molécules et de cristaux, visualisation de réarrangements chimiques et de mécanismes. De nombreux travaux ont été faits en ce sens (M.B. Ormerod, 1977).

Parmi les nouveaux modèles, nous pouvons citer ceux qui ont été utilisés par D.B. Boyd, 1976 ; F.H. Clarke, 1977 ; A.K. Davies, 1976 ; D. Mac Duffie, 1975.

On a trouvé et développé des aides visuelles de toutes sortes et on a vérifié leur utilisation en « C.E. ». Citons en particulier les travaux sur films cassettes, vidéo-cassettes et diapositives de S. Anderson *et al.*, 1975; H.J. Richter, 1976 ; H.J. Bersch, U. Steffens, 1977 ; W.T. Burnett, Jr., D.H. Lion, 1977. Les projections en fondu enchaîné qui permettent de simuler la vitesse et le changement sont recommandées et développées pour les conférences et l'enseignement de laboratoires (L.W. Fine *et al.*, 1977 ; D.N. Harpp, J.P. Snyder, 1977).

Bien que cet enseignement audiovisuel soit attrayant et souvent très utile, il est encore peu développé à cause de son coût élevé. Les transparents pour rétro-projecteur sont utilisés plus largement pour une meilleure présentation graphique des structures et des processus de la chimie (W. Junger, 1977). Des banques de ressources audio-visuelles sont aussi en train de se mettre en place pour permettre des échanges tant sur le plan national qu'international par le canal de l'UNESCO.

De plus en plus d'auteurs s'appuient sur leurs expériences avec l'aide de laboratoires spécialisés, surtout au niveau secondaire et supérieur (R.C. Poller, M.E. Seely, 1977).

Une des branches les plus actives est celle de la visualisation des concepts purement mathématiques (V.K. Olson *et al.*, 1977 ; R. Palombary, 1977). Dans ce cas, une combinaison des aides techniques visuelles et des expériences donne souvent des meilleurs résultats. C'est le cas dans la simulation des orbitales moléculaires et atomiques utilisant des aimants (A.G. Massey, S. Massey, 1976).

On a largement parlé de l'enseignement assisté par ordinateur dans le récent symposium international de « C.E. » à Madrid en 1975 (A. Kornhauser, 1975). Depuis la recherche s'est poursuivie, spécialement par simulation d'expériences en laboratoire et utilisation de modèles graphiques (J. Barrett, A.E. Beezer, 1977; S.D. Daubert, S.F. Sontum, 1977; H.J.G. Hayman, 1977; J. Hefter, R.W. Zuehlke, 1977). On a aussi développé de nouveaux modules d'enseignement en se servant d'ordinateurs (C.J. Jameson, 1977).

Un certain nombre d'études ont porté enfin sur l'utilisation de calculateurs de poche programmables pour l'enseignement de la chimie (R.B. Snadden, O. Runquist, 1975 ; M.D. Seymour, Q. Fernando, 1977).

Recherche en évaluation

Celle-ci peut porter soit sur la mesure des connaissances acquises par les étudiants, soit sur l'étude critique des livres, des programmes des cours et des techniques d'éducation. Elle peut aussi être étendue à une étude sur la formation générale des étudiants. Dans les matériaux utilisés, il n'a pas été possible d'évaluer de façon claire les buts de la « C.E. ». On doit non seulement tester l'attitude, les connaissances et les possibilités des étudiants et à partir de là les livres, les cours et l'ensemble des expériences, mais dans le même temps, la contribution de l'enseignant en tenant compte de ses possibilités de travail. On a aussi besoin d'une approche critique du système d'éducation. Enfin, et ce n'est pas un des moindres aspects, on doit prendre en considération l'influence de l'environnement sur l'éducation dans son ensemble et la « C.E. » en particulier.

Une fois de plus nous n'arrivons pas à intégrer l'ensemble de ces processus qui sont pourtant indispensables puisque les résultats de l'évaluation exercent une influence sur les décisions concernant le développement futur des individus et les systèmes et programmes d'éducation.

La recherche actuelle dans ce domaine de la « C.E. » consiste surtout en études de tests avec plus ou moins de paramètres objectifs. On fait prévaloir des études sur la motivation de l'étudiant (R.G. Blatt, 1977 ; H. Motzny, D. Wagner, 1977 ; V.L. Riss, 1977). Un assez grand nombre d'études sont consacrées à l'évaluation des connaissances des élèves à l'école secondaire avant l'entrée à l'Université. Notre groupe a aussi été récemment chargé d'une étude similaire portant surtout sur des élèves du secondaire. Nous avons dépensé temps et argent pour des centaines de tests et de questionnaires pour découvrir par exemple que la meilleure appréciation de la maturité de l'élève pour son entrée à l'Université est l'opinion de son professeur du secondaire.

On a aussi observé que tous ces tests demandent et imposent beaucoup au professeur et à l'élève pour un résultat assez faible. De plus les tests favorisent la compétition au lieu d'encourager la coopération. Les tests personnels de diagnostic pour une auto-

administration et une auto-critique, qui seront préparés à partir du matériel collecté, seront peut-être les seuls résultats vraiment utiles.

Pour évaluer l'objectivité des tests, on prend aussi en considération le fait que les questionnaires à choix multiples (J.R.T. Cassels, A.H. Johnstone, 1977) qui sont le plus souvent utilisés, prouvent que le choix des mots et la structure des phrases peuvent être très importants au point de vue de la difficulté des questions.

Les études sur des systèmes « gradués » même si elles ont une grande importance, sont rares en chimie (N.C. Hung, 1976).

On trouve souvent des études partielles sur les façons de développer la résolution des problèmes et les procédés d'enquêtes scientifiques (J.A. Rowell, P.J. Hoffmann, 1975 ; P. Eccles, J.A. Deleeuro, 1976; C. Mac Guire, 1976; L.L. Molitor, K.D. George, 1976).

D'autres recherches portent sur la manière dont les élèves perçoivent les cours et le travail de laboratoire (R.F. Kempa, J.E. Ward, 1975 ; F. Lawrenz, 1976) et leur travail pratique (K.P. Richter, 1975 ; D.J. Gunning, A.H. Johnstone, 1976 ; A.H. Johnstone, C.A. Wood, 1977). Certaines montrent combien la chimie et les sciences en général développe l'esprit de créativité des étudiants (B.W. Hill, 1976). D'autres enfin n'observent aucune corrélation entre l'intelligence personnelle de l'étudiant, la moyenne générale des études académiques et l'obtention des examens de chimie (P.H. Huston, 1975).

Restent les problèmes suivants : comparaison des techniques, facteurs d'organisation, qualité du matériel, caractéristiques propres de l'étudiant. La plupart des études concluent cependant qu'il n'y a pas de différences significatives.

Il est encore relativement rare de trouver une estimation du travail du maître (M.J. Frazer, 1976 ; A. Kornhauser, 1976). On a cependant noté des résultats prometteurs dans l'étude de l'influence de la participation de l'enseignant sur les résultats en « C.E. » (V.L. Wilson, A.M. Garibaldi, 1976). Certains auteurs utilisent des questionnaires pour connaître les lacunes dans les connaissances des chercheurs (D.S. Trickey, 1975), ou savoir comment ils jugent les nouveaux programmes (D.J. Symington, P.J. Fensham, 1976; M.G. Chisholm, 1977). Aux U.S.A. on a depuis plusieurs années pris en compte l'évaluation par l'étudiant du travail de l'enseignant. Cependant on dit aussi que le « travail, l'argent et les efforts ne sont pas nécessaires puisque la qualité de l'enseignement est indéfinissable et donc impossible à mesurer ».

De façon générale on peut faire même cette opinion que « l'école est une vieille dame qui n'aime pas beaucoup s'observer dans un miroir ».

Conclusion

Le besoin d'une recherche spécifique en « C.E. » s'exprime clairement de nos jours. Des recherches extensives se développent dans le domaine des théories générales d'enseignement et d'apprentissage des sciences. On essaie d'introduire de nouvelles techniques en introduisant de nouveaux critères pour une évaluation en « C.E. ».
Il existe peu de recherches de base. Les principales sont des recherches d'application et de développement dans lesquelles les paramètres sont souvent non quantitatifs et définis de façon peu claire. Les résultats sont encore, pour une grande partie, le miroir de vues subjectives.

On devra certainement s'orienter vers une plus grande objectivité. Cependant, à cause de la complexité des processus d'éducation, l'approche subjective des chercheurs qui se consacrent à l'enseignement de la chimie jouera toujours un rôle important dans cette discipline.

Bien que l'on s'accorde à reconnaître que l'éducation est un processus complexe et interdisciplinaire, on sépare encore trop de nos jours en « C.E. », les théories générales et l'approche chimique. Peu d'études sont de type intégratif, soigneusement précisées, réalisées avec la coopération entre chimie, psychologie et éducation. Et même si ces associations existent, la sociologie n'y est que très rarement représentée. Il résulte de cela une relative stérilité de l'approche mentionnée plus haut, et des expériences mal définies.

Cependant on s'achemine vers une autonomie de la « C.E. », qui se base sur la chimie et s'appuie sur d'autres disciplines. Grâce à cela, on obtient de meilleurs résultats dans la pratique et on développe une méthodologie de la « C.E. », en tant que discipline nouvelle de recherche avec la nécessité d'une coopération interdisciplinaire.

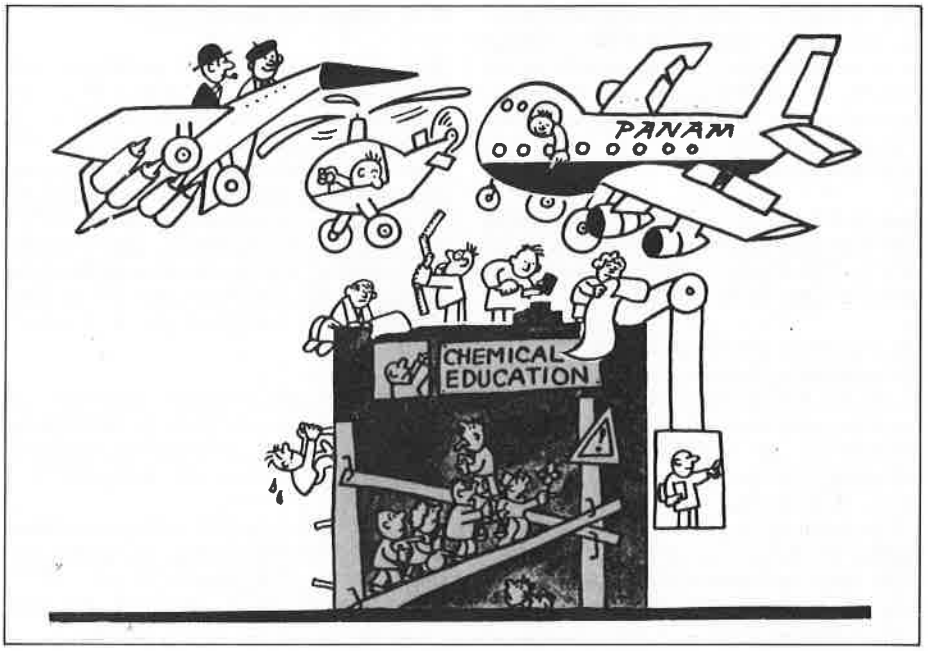


Photo 5. Dans la construction de la « C.E. », plusieurs approches sont possibles. Et même une exceptionnelle collaboration franco-britannique...

Posons finalement une fois de plus la question cruciale : qu'est-ce que la recherche en « C.E. » ? Comprend-elle seulement des théories fondamentales d'apprentissage et de mesures de toutes sortes de paramètres objectifs et constructifs ? Ou comprend-elle aussi les nombreuses études appliquées et de développement sur le contenu, les méthodes et les approches expérimentales de la chimie pour les besoins de l'éducation ?
Il semble que le temps soit venu de reconnaître le fait que les recherches fondamentales, appliquées et de développement forment ensemble, dans une intégration d'idées, d'expériences et de méthodes de recherche un organisme qui peut prospérer, obtenir de bons résultats dans chaque domaine afin que se développe la véritable vie de la « C.E. ».

Utilisation de la Graphique (méthode visuelle de traitement de l'information) dans l'enseignement de la chimie *

par Irène Arditi, Denise Devèze et Danielle Marbach
(Département audio-visuel, tour 24-34, 1er étage, Université Paris VII, 2, place Jussieu, Paris Ve).

I. Arditi

Dans le monde actuel, nous sommes de plus en plus submergés par des multitudes d'informations, de messages, de données. Le domaine scientifique n'échappe pas à cette marée.
Apprendre à rechercher les données, à s'interroger sur leur validité, à classer, traiter l'information constitue une étape nécessaire à l'acquisition d'un savoir scientifique.
Nous pensons que l'enseignement supérieur, sans négliger son rôle moteur au niveau de l'évolution des concepts enseignés, doit aussi promouvoir l'accès à des outils méthodologiques.
L'utilisation des méthodes de traitement

D. Marbach

faisant appel à l'Informatique est limitée par de sérieuses contraintes financières. De plus la calculatrice reste trop souvent une « boîte noire » si bien que, même auprès d'un public scientifique, les risques de mystification ne sont pas négligeables.
Il existe, des méthodes visuelles de traitement de l'Information, mises au point par J. Bertin au Laboratoire de graphique de l'École des Hautes Études en Sciences Sociales. Ces méthodes fonctionnent dans le cadre du raisonnement logique et leur accessibilité permet un contrôle permanent du sujet sur les opérations qui les composent. L'investissement financier nécessaire est du même ordre que l'acquisition d'une machine à écrire.
Citons J. Bertin : « *La représentation graphique fait partie des systèmes de signes fondamentaux que l'homme a construits pour retenir, comprendre et communiquer les observations* »...

D. Devèze

« *Langage destiné à l'œil, elle bénéficie des propriétés d'ubiquité de la perception visuelle et obéit à ses lois. Elle se définit comme la partie rationnelle du monde des images... Utiliser au mieux la puissance considérable de la vision dans le cadre d'un raisonnement logique, tel est l'objet de la Graphique.* »

Nous avons utilisé cette méthode dans plusieurs enseignements de chimie; nous aimerions vous faire partager notre conviction qu'elle présente un intérêt réel en pédagogie. Pour cela nous exposerons brièvement la méthode graphique en précisant ce qu'elle apporte dans un processus pédagogique puis nous relaterons les expériences que nous avons effectuées.

I. Principes de la méthode graphique

Le traitement graphique s'applique à tout domaine d'information dans lequel un ensemble homogène d'éléments est caractérisé par une série de critères différentiels ordonnables.
Cette information peut se mettre sous la forme d'un tableau à double entrée dans

* *Recherche financée par la DAGEFI pour la rénovation pédagogique de l'enseignement supérieur.*

lequel, le jeu des permutations de lignes et de colonnes permet le rapprochement des ressemblances et l'éloignement des dissemblances. C'est ainsi que se dégagent peu à peu, les relations du domaine exposé.
L'originalité du traitement graphique consiste à utiliser les propriétés de la perception visuelle pour effectuer ces opérations. Pour cela, on substitue à l'ensemble des valeurs ordonnables de chacun des critères recensés, un ensemble ordonnable en fonction d'une quantité de noir proportionnelle à ces valeurs *.
Supposons, par exemple, qu'on veuille comparer 7 objets caractérisés par la présence ou l'absence de 10 phénomènes. On visualisera la présence du phénomène pour l'objet considéré par une case noire, son absence par une case blanche. Cela conduit à la figure 1.
La manipulation proprement dite s'effectue

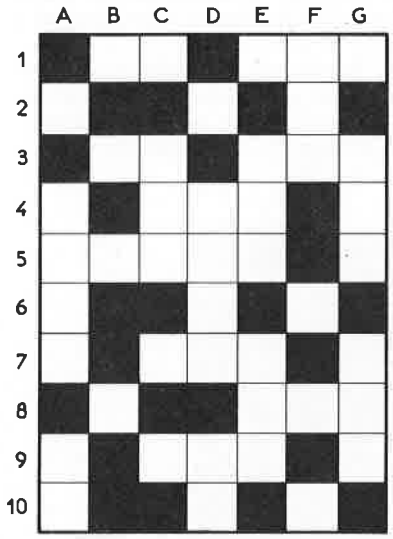


Figure 1.

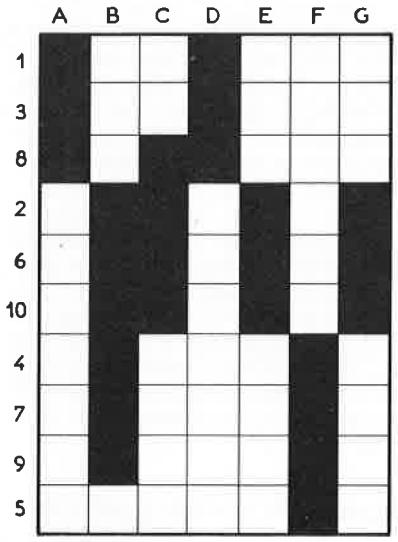


Figure 2.

* *Pour le choix du noir et la nécessité de rester dans une seule couleur, voir J. Bertin, Sémiologie graphique, Gauthiers-Villars-Mouton, 1967, page 60.*

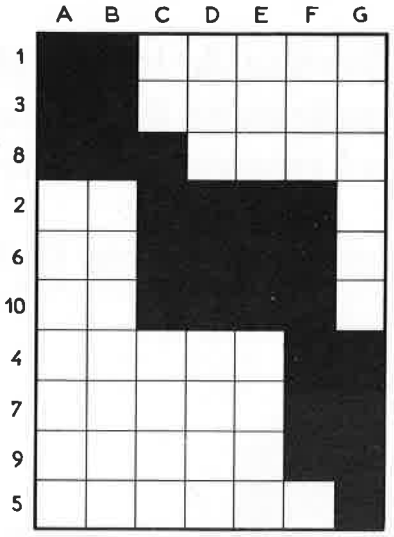


Figure 3.

sur des dominos tringlables dans deux directions orthogonales, par regroupement des taches réparties dans le plan de la matrice. Permutons les lignes de manière à rapprocher celles qui se ressemblent. ce qui revient à les ranger suivant leur centre de gravité. On obtient la figure 2.
Permutons de la même manière les colonnes, nous obtenons la figure 3.
La compréhension qui à l'origine nécessitait la mémorisation de 7 × 10 éléments ne requiert plus que la mémorisation de 3 groupes. L'image ainsi ordonnée accepte tous les niveaux de lecture : aussi bien celui d'ensemble que celui de la tâche élémentaire.
L'optimisation des facteurs intervenants dans un tel traitement (limites de la différenciation visuelle, dimensions de la matrice donc des dominos) a conduit Jacques Bertin à proposer l'utilisation de dominos parallélipipédiques d'une surface visuelle de (10 × 6) mm^2, les problèmes à traiter pouvant contenir jusqu'à 100 × 140 élements. Un tel matériel accepte un maximum de 11 graduations d'intensité entre le blanc et le noir. Cela nécessite donc une partition de l'ensemble des valeurs d'une variable en un ensemble de 11 classes.
Reprenons l'exemple des éléments chimiques caractérisés par une série de propriétés physico-chimiques comme : température de fusion, nombre d'électrons externes. L'amplitude des variations de la température de fusion pour l'ensemble des éléments est d'environ 3 000°. La transposition visuelle de ces valeurs se fera en constituant l'histogramme correspondant et en répartissant les différentes valeurs selon 2 critères : intervalles aussi égaux que possibles, classes aussi également peuplées que possible (figure 4).

Le nombre des électrons de la dernière couche des éléments chimiques varie de 1 à 8 ; dans ce cas, si le nombre de classes proposées est le nombre maximum 11, pour cette variable, certaines classes resterons vides. Si le problème est traité avec 5 classes visuelles l'étudiant pourra faire intervenir ses connaissances en chimie dans le choix des intervalles de classes.

II. Quelles sont les différentes opérations mises en jeu dans le traitement graphique et leur intérêt respectif dans un processus pédagogique

La graphique est à la fois outil de recherche et outil de communication. Les différentes opérations consistent en :

- apprendre à poser un problème : nécessité de délimiter le domaine, apprendre à reconnaitre les redondances, juger de la pertinence des variables répertoriées.

- recueillir l'information et critiquer ses sources : on constate que les manuels comportent rarement d'indications sur les conditions expérimentales dans lesquelles les données ont été établies ; ces données ne sont pas toujours homogènes.

- réduire le problème : c'est-à-dire transformer le tableau à double entrée comportant aussi bien des données chiffrées que des données qualitatives en une matrice visuelle pour laquelle les variations d'amplitude de chacune des variables se ventilent en 11 catégories visuelles. Les étudiants doivent alors s'interroger sur la nécessité de réduire la finesse de l'information ponctuelle pour dégager la structure de l'ensemble. Nous sommes ainsi amenés à clarifier les notions d'ordre de grandeur, d'amplitude absolue et d'amplitude relative.

- traitement visuel : la matrice montée, le traitement visuel consiste à la diagonaliser par permutations successives de lignes et de colonnes. Ces manipulations sont faciles. Tout groupement reste lié à l'ensemble en même temps qu'au détail, si bien que les éléments aberrants qui sont souvent l'objet d'observations utiles apparaissent spontanément. Durant ces manipulations, la réflexion peut se mener ; ainsi à tout moment l'utilisateur peut s'appuyer sur une information non inventoriée = le traitement devient alors découverte. Cette recherche de relations conduit à un savoir construit qui n'a pas l'uniformité d'un savoir reçu.

- instrument de communication : langage universel faisant appel aux propriétés d'ubiquité de l'œil, la Graphique permet donc de communiquer beaucoup plus rapidement un système de relations que le langage écrit (ou parlé) qui est linéaire. Dans les sciences expérimentales où les lois acceptent de nombreuses exceptions, la visualisation facilite tout à la fois la compréhension de la relation d'ensemble et l'analyse plus fine des écarts.

III. Utilisation de la graphique dans un enseignement d'éducation permanente :

Le Département d'éducation permanente de l'Université Paris VII organise une préparation à l'examen spécial d'entrée à l'Université. Cette préparation s'adresse aux personnes ayant interrompu leurs études avant le baccalauréat; elle est axée sur une réactualisation et un renforcement des connaissances mais aussi sur l'apprentissage de méthodes de travail. La méthode graphique, où la

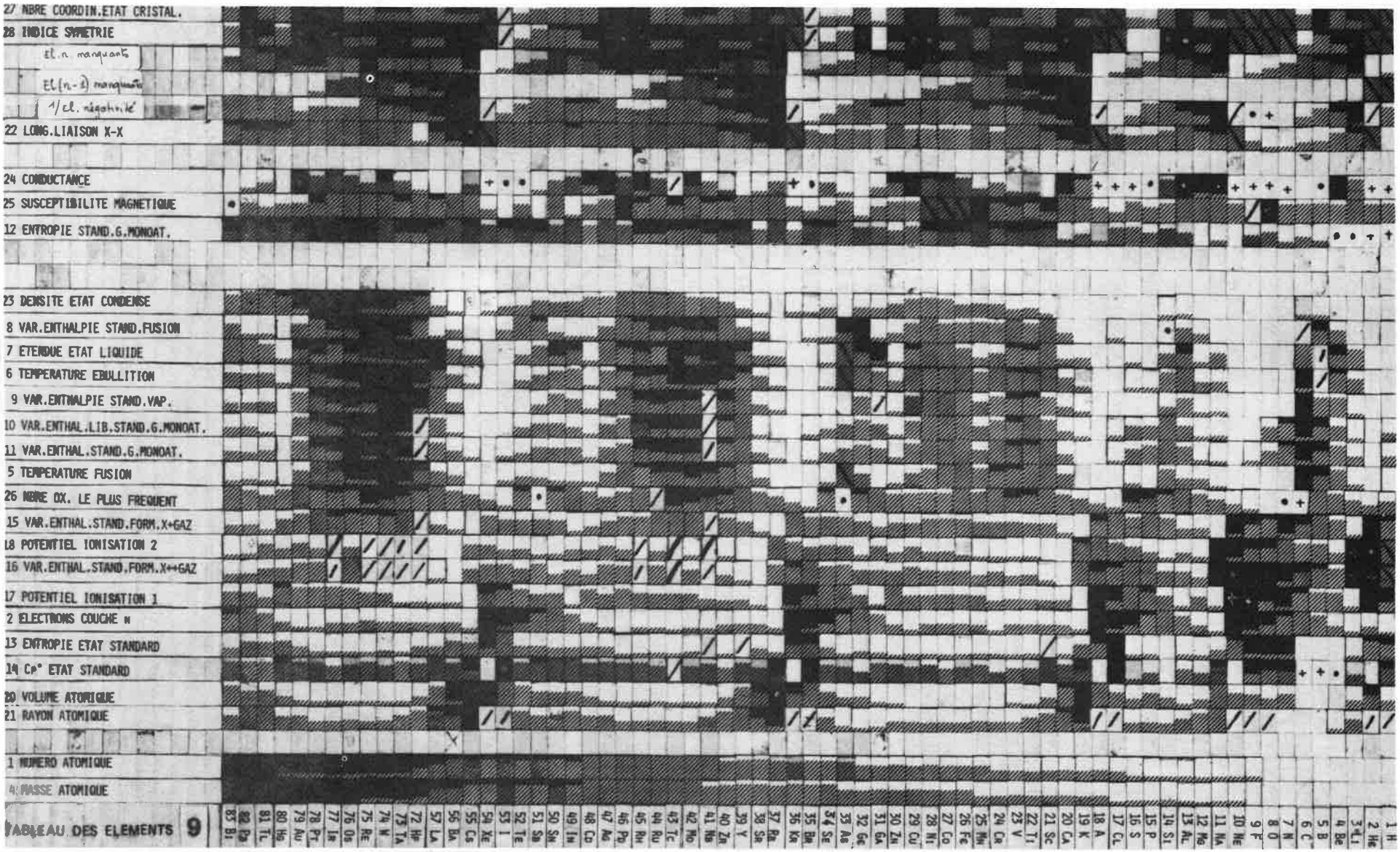


Figure 4. Matrice Mendeleïff.

visualisation de l'information joue un grand rôle, a constitué un moyen d'expression et de communication particulièrement accessible à un public hétérogène et mal adapté aux codes culturels établis.
Nous avons construit les bases du langage scientifique en partant d'observations et de notions du sens commun, s'appuyant sur le vécu des stagiaires. La définition de critères pertinents, l'organisation des objets constituant l'environnement a permis d'élucider les notions :
- matière vivante/non vivante
- corps purs/composés
- corps simples/éléments
- ainsi que la notion de propriété caractéristique.

Une première série de travaux expérimentaux ont permis d'enrichir les propriétés caractéristiques recensées (conductibilité, densité, fusion, etc...). Le traitement d'une première matrice visuelle a dégagé, avec leurs caractéristiques :
- les différents états de la matière
- l'état métallique/non métallique.

Dans un deuxième temps, aidés de films, de travaux expérimentaux portant sur les modèles moléculaires, la réactivité chimique (oxydo-réduction, acides et bases) nous avons pu traiter une matrice visuelle plus élaborée et arriver à la notion de famille chimique.

IV. Intervention dans un enseignement de chimie minérale (2e année de 1er cycle SSM)

Nous disposions d'un module de 4 séances de 4 heures; dans un premier temps les étudiants ont fait l'apprentissage de la méthode graphique en analysant le contenu d'un article de presse portant sur la consommation des eaux minérales. Ces étudiants avaient récemment effectués des travaux expérimentaux portant sur l'analyse quantitative de l'eau. Dans un deuxième temps, nous devions utiliser la Graphique comme « outil de mémorisation » du cours, concernant l'étude des grandes familles chimiques. En fait, les étudiants ont consacré plus de temps que prévu à l'étude de l'article et l'étude du tableau périodique des éléments a été amputée du travail de recherche bibliographique et de celui du choix des paramètres. Si bien que l'intérêt pédagogique de l'expérience s'est situé dans la première partie citée.

L'article considéré comprenait des informations sur la teneur en différents ions d'un échantillon assez large d'eaux minérales; les informations étaient tantôt chiffrées, tantôt sous la forme de représentation graphique; parfois enfin, elles consistaient en appréciations qualitatives. Aux indications chimiques s'ajoutaient diverses considérations économiques ou commerciales.

Les informations que nous venons de décrire appuyaient un texte mettant en garde le consommateur quant au bien-fondé de la consommation systématique des eaux minérales.

La méthode graphique devait permettre aux étudiants de vérifier l'adéquation entre le discours tenu et les informations véhiculées. Une part importante a été consacrée à recueillir puis coder l'information qui était très disparate alors que la construction puis la manipulation de la matrice ont été des opérations assez rapides.

Interprétation des résultats

Au niveau des connaissances chimiques, apparaissent immédiatement trois catégories d'eaux minérales :
- les eaux peu minéralisées.
- les eaux fortement minéralisées avec des dominantes de carbonates, sulfates, de métaux alcalino-terreux.
- les eaux fortement minéralisées en chlorure de métaux alcalins.

Sur le plan économique, il était trivial de constater que le prix était directement lié au contenant.
La plupart des étudiants ont souhaité ajouter aux données de la matrice l'information d'un autre article précisant les effets thérapeutiques des eaux minérales. Ils ont ainsi pu mettre en relation effet thérapeutique, composition minérale, nature du terrain. Ils ont comparé la qualité de l'eau du robinet qu'ils avaient analysée avec celle des eaux minérales.
Ils ont constaté que les auteurs de l'article avaient négligé d'indiquer les méthodes de dosage des ions, négligé d'analyser les eaux de ville et, compte tenu du mal qu'ils ont eu à transcrire en un tableau lisible les informations de l'article, ils ont conclu que celles-ci n'avaient aucune efficacité informationnelle.
Les étudiants ont été intéressés d'entreprendre une étude qui les mettait en relation avec un problème réel : celui de la qualité de l'eau et de sa consommation.
L'outil méthodologique a donc beaucoup fonctionné comme outil de recherche où l'introduction d'informations « extérieures » au domaine initialement défini a été source de découvertes. Il a été beaucoup plus difficile de susciter autant d'initiatives pour l'étude du tableau périodique des éléments.

V. Utilisation de la Graphique dans le cadre des unités de valeurs de didactique de la Maitrise de sciences physiques

Nous avons assuré un enseignement de 40 heures réparties sur un semestre. L'enseignement a porté sur :
- quelques notions relatives aux différents types de langages et moyens de communication.
- l'utilisation de la graphique comme outil permettant la mise en place de connaissances relatives à l'étude du tableau de Mendeleïev en insistant sur la dimension épistémologique.
- utilisation de la méthode à d'autres types de situations, à la demande des étudiants.

Au cours de cet enseignement, les différentes étapes du traitement graphique ont été autant de révélateurs des faiblesses des enseignements traditionnels :
- habitudes de passivité se traduisant par une grande inertie à remettre un savoir en question, savoir censé acquis.
- inhibitions devant le magnétophone ; seul le groupe qui « savait bien » a accepté un enregistrement « non stop » d'une séance de manipulation visuelle. C'est pourtant par ce moyen qu'il a été possible d'analyser la réflexion continue qui se faisait.

Ainsi, à un stade relativement peu avancé de la manipulation, les lignes de forces du rangement s'opère en fonction de la masse des éléments ; le carbone se place au milieu des éléments lourds et cette aberration est aussitôt objet de réflexion ;
- difficultés à admettre que dans tout traitement d'information il y a une part de choix à faire ; admettre qu'il n'y a donc pas une solution absolument unique.

Cependant si cette expérience a été éprouvante pour quelques-uns, la matrice finale visualisant d'un seul coup d'œil le phénomène de la périodicité a constitué un facteur valorisant. D'autant plus que de nouvelles investigations étaient suscitées, au niveau des éléments de transition, ces éléments obéissent mal à la périodicité et un traitement particulier s'est avéré nécessaire pour dégager d'autres relations internes à ce groupe restreint (Fig. 4).
En ce qui concerne la dernière partie du cours, c'est-à-dire l'utilisation de la Graphique à d'autres types de situations, nous avons constaté qu'un très petit nombre d'étudiants a avancé des idées personnelles. Citons l'exemple de la mise en relation des différentes formes d'énergie et leurs caractéristiques. La plupart ont effectué les traitements que nous avions suggéré (analyse de contenu d'un article de revue, analyse de contenu d'un film scientifique).

Conclusions

L'utilisation de la Graphique dans l'enseignement supérieur constitue pour les étudiants comme pour les enseignants une « épreuve de vérité ». Elle exige une réflexion constante et une remise en cause de nos habitudes, elle peut donc dans le contexte présent être taxée « d'élitiste ».

Les possibilités d'utilisation de la graphique sont multiples *. Nous nous sommes volontairement limitées à la décrire comme outil méthodologique dans un processus pédagogique mais rappelons qu'elle tient ses lettres de noblesse en tant qu'instrument de recherche utilisé surtout dans le domaine des sciences humaines.

Nous tenons à la disposition des lecteurs intéressés :
1) des rapports plus détaillés des différentes expériences que nous avons menées,
2) la possibilité d'une initiation à cette méthode sur un problème de leur choix.

* *Pour une approche exhaustive de cette méthode, nous renvoyons le lecteur aux principaux ouvrages de M. Jacques Bertin a) Sémiologie graphique, Gauthiers-Villars-Mouton, Paris* 1967. *b) La Graphique et le traitement graphique de l'information, Flammarion* 1977.

Bibliographie

Nos lecteurs peuvent se procurer les nouveautés présentées dans cette rubrique à la librairie **Techniscien-ces,** 103, rue Lafayette, 75010 Paris (878.24.39 et 285.50.44) qui a réalisé cette documentation.

Aliments

E24. **McCance et Widdowson's, The composition of foods** (4e édition révisée)
par A.A. Paul et D.A.T. Southgate

La 5e édition de cet ouvrage de référence a été rendue nécessaire par les changements survenus dans les habitudes alimentaires, par les informations supplémentaires récoltées sur certains aliments et par les progrès réalisés dans les techniques analytiques.
Comme dans les éditions précédentes, on y examine la valeur énergétique des aliments, leur teneur en hydrates de carbone, en matières grasses, en protéines et en certains composés inorganiques.
Dans cette nouvelle édition, on insiste spécialement sur les teneurs en acides gras, en cholestérol, en fibres et en zinc. Les informations sur les acides aminés et sur les vitamines ont été étendues de même que les données sur l'acide folique (libre et total) et l'acide nicotinique.
Les valeurs énergétiques sont désormais données en kilojoules et en kilocalories, et les recettes sont exprimées en unités du système métrique.
Une clef des sources d'informations a aussi été ajoutée.
Comme les éditions précédentes, ce livre servira grandement aux diététiciens et aux nutritionnistes ainsi qu'aux médecins et aux professeurs de sciences paramédicales.
Quelques titres de chapitres : Description et nombre des échantillons. Constituants essentiels : eau, azote total, protéines, matières grasses, hydrates de carbone, fibres, alcool. Valeur énergétique. Constituants inorganiques : Na, K, Ca, Mg,... Vitamines : rétinol, carotène, acide nicotinique, tocophérols, acide folique, biotine,... Acides aminés. Acides gras. Composition de plats cuisinés, etc...
Quelques appendices : Détails de procédés analytiques. Note sur le calcul de la valeur énergétique des aliments. Dénomination systématique de poissons et de plantes comestibles, etc... ...

1978, 420 p., F 420.

A220. **Flavor technology : Profiles, Products, Applications**
par H.B. Heath

Il s'agit d'un livre très complet sur les techniques que l'on utilise actuellement pour parfumer la nourriture et les boissons.
Les problèmes que l'on rencontre dans la production d'aliments à la fois sains, attrayants et de bon goût sont discutés.
Ce livre s'adresse aux spécialistes de la technologie alimentaire ainsi qu'aux étudiants qui veulent acquérir des connaissances de base sur la science de la nourriture avant d'entrer dans le monde de l'industrie.
L'ouvrage est divisé en trois sections ; la première décrit une série de profils aromatiques qui sont ceux des plus importants parfums utilisés dans la fabrication d'aliments et de boissons.
La seconde partie traite de la nature et de la préparation des produits qui donnent le goût à la nourriture. Les caractéristiques nécessaires à chaque groupe de produits en fonction de leur usage sont mises en évidence.
La troisième partie du livre passe en revue les différentes manières d'employer ces produits dans l'industrie alimentaire.
On peut mentionner enfin, les excellentes bibliographies qui étayent chacune des sections.
Quelques titres de chapitres : Section I : les herbes culinaires, les épices, la vanille,... Section II : matériaux utilisés pour fabriquer des

boissons, les huiles essentielles, les parfums qui imitent,... Section-III : les produits de patisserie, les pickles et les sauces, les soupes, les glaces et les produits gelés, assurances sur la qualité des produits très parfumés,...

1978, 542 p., F 240.

Analyse. Chimie analytique

M48. **Dosages absorptiométriques des éléments minéraux** (3e édition de l'ouvrage « Dosages colorimétriques des éléments minéraux »
par G. Charlot

Les méthodes absorptiométriques de dosage continuent à connaître un développement important.
Non seulement elles constituent un moyen simple de dosage des traces, mais encore les perfectionnements apportés aux appareils permettent d'atteindre une précision égale et parfois supérieure à celle de la plupart des autres méthodes.
Cette troisième édition tient compte des développements récents. De nombreuses méthodes décrites précédemment ont été remplacées par des méthodes récentes plus efficaces. Les très nombreuses références bibliographiques ont toutes été recontrôlées et la plupart ont été remplacées par des références concernant en général ces dernières années.

1978, 448 p., F 260.

L64. **Vogel's textbook of quantitative inorganic analysis** (Including Elementary Instrumental Analysis. 4e édition)
par J. Bassett, R.C. Denney, J. Mendham et G.H. Jeffery

S'adressant aussi bien à l'expert du laboratoire qu'à l'enseignant, ce manuel, dont la quatrième édition vient de paraître, comprend également d'intéressantes informations sur l'analyse instrumentale élémentaire. Entièrement mis à jour en fonction des méthodes modernes d'analyse inorganique quantitative, il devrait compléter l'arsenal d'un laboratoire bien équipé en servant de trait d'union entre les méthodes traditionnelles et les techniques instrumentales modernes. Parmi les innovations qui y ont été introduites, notons : une introduction à la théorie de la spectrométrie d'absorption atomique, de méthodes chromatographiques et thermiques de spectrométrie, en relation avec leurs applications en chimie inorganique. D'autres chapitres traitent de méthodes spectrométriques et électrochimiques par rapport aux instruments modernes actuellement commercialisés, de l'échantillonnage, de statistique, etc... Certaines sections, telles que celles consacrées à la gravimétrie et à la tritrimétrie, ont été remaniées en fonction des progrès qui ont été réalisés dans ces domaines.

1978, 960 p., F 190.

A4. **PH Measurements**
par C. Clark Westcott

Ce livre fournit une information pratique de base sur les principes, l'équipement et les techniques de mesure du pH.
Il doit être utilisé pour des applications de laboratoire et sera particulièrement utile à des chefs de laboratoire et à des chercheurs en chimie analytique, biochimie et sciences de l'environnement.
Il passe en revue la théorie du pH, les caractéristiques et les performances des équipements de mesures du pH, ainsi que les soins que ces instruments requièrent.
Les techniques à utiliser dans des cas difficiles sont décrites avec des exemples tirés d'expériences quotidiennes en laboratoire et sur le terrain.
Extraits de la table des matières : Principes de mesures de pH. Le pH mètre. Les électrodes. Les solutions standard. La technique de mesure du pH. Applications, etc...

1978, 192 p., F 110.

C4. **Handbuch der arzneimittel-analytik**
par S. Ebel

Très concis, ce manuel propose une vue d'ensemble sur l'état actuel de l'analyse par classe des principaux médicaments de synthèse. Afin de pouvoir passer en revue un maximum de substances pharmaceutiques dans un minimum d'espace, l'auteur a organisé son ouvrage sous la forme de tableaux pourvus d'indications liminaires sur les processus analytiques selon Stas et Otto, sur l'analyse élémentaire, la chromatographie en couche mince, etc. Les 600 substances pharmaceutiques, dont il est question ici, sont classées du point de vue analytique en groupes et sous-groupes pharmacologiques et chimiques. Chaque chapitre débute par un résumé contenant les formules, les caractéristiques et autres indications relatives aux substances considérées isolément : observations sur leur identité, réactions d'identification, propriétés chromatographiques et spectroscopiques, méthodes analytiques, données requises pour les dosages quantitatifs, etc. L'ouvrage est complété par quelque 2 000 références bibliographiques.

1977, 354 p., F 380.

Biochimie. Biologie

H76. **Les hormones. Aspects fondamentaux et physiopathologiques**
par E.-E. Beaulieu et collaborateurs

Ce livre d'endocrinologie traite des hormones selon leurs aspects biochimiques et cellulaires fondamentaux (impliquant les études très modernes des mécanismes d'action) et les grandes données médicales de physiopathologie et de thérapeutique humaine. Il est rédigé de façon à être à la fois un livre d'enseignement, un ouvrage de référence et un instrument de recherche.

1978, 560 p., 268 dessins, schémas et photographies, F 296.

E24. **Progress in industrial microbiology** (Volume 14)
par M.J. Bull

Consacré aux progrès enregistrés dans le domaine de la microbiologie industrielle, cet ouvrage contient trois études importantes, dont la première concerne la dégradation microbiologique de la lignine. Celle-ci, bien que située au deuxième rang, aussitôt après la cellulose, des ressources naturelles renouvelables disponibles les plus significatives, mais jusqu'à présent sous-exploitées, n'a guère inspiré d'ouvrages vraiment marquants. La 2e étude constitue une vue d'ensemble sur l'utilisation de résidus d'hydrates de carbone pour la production de protéines microbiennes, tandis que la 3e concerne la dégradation microbienne de composés hétérocycliques. L'ouvrage comporte, en outre, un article proposant un tour d'horizon sur la littérature publiée dans le cadre de la microbiologie industrielle, ainsi que sur la méthodologie au plan de la représentation par modèles mathématiques de systèmes microbiologiques.

1978, 294 p., F 355.

A92. **Sucrochemistry** (ACS Symposium n° 41
par J.L. Hickson

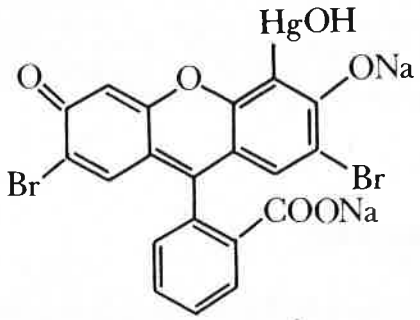
Cet ouvrage décrit l'évolution des connaissances fondamentales sur la chimie du saccharose. Il discute certaines applications industrielles et examine le rôle du sucre en tant que ressource naturelle renouvelable.
La première partie du livre éclaircit la chimie fondamentale de la molécule de saccharose.
Les trois chapitres suivants illustrent quelques applications industrielles : surfactants, plastiques uréthanes, procédés de fermentation, etc...
Le dernier chapitre enfin, discute les perspectives économiques de cette chimie.

1977, 297 p., F 130.

Vient de paraître

Volume III du

LEXIQUE TECHNIQUE DES PRODUITS CHIMIQUES



Cette édition est le complément indispensable aux Volumes I et II du même ouvrage par l'introduction de 8 000 formules chimiques nouvelles.

Prix (HT) du Volume III : 350 F.

*
* *

Réimpression complète des Volumes I et II sous une toute nouvelle présentation identique à celle donnée au Volume III.

Prix (HT) de l'ensemble de la Collection sous emboîtage : 1 000 F.

Adresser vos commandes aux Agences de Diffusion

France

TECHNISCIENCES
103, rue Lafayette
75010 PARIS

Benelux

S.T.B.C.
136, Chaussée de Charleroi
B-1060 BRUXELLES

Chimie générale

E24. **Phosphorus : An outline of its chemistry, biochemistry and technology**
par D.E.C. Corbridge

La dizaine de chapitres qui composent cet ouvrage font état des connaissances acquises, au cours des 2 dernières décennies, dans la chimie du phosphore. Le chapitre d'introduction est consacré aux aspects historiques de la science du phosphore, à sa répartition et à ses rapports avec l'environnement, ses propriétés atomiques et modes de liaison, aux problèmes d'équilibre et de stéréochimie, aux types de réactions, ainsi qu'aux énergies et allongement de chaînes. Les 8 chapitres suivants concernent des composés du phosphore : phosphures et composés simples ; phosphates ; composés carbonés et azotés ; esters et biochimie ; composés sulfurés ; phosphines ; composés cycliques et hauts polymères ; le phosphore avec les éléments des groupes III et IV autres que le carbone.
Exposés spéciaux.

1978, 456 p., F 435.

E24. **The chemistry of gold**
par R.J. Puddephatt

Publiée dans le cadre d'une série d'ouvrages concernant des travaux sur la chimie inorganique et sur la chimie générale, cette 16e monographie est consacrée à la chimie de l'or.
Le premier chapitre servant d'introduction traite de l'origine, de l'extraction et de la purification de l'or ; des propriétés physiques et chimiques de l'élément ; des isotopes de l'or et des principes généraux régissant la chimie de l'or. Les cinq chapitres suivants concernent les composés binaires de l'or et la chimie de coordination de ce métal (complexes (I), (II), (III) et (IV)). Les cinq derniers chapitres sont consacrés aux complexes organiques de l'or, aux composés à liaisons métal-or, aux mécanismes réactionnels dans le domaine de la chimie de l'or, à des études spectroscopiques de l'or et de ses composés ainsi que de diverses applications desdits composés, notamment en chrysothérapie) suivies de la description de différentes autres méthodes analytiques.

1978, 286 p., F 355.

Chimie organique

E24. **Further perspectives in organic chemistry**
Ciba Foundation Symposium 53 (Nouvelle série)

Ce compte rendu de symposium sur l'importance des perspectives développées par la recherche en chimie organique couvre toute une série de secteurs : théorie et pratique en biosynthèse (détermination de structures) ; théories et expériences en biosynthèse ; conception d'oxydants spécifiques pour phénols ; synthèse de sesquiterpènes d'intérêt biogénétique ; lois régissant la cyclisation ; synthèse de peptides ; récents développements en chimie organique quantique ; synthèse biomimétique de phénols à partir de polycétones ; catalyse homogène et hétérogène sélective ; études d'enzymes-types et de carboxypeptidases ; synthèse de ligands antileucémiques ; synthèses organométalliques ; composés antiaromatiques. Chacune de ces communications est complétée par le texte des discussions s'y rapportant.

1978, 218 p., F 150.

L64. **Vogel's textbook of practical organic chemistry** (Including Quantitative Organic Analysis, 4e édition)
par B.S. Furniss, A.J. Hannaford, V. Rogers, P.W.G. Smith et A.R. Tatchell

La quatrième édition de cet ouvrage de référence couvre tous les aspects de la chimie organique pratique, appliqués dans les laboratoires de l'industrie et de recherche universitaire. Elle fait état des changements considérables intervenus au cours des deux dernières décennies dans le domaine de la chimie organique, tant du point de vue théorique que pratique. Les nouveautés qui ont été introduites concernent, entre autres domaines, la sécurité, la chromatographie, la photochimie et les méthodes spectroscopiques. Notons également la réorganisation des chapitres consacrés aux domaines des techniques opératoires et expérimentales, dans lesquels ont toutefois été maintenues les procédures ayant résisté à l'épreuve des progrès, mais qui ont été complétées par une sélection de nouvelles méthodes de synthèse éprouvées. Les sections relatives à l'analyse organique qualitative, et aux opérations qui en dérivent, ont été réunies et augmentées par des études de spectroscopie interprétative très étendues.

1978, 1280 p., F 240.

Chimie physique

P26. **Principles of field ionization and field desorption mass spectrometry**
par H.D. Beckey

Certaines parties de ce livre sont basées sur un précédent ouvrage publié par l'auteur en 1971 sous le titre « Field ionization mass spectrometry ». Les progrès réalisés au cours des dernières années dans ce domaine particulier de la recherche ont rendu nécessaire la publication de cette nouvelle version consacrée aux principes d'ionisation de champ et à la spectrométrie de masse par désorption de champ.
Cette dernière technique fait l'objet d'un important nouveau chapitre (sur les cinq qui composent l'ouvrage). Il traite de la méthode « sensible » d'ionisation, du champ d'ionisation et du champ de désorption rendant possible l'analyse de macromolécules à caractère biologique thermiquement instables et non évaporables. D'autres chapitres concernent : la théorie et les techniques d'ionisation et de désorption de champ, la cinétique et le mécanisme de la décomposition du champ ionique en phase gazeuse, l'analyse qualitative et l'analyse de mélanges, etc.

1978, 348 p., F 230.

W24. **Surfactants and interfacial phenomena**
par M.J. Rosen

Ce livre examine le rôle des surfactants comme modificateurs des phénomènes d'interface.
Il passe en revue les types structurels de surfactants disponibles dans le commerce et décrit les principes physicochimiques qui sont à la base de leur action.
Les effets de changements structurels ou de changements d'environnement sur l'action des surfactants sont aussi analysés.
Quelques titres de chapitres : Formation de micelles par les surfactants. Solubilisation par des solutions de surfactants : catalyse, micellaire. Réduction de la tension de surface et de la tension d'interface par les surfactants. Emulsification par les surfactants. Dispersion et aggrégation de solides en milieu liquide par les surfactants. Modification de l'action des détergents par les surfactants, etc...

1978, 288 p., F 200.

E24. **Interdisciplinary surface science**
par D.P. Woodruff

Compte rendu de la 3e Conférence interdisciplinaire de la science des surfaces qui a tenu ses assises en 1977 à l'Université d'York, cet ouvrage couvre les sujets principaux ci-après : Défauts de surfaces ; Rétrodiffusion des ions à faible énergie et structures superficielles ; Chimisorption atomique sur métaux simples ; Tendances chimiques et influence de la relaxation cavité-noyau ; Études théoriques de la

structure électronique des surfaces de semi-conducteurs ; Passé et avenir de la cristallographie des surfaces ; Rôle des expériences dans le domaine de la science des surfaces pour une meilleure compréhension de la catalyse hétérogène ; Théorie de la photoémission de séparation angulaire à partir d'orbitales localisées sur la surface de solides ; Aspects expérimentaux de ladite photoémission à partir de surfaces métalliques nettes et de surfaces avec adsorbats ; Utilisation de la spectroscopie photoélectronique à rayons X dans le domaine des sciences de la corrosion.

1978, 626 p., F 595.

P82. **Les solides non cristallins**
par Ch. Mazières

Après avoir traité des phénomènes de condensation et de la diversité des matériaux auxquels ils conduisent, l'auteur passe en revue les différentes voies de formation des solides non cristallins avant d'étudier les mécanismes de cristallisation puis quelques propriétés physiques et chimiques spécifiques des solides non cristallins.

1978, 248 p., F 85.

A220. **Soybeans : chemistry and technology.** Volume 1 : Proteins
par A.K. Smith et S.J. Circle

Ce livre passe en revue toutes les recherches sur la fraction protéinique de la graine de soja. On y insiste spécialement sur les analyses chimiques mais on décrit aussi les équipements de transformation de ces graines en farines comestibles, concentrés de protéines ou isolats de protéines ainsi que les développements commerciaux de ces activités.
On parle entre autres dans ce livre, des composés biologiquement actifs dans la graine de soja, des méthodes d'amélioration du goût des aliments à base de soja, de la structure de la graine et de la production agronomique du soja.
Certains tableaux dans les deux premiers chapitres ont été refaits, tandis que la majeure partie de l'ouvrage a été très peu modifiée par rapport à la première édition.
Table des matières : Histoire. Génétique et autres caractéristiques biologiques. Composition chimique de la graine. Purification et propriétés des protéines. Traitement aux solvants organiques de morceaux de graines de soja. Composants biologiquement actifs. Valeur nutritionnelle des produits alimentaires protéinés. Processus biologiques dans les graines de soja stockées. Fabrication des farines de soja, des concentrés de protéines et des isolats de protéines. Les produits protéiniques comme ingrédients dans la nourriture. Produits alimentaires fermentés. Marketing des graines de soja et de leurs dérivés protéinés. Index.

1978, 466 p., F 220.

Industrie

C52. **The canning handbook on electroplating**
22e édition

Élevé à la dignité d'un classique par les spécialistes de la finition électrolytique, le présent manuel vient de paraître dans sa vingt-deuxième édition révisée, en fonction des progrès enregistrés dans ce domaine. L'ouvrage passe en revue (et ceci de façon très détaillée) les diverses méthodes de polissage et l'équipement approprié qu'elles requièrent, ainsi que les méthodes de déposition électrolytique sous tous leurs aspects jusque et y compris la conception et l'installation d'ateliers. La déposition électrolytique de la plupart des métaux plaqués commercialisés y fait l'objet de chapitres individuels copieusement illustrés, tandis que diverses autres sections décrivent des techniques de métallisation de plastiques ; de formage électrolytique, d'anodisation et de traitements des effluents d'ateliers de galvanisation ; d'essais de corrosion et de normes ; de vernissage et de bronzage, ainsi que de divers procédés de contrôle.

1978, 1000 p., F 130.

N80. **Handbook of silicones rubber fabrication**
par W. Lynch

Copieusement illustré, ce manuel traite de quantité d'applications d'un élastomère particulier relativement nouveau : le caoutchouc silicone et ses composés. L'auteur passe en revue les propriétés de ce matériau, ainsi que les techniques employées pour le produire, y compris l'équipement, et les produits dérivés du caoutchouc silicone dont le développement et la croissance sont en pleine accélération. Une attention particulière est consacrée à l'appareillage et à l'outillage. D'autres chapitres traitent du moulage par transfert de caoutchoucs vulcanisés courants, au moulage automatisé et au moulage du caoutchouc liquide ; de la technologie de silicones destinés au domaine médical d'une part et, d'autre part, aux revêtements, aux isolants, joints, diaphragmes, etc. On y trouve également décrites diverses applications du caoutchouc silicone et de ses composés dans les industries aérospatiale, électronique, électrique et automobile.

1978, 350 p., F 240.

N84. **Handbook of catalyst manufacture**
par M. Sittig

Comme le domaine de la catalyse industrielle est très large, cet ouvrage se consacre surtout à des exemples pratiques de réactions d'hydrocarbures qui se font plus facilement en présence de substances catalytiques.
Les méthodes de fabrication, d'utilisation et de régénération de ces catalyseurs sont décrites en détails.
Pour une réaction déterminée, les facteurs les plus importants qui déterminent le choix du catalyseur sont l'activité, la sélectivité, la stabilité et la convenance physique ; viennent ensuite d'autres facteurs comme la possibilité de régénération, ou le coût.
D'autre part, des progrès réels ont été faits dans le développement des réacteurs catalytiques. Ainsi, les réacteurs à lit fixe, à lit fluide ou ceux que l'on utilise avec des catalyseurs liquides sont d'une importance capitale pour faire démarrer des réactions difficiles. C'est pourquoi le livre commence par un chapitre consacré à ces réacteurs.
Bref, cet ouvrage décrit des réactions d'hydrocarbures en insistant particulièrement sur leur catalyse. Les réactions catalysées sont d'ailleurs au centre de beaucoup de procédés industriels en chimie organique.
Quelques titres de chapitres : Les alkylations (... utilisation de catalyseurs solides...). Les aromatisations (... les catalyseurs du groupe du platine...). Les déshydrogénations (... les catalyseurs en aluminate de zinc...). Les oligomérisations (... l'acide phosphorique comme catalyseur...) Les oxydations catalytiques (... les catalyseurs cobalt-chrome...). etc...

1978, 474 p., F 315.

N80. **Plastics mold engineering** (3e édition)
par J. Harry DuBois et W.I. Pribble

De caractère essentiellement pratique, cet ouvrage sur l'ingéniérie du moulage dans l'industrie des matières plastiques couvre tous les aspects technologiques modernes concernant ce domaine, en particulier, ceux qui ont trait à la conception et à la fabrication de l'outillage et de l'équipement nécessaires dans les secteurs tels que : l'extrusion, le moulage par injection, les moules à compression, les presses d'injection, les moules à transfert, les moules usinés par électro-érosion. Cette 3e édition contient également des chapitres sur l'étude de matrices de transformation, de matrices à compression, de matrices « spring-box », de moules à couteau, ainsi que des informations sur les appareils modernes pour la réalisation de moules (fonctionnement et utilisations) et sur les matériaux non ferreux et autres requis dans ce domaine.

1978, 640 p., F 370.

M101. **Progettazione di manufatti di materiale plastico stampati ad elevata pressione (in particolare per iniezione)**
édité par la Société « Metalmeccanica Plast » avec la collaboration de M. R. Mourgue, Prof. à l'École Nationale des Matières Plastiques, à Oyonnax

Cet ouvrage est édité également en langue anglaise.
Ce livre indique aux techniciens les connaissances indispensables à la production d'articles en matières plastiques :
- une bonne connaissance des propriétés des matières plastiques et le mode de comparaison numérique pour les choix ;
- savoir faire le choix de la technologie de transformation la plus convenable ;
- posséder des notions suffisantes de la conception.

1978, 153 p., F 210.

M101. **Guida rapida per conoscere I termoplastici (adatti per lo stampaggio ad iniezione)**
Édité par la Société « Metalmeccanica Plast »

Cet ouvrage existe également en langue anglaise.
Il décrit l'histoire, préparation, technologie de transformation, qualités particulières, limites d'emploi, secteurs d'emploi et les caractéristiques générales des matières thermoplastiques.

1977, 126 p., F 210.

M101. **Nuovo dizionario delle materie plastiche con tabelle, orientamenti, tecnologie**
Édité par la Société « Metalmeccanica Plast »

Cet ouvrage existe également en langue anglaise.
La première édition de ce volume, imprimée en anglais, français et italien, a été rapidement épuisée. Le succès et les demandes continuelles ont démontré indiscutablement l'utilité de l'ouvrage, en conséquence, une deuxième édition est maintenant disponible en italien et en anglais.
Cette deuxième édition a de nombreuses innovations et les rubriques du dictionnaire ont été enrichies, ajoutant le secteur si important des produits chimiques auxiliaires (plastifiants, colorants, etc.) et complétée par de nombreux tableaux utiles.

1977, 160 p., F 210.

M101. **Gli stampi per le presse ad iniezione delle resine termoplastiche**
Édité par la Société « Metalmeccanica Plast »
avec la collaboration de M. R. Mourgue, Prof. à l'École Nationale des Matières Plastiques, à Oyonnax

Cet ouvrage existe également en langue anglaise.
C'est un nouveau manuel technique d'un grand intérêt pour tous ceux qui travaillent dans l'injection avec de nombreux dessins et formules. Il est d'une grande utilité aux fabricants de moules et à l'enseignement professionnel.

1977, 331 p., F 210.

Métallographie

C52. **Color metallography**
par E. Beraha et B. Shpigler

Publié sous les auspices de l'« American Society of Metals », cet ouvrage traite, entre autres sujets de : Théorie et méthodes de la métallographie en couleurs (photographie couleurs avec microscope métallographique, méthodes faisant appel à la lumière polarisée avec exaltation optique image-contraste, métaux isotropes et alliages multiphases sous lumière polarisée, anodisation et méthodes chimiques, méthodes de séparation des couleurs, etc...). Systèmes réactifs pour dépôts chimiques de films en interférence (bases théoriques de divers systèmes réactifs utilisés, préparation et application). Applications faisant intervenir l'emploi de films déposés chimiquement (description de divers substrats). Applications impliquant l'utilisation de films dispersés : description des méthodes.

1978, 176 p., 215 planches en couleur, 15 tables, F 470.

Pharmacologie

D14. **Clinical and experimental hypertension**

Il s'agit d'une revue publiée en anglais, qui vise à communiquer rapidement toutes les données nouvelles et importantes apparues dans la recherche sur l'hypertension humaine et animale. On y trouvera des informations sur le contrôle de la circulation, sur la méthodologie et sur tous les médicaments utilisés dans la lutte contre l'hypertension.
La revue comprendra six numéros chaque année et les articles qui y seront publiés seront repris dans tous les principaux index et revues donnant des abstracts.

1978, Volume 1 : 6 numéros ; souscription annuelle : F 640.

M65. **Benzodiazepines : overuse, misuse, abuse**
par J. Marks

Depuis quelques années, les médecins et les juristes se penchent sur le problème posé par l'usage abusif des médicaments psychotropes et particulièrement des tranquillisants.
Ce livre examine l'usage des benzodiazépines qui sont les psychotropes les plus largement consommés ; on essaye de déterminer quel est le risque de dépendance provoqué par leur absorption régulière.
On constate que ce risque est moins important que le risque de dépendance par rapport à la cigarette ou à l'alcool mais que cette dépendance existe et est liée à un certain bien-être et à des activités non productrices. La limite acceptable ne peut être définie qu'en tenant compte de facteurs sociaux, politiques et économiques.

1978, 120 p., F 80.

D14. **Noncatecholic phenylethylamines. Part 1 : Phenylethylamine : biological mechanisms and clinical aspects**
par A.D. Mosnaim et M.E. Wolf

Il s'agit du premier volume d'un ouvrage en deux parties traitant des phényléthylamines non catécholiques. En effet, le rôle de ces amines dans les mécanismes du système nerveux central et spécialement dans la transmission synoptique suscite un intérêt croissant de la part des spécialistes.
Cet ouvrage est le premier à être entièrement consacré aux fonctions physiologiques et aux actions pharmacologiques des phényléthylamines non catécholiques comme la phényléthylamine, la phénylléthanolamine, les tyramines et l'octopamine. On insiste spécialement sur les études mettant ces composés en rapport avec diverses maladies humaines comme la dépression nerveuse, la phénylkétonurie, les désordres extrapyramidaux, la cirrhose du foie, les migraines, etc...
Ce livre écrit par des experts en la matière, fournit un examen interdisciplinaire approfondi des effets biologiques et cliniques de ces amines. Il s'adresse aux chercheurs en neurochimie et en psychopharmacologie ainsi qu'aux psychiatres et aux neurologues.

1978, 552 p., F 475.

D14. **Drug fate and metabolism : methods and techniques.** Volume 2
par E.R. Garrett et J.L. Hirtz

Il s'agit du deuxième volume d'un ouvrage consacré à la destinée et au métabolisme des médicaments dans les organismes vivants.
Orienté à la base vers la recherche pure, ce livre passe finalement en

revue toutes les techniques que l'on peut appliquer à l'étude du métabolisme des médicaments (techniques physiques, chimiques, biologiques, médicales et mathématiques). Les limites de ces techniques, les précautions à prendre, les sources d'erreur et leur signification pour l'avenir sont discutées en profondeur.
De nombreux exemples d'applications de ces techniques sont donnés. On trouve dans ce livre des tableaux qui condensent toute la littérature existant sur les sujets en question ; une bibliographie soignée termine chaque chapitre.
Cet ouvrage fournit une large information qui pourra être utilisée par les chercheurs en biochimie, pharmacologie, toxicologie, etc... sans qu'ils doivent se référer de façon excessive à la littérature.

1978, 400 p., F 390.

S56. **Inflammation** (Handbook of Experimental Pharmacology, volume 50 Part 1
par J.R. Vane et S.H. Ferreira

Ce livre apporte aux chercheurs, dans le domaine de l'inflammation, une documentation complète et nécessaire sur les mécanismes d'action des médicaments anti-inflammatoires.
Il suggère des moyens d'interférer avec les processus d'inflammation et propose des nouveaux agents capables d'arrêter la progression des maladies inflammatoires chroniques.
On trouve dans cet ouvrage les points de vue personnels de beaucoup de chercheurs et médecins qui ont eux-mêmes contribué au développement des connaissances actuelles dans ce domaine.
Le livre commence par une brève « histoire de l'inflammation », puis décrit des réactions inflammatoires, examine de façon critique la participation de médiateurs chimiques dans l'inflammation, discute les méthodes actuelles de dissipation de la toxicité, donne une revue pharmacologique détaillée des agents anti-inflammatoires et analyse finalement l'usage thérapeutique, l'efficacité chimique, et la toxicité des agents anti-inflammatoires couramment utilisés.

1978, 780 p., F 920.

S56. **Anti-inflammatory drugs** (Handbook of Experimental Pharmacology, Volume 50, Part 2)
par J.R. Vane et S.H. Ferreira

Cet ouvrage consacré aux médicaments anti-inflammatoires suggère des nouveaux moyens d'intervenir dans les processus d'inflammation, le but étant de trouver finalement des nouveaux agents capables d'arrêter la progression des maladies inflammatoires chroniques plutôt que d'améliorer simplement leurs symptômes.
Les points de vue personnels de plusieurs chercheurs et médecins qui ont contribué au développement des connaissances actuelles sur l'inflammation sont présentés.
Le livre commence par une brève histoire de l'inflammation, puis décrit la réaction inflammatoire elle-même, critique ensuite la participation de médiateurs chimiques dans l'inflammation, discute les méthodes actuelles de diminution de la toxicité, donne une liste détaillée des agents anti-inflammatoires, et analyse finalement l'usage thérapeutique, l'efficacité clinique et la toxicité d'agents anti-inflammatoires couramment utilisés.

1978, 900 p., F 1.010.

M48. **Pharmacologie moléculaire**
par Y. Cohen et collaborateurs

Les données les plus récentes de la pharmacologie moléculaire, c'est-à-dire les effets des médicaments au niveau moléculaire, en s'aidant de méthodes physiques et chimiques très élaborées. Centré sur le concept de « récepteur ».
Cet ouvrage intéressera tous pharmacologues, toxicologues, chimistes, biologistes préoccupés par l'étude des mécanismes d'action des médicaments.

1978, 200 p., F 178.

Plus importante - davantage d'exposants!
GÖTEBORG, SUEDE
du 7 au 10 novembre 1978
KEMI78
Foire internationale pour la chimie, ses applications et la technique chimique

"KEMI 78" est organisée dans les halls modernes de "Svenska Mässan", au centre de Göteborg.
"KEMI 78" est une foire internationale pour la chimie, ses applications et la technique chimique.
L 'intérêt gravite autour des équipements d'analyse, de laboratoire et de traitement.
Un catalogue est envoyé sur demande.
Cette année, la foire sera beaucoup plus importante que "Kemi 75". Des entreprises des 21 pays y participent: le Danemark, l'Angleterre, la Hongrie, l'Allemagne de l'Est et la Roumanie possèdent des stands spéciaux. Visitez "Kemi 78"! Suivez le développement international dans cette branche - faites-vous de nouveaux contacts!

Veuillez envoyer un catalogue de "KEMI 78" à:
Entreprise: .....
Agent de contact: .....
Adresse: .....

Svenska Mässan Stiftelse
Box 5222
S - 402 24 Göteborg, Suède
Tél.: 031 - 20 00 00
Téléx 20 600

Svenska Mässan Stiftelse

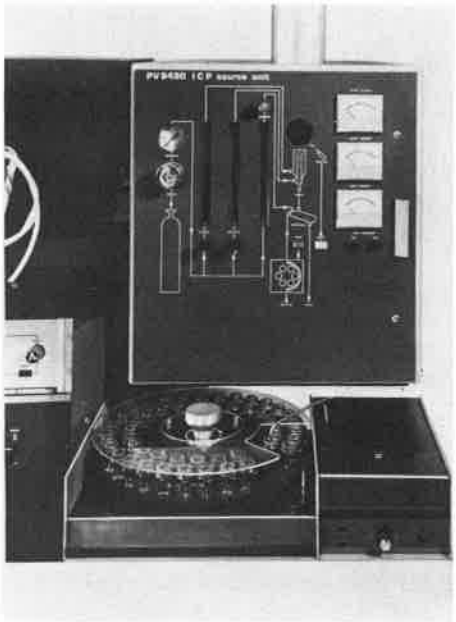
HA-Ultrogel, nouveau gel pour la chromatographie

Ce gel, composé de micro-cristaux d'hydroxyapatite emprisonnés dans un réseau d'agarose réticulé à 4 %, se présente sous forme de perles hydratées, prêtes à l'emploi. Il utilise un critère particulier (la chromatographie d'adsorption sur hydroxyapatite) pour la séparation en phase aqueuse de la plupart des composés biologiques, même très labiles (protéines, acides nucléiques, acides aminés, peptides, etc.). Le HA-Ultrogel améliore considérablement les conditions d'utilisation de ce type de chromatographie : une excellente résolution est obtenue grâce au pouvoir séparateur élevé d'une hydroxyapatite standardisée, d'un très haut degré de pureté, tandis que la rigidité des perles d'agarose réticulé assure un écoulement parfait et permet l'utilisation de colonnes préparatives de toutes dimensions, sans tassement ni colmatage.
La stabilité dans les limites de pH comprises entre 4 et 13, la facilité de régénérations rapides et complètes ainsi que la possibilité de stérilisation à l'autoclave à 120 °C, assurent au HA-Ultrogel une durée de vie prolongée.

Renseignements : Réactifs IBF-Pharmindustrie (l'Industrie Biologique Française), 16, bd du Général Leclerc, 92115 Clichy, Tél. : 739.33.96.

Nouveau système Philips d'analyse multiélémentaire rapide des liquides et des solutions

La nouvelle torche à plasma à couplage inductif (ICP) est la base d'un système modulaire d'émission lumineuse pour l'analyse multiélémentaire rapide et à bas prix de revient des liquides et des solutions.
Les applications diverses comprennent l'analyse de l'eau, des huiles, des produits chimiques, des échantillons biologiques, métaux ferreux et non ferreux, minerais, agglomérés et laitiers. Cette nouvelle source étend les avantages de la spectrométrie d'émission lumineuse à un très large champ qui ne lui était pas accessible jusqu'ici.
Parmi les avantages du système, le principal est la possibilité offerte de doser simultanément un grand nombre d'éléments présents à des teneurs très différentes et avec des seuils de détection très bas.
La source PV 8490 a été développée à partir des travaux réalisés par le Dr Boumans et son équipe dans les laboratoires de recherche de Philips. Un plasma de forme toroïdale est obtenu par chauffage inductif d'un courant d'argon à l'aide d'un générateur haute fréquence. Les échantillons sont nébulisés et l'aérosol ainsi formé est introduit axialement dans le plasma.



La torche à plasma Philips PV 8490 avec panneau synoptique et au-dessus un passeur d'échantillons à 50 positions (option) pour analyse automatique.

Les éléments sont mesurés simultanément, dans l'émission du plasma à l'aide du spectromètre Philips PV 8210, un instrument à réseau concave de 1,5 m dont la large gamme de 190 nm à 700 nm/mm est entièrement couverte dans le premier ordre avec une dispersion de 0,5 nm/mm. Le spectromètre peut recevoir jusqu'à 60 fentes de sortie suivant les raies analytiques à choisir en fonction des besoins de l'utilisateur.
Le générateur 50 MHz, spécialement développé est incorporé au spectromètre et comprend un circuit oscillateur qui assure la stabilisation du plasma. Un échangeur de chaleur réduit toutes les dissipations calorifiques dans le laboratoire.
Diverses options de calculateurs, y compris un système avec calculateur programmable peu onéreux, sont disponibles pour le traitement des données. Chaque option comprend le logiciel d'application approprié.
Bien que conçu d'abord pour l'analyse de routine des solutions, le système conserve suffisamment de flexibilité pour satisfaire les exigences particulières des analystes orientés vers la recherche.
Par exemple, le spectromètre peut être équipé d'un détecteur mobile qui peut être placé pour mesurer toute raie analytique de la gamme, ou peut être utilisé pour étudier le spectre par balayage. Une autre possibilité consiste à équiper le spectromètre à la fois, d'une torche à plasma, et d'un statif avec

décharge conventionnelle ; les deux unités peuvent être rapidement interchangées.

Renseignements : Philips, 87, rue La Boétie, 75008 Paris. Tél. : 225.21.99 et 225.94.50.

Détecteur thermoïonique Varian

Varian a introduit sur le marché un nouveau détecteur thermoïonique spécifique (TSD), équipé d'une bille de céramique, chauffée électriquement, qui représente un progrès significatif par rapport aux précédents détecteurs de ce type.
Conçu pour utilisation avec le chromatographe en phase gazeuse Varian 3700, ce détecteur comporte également d'autres caractéristiques nouvelles qui en améliorent la stabilité et la facilité d'emploi par rapport aux modèles antérieurs.
La bille de céramique chauffée électriquement est faite à partir d'un matériau alcali-céramique exclusif, mis au point après de longues et nombreuses expériences. La bille est très stable, même à la température de fusion du verre ordinaire ; sa durée de vie est longue pour une usure minimale. Le dispositif de la bille est très simplifié.
Le détecteur thermoïonique spécifique de Varian permet d'obtenir d'excellents résultats en utilisant comme gaz vecteur soit l'azote, soit l'hélium ce qui accroît la souplesse d'utilisation.
Le contrôle du débit d'hydrogène est très précis : tous les éléments présentant des risques de variation concernant le débit du gaz vecteur sont installés dans un four thermostaté afin d'éviter que le débit soit perturbé par les changements de température dans le laboratoire. Un seul électromètre permet la pleine utilisation de trois détecteurs de ionisation : le détecteur thermoïonique spécifique, le détecteur à ionisation de flamme et le détecteur à capture d'électrons.
La sélectivité pour l'azote par rapport au carbone est supérieure à 5×10^4 : 1, tandis que la sélectivité pour l'azote par rapport au phosphore est supérieure à 1 : 2. Ces caractéristiques permettent de diminuer sensiblement le nettoyage des échantillons, en comparaison avec les détecteurs non-sélectifs.
La linéarité pour l'azote est de 10^5 et la détectabilité pour ce même élément est inférieur à 1×10^{-3} grammes d'azote-seconde (azobenzène). Pour le phosphore, la détectabilité est inférieure à 5×10^{-14} grammes de phosphore/seconde (malathion).

Renseignements : Varian S.A., quartier de Courtabeuf, B.P. 12, 91401 Orsay. Tél. : 907.78.26.

Mélangeur de gaz LN MGF

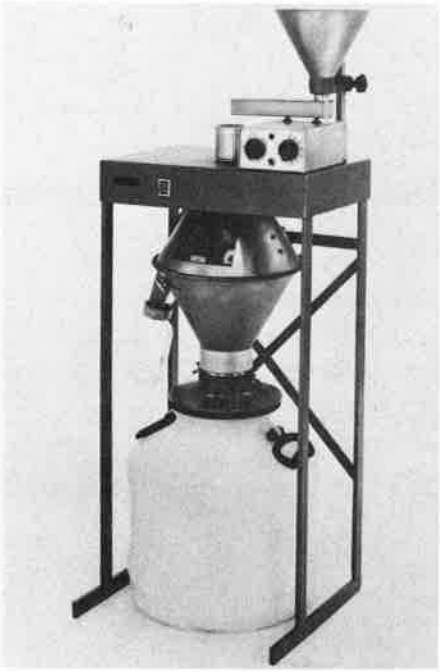
La société suisse LN Industries a mis au point une nouvelle gamme de mélangeurs de gaz binaire et ternaire type MGF destinés à la recherche, la fabrication, le contrôle et l'étalonnage.
Ces appareils sont autonomes, transportables même préréglés.
Les débits-masses de chaque constituant du mélange sont contrôlés par des régulateurs de pression à haute stabilité et des buses soniques développés spécialement par LN Industries. Ces mélangeurs de gaz sont prévus pour fonctionner avec des constituants de nature différente, purs ou dilués.

Le type MGF-A est un mélangeur réglable par l'utilisateur. Il permet une variation progressive des concentrations. Les positions de réglage du mélangeur étant repérées par un affichage numérique, les concentrations générées sont facilement répétitives. L'appareil est mis en service en 30 minutes, le changement de concentration est réalisé en 2 minutes.
Les pressions de travail sont comprises entre 3 et 6 bar. Les concentrations sont comprises entre 1‰ et 50 %, avec une précision relative de 1 %. Le contrôle des concentrations peut être réalisé à partir de la mesure des débits de chaque constituant.
Sur demande, LN Industries produit des mélangeurs de gaz à plus de 3 constituants.

Renseignements : LN Industries s.a.r.l., 8, rue de l'Industrie, 74240 Gaillard. Tél. : 38.53.35.

Préleveur d'échantillons

Le préleveur d'échantillons PK effectue le prélèvement d'une manière absolument rigoureuse. En effet, la quantité intégrale de substance passe à travers l'appareil, ce qui permet en toute certitude d'avoir un échantillon représentatif de la totalité de la matière. Un tube rotatif qui porte la substance tourne à une vitesse contante et rencontre régulièrement l'ouverture de prélèvement. La substance tombe donc d'une part dans le réservoir collecteur, d'autre part et régulièrement dans l'ouverture de prélèvement qui mène au flacon d'échantillon.
Afin de distribuer la substance de façon régulière, on peut disposer une gouttière distributrice électromagnétique.



Renseignements : Labo-Moderne, 37, rue Dombasle, 75015 Paris. Tél. : 532.62.54 + .

Thermomètre digital électronique 1200 LCD

Le nouveau thermomètre digital électronique 1200 LCD est petit et très maniable. Son usage est d'une grande simplicité : il suffit de mettre l'interrupteur sur la position : marche ; la lecture est rapide grâce aux cristaux liquides.

Caractéristiques essentielles :
- dimensions : 13,5 × 5 × 2,4 cm
- domaine de température : -50 °C à 150 °C
- température de fonctionnement : de 0 °C à 50 °C
- précision : 0,1 °C
- réponse : en 1 s
- dérive en fonction de la température : 0,05 % par °C
- alimentation électrique : quatre piles de 1,5 V
- durée de vie : 80 heures.

Renseignements : Oriel Sarl, 7, rue Titon, 75011 Paris. Tél. : 371.00.60 et 371.01.27.

Thermomètre électronique à très bas prix numérique

La société F.G.P. Instrumentation vient de conclure un accord de représentation avec la firme anglaise AWL pour l'importation et la distribution sur le marché français d'une série de thermomètres numériques à prix unitaire inférieur à 500F.
Le premier modèle de cette nouvelle famille a pour référence Zéro 1. Il a été conçu autour d'un circuit LCD avec afficheur de 12,5 mm. Dans sa version standard, l'élément sensible en semi-conducteur est monté dans une sonde de diamètre 6 mm et de longueur 90 mm. Cette sonde se raccorde très facile-

ment sur le boîtier électronique (135 × 50 × 25 mm) par l'intermédiaire d'un connecteur de type « Jack ». Lorsque le thermomètre est au repos, la sonde se loge à l'intérieur du boîtier.
La mesure de la température pour le modèle Zéro 1 se fait en mettant le bout de la sonde en contact avec la surface ou le fluide avec lequel on veut effectuer la mesure. D'autres options sont possibles à la demande.
Caractéristiques : la gamme de température pour ce modèle s'étage de − 100 °C à + 199 °C,
la précision est de 0,5 °C,
la résolution est de 0,1 °C.
L'ensemble fonctionne sur piles et l'autonomie actuelle est de l'ordre de 100 heures.
L'électronique fonctionne dans une ambiance comprise entre 0 °C et 50 °C avec un coefficient de température de 0,05 % par °C.

Renseignements : F.G.P. Instrumentation, 84, rue Henri Prou, 78340 Les Clayes sous Bois. Tél. : 055. 68.21 et 055.74.92.

Densimètre électronique

Deux innovations caractérisent cet appareil dont le principe repose sur la mesure de la fréquence de vibration d'un diapason résistant aux agents corrosifs :
- lecture directe (LED) en densité ρ (ou toute autre grandeur fonction linéaire de ρ), avec une précision de $\pm 1.10^{-4}$ g.cm^{-3}.
- auto-thermostatisation de la cellule de mesure par effet Peltier, libérant l'utilisateur de la contrainte du cryostant thermostat des modèles antérieurs.

Cet appareil utilisé aussi bien en recherche

qu'en fabrication (contrôle/qualité matières premières ou produits finis) peut fonctionner en automatique avec un passeur d'échantillons mis au point par le fabricant.

Renseignements, Instrulab, 13, rue d'Artagnan, 13014 Marseille. Tél. : (91) 50.84.96.

MOI J'AURAIS PLUTÔT MIS DU CH_3COOH A LA PLACE DU $ZnCl_2 + H_2O$!..

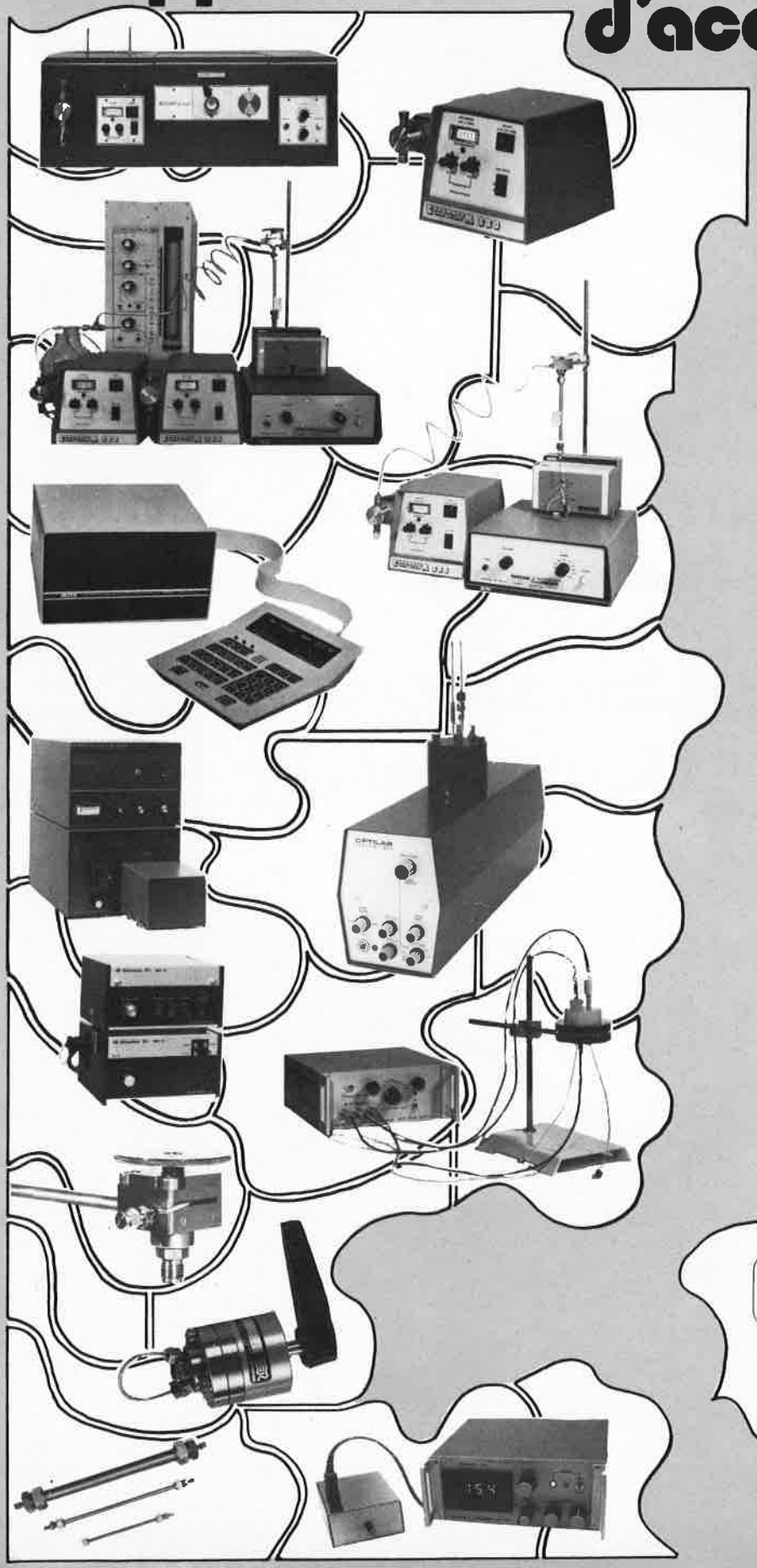
LES

DOSSIERS TECHNIQUES

de L'actualité chimique

CHROMATOGRAPHES EN PHASE LIQUIDE (HPLC)

CHROMATOGRAPHIE à haute performance, une gamme COMPLETE d'appareils, de détecteurs, d'accessoires.



DETECTEUR UV MODELE 153

EXCEPTIONNEL

RAPPORT QUALITE/PRIX

14 longueurs d'onde (filtres)

cellules : 8 μl analytique
8 μl semipréparative
2 μl préparative

0,005 unité de densité optique pleine échelle

9 950,00 Frs H.T.

CHROMATEM
TOUZART & MATIGNON

8, rue Eugène-Hénaff
94400 VITRY-SUR-SEINE
TEL. : 680.85.21

TECHNICS EDITIONS 931.57.58

Appareillage pour la c
en phase liquid

L'actualité chimique présente, avec l'accord d
tants, les caractéristiques techniques des app
marché (Liste arrêtée au 1er juin 1978)

Ces documents ont été rassemblés par Mme
Laboratoire de chimie analytique de l'École S
Industrielles de Paris (10 rue Vauquelin, Paris,
La Rédaction de *L'actualité chimique* les reme

Significations des signes figurant dans les tableaux :

× : Équipement existant chez le constructeur
— : Équipement n'existant pas chez le constructeur
Absence de signe : Pas de réponse du constructeur au sujet de c

Appareils analytiqu

Prix : 10 000 F à 40 000 F (pom

Modèle	Fournisseur	Système de pompage				Injecti		
		Mode	Régulation débit (précision)	Débit min.-max. ($ml.h^{-1}$)	Pression min.-max. (bars)	Stop-flow	Continuous flow	
LAZAR RESEARCH	INSTRULAB	Poussée de gaz	—	—	→ 100	x	x	x
DURAMAT	MERCK	Membrane PTFE	Amortisseur de pulsation	100 → 1400	0,2 → 6	—	—	—
CHROMAFLUX LC 50	PROLABO	Poussée de gaz	—	→ 300	→ 50	—	x	(ti
PYE LC3	S.A. PHILIPS	Piston	± 0,1 ml/min	6 → 600	0 → 160	—	x	x
SDS 711 MONITOR	SOPARES	Piston	Mécanique ± 1 %	13 → 770	14 → 350	—	x	x
METERING	CUNOW	Piston	—	→ 750	→ 300	—	—	—
CLHPS 101	SIEMENS	Piston	± 0,2 %	0 → 750	0 → 500			x
ACS LC 750	INTERSMAT	Piston	—		0 → 100	x		
A 801	LIREC	Piston	± 0,2	→ 600	→ 350		x	x

Microchromatographie an

Prix : 39 000 F (avec spectro

JASCO FAMILIC 100	INSTRULAB	Microseringue 250 µl	± 1 %	2 µl/mn à 16 µl/mn	0 → 100	—	—	x

chromatographie
e moderne

les constructeurs ou de leurs représen-
pareils actuellement disponibles sur le

Hennion, MM. Thibert et Caude du
Supérieure de Physique et de Chimie
5e).
ercie vivement pour leur collaboration.

et équipement

es de routine

pe + détecteur U.V.)

on		Détection							Traitement des données		
Boucle	Automatique	U.V. 254 nm	U.V. visible (filtres)	Spectro-photomètre	Réfracto-mètre	Fluorimètre	Spectro-fluorimètre	Divers	Intégrateur	Intégrateur calculateur	Intégrateur calculateur enregistreur
	—	x	—	—	x	—	—	électro-chimique	—	—	—
	—	x	—	—	—	—	—	—	—	—	—
oir)	—	x	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	x 190 à 380 nm	x 200 à 1000 nm	—	—	—	capture d'électrons	—	x	—
	x	x	x 214 à 550 nm	x 190 à 690 nm	x	x (filtres)	—	conducti-métrique	—	x	—
	—	—	—	x	x	—	x	—	—	—	—
	—	x	—	x	—	—	—	—	—	—	—
		x	x	x	x	—	—	—	x	x	x
	x	x	x	x					x	x	x

alytique de routine

photomètre U.V.)

		—	—	x 195 à 350 nm	—	—	—	électro-chimique	—	—	—

pour une mise à jour régulière de vos connaissances scientifiques et techniques

pascal et pascaline

un système de documentation automatique,

en sciences exactes, sciences de la vie, sciences de la terre, sciences de l'ingénieur.

500 000 références bibliographiques par an,

extraites de littérature scientifique et technique mondiale (périodiques, comptes rendus de congrès, thèses, rapports, brevets).

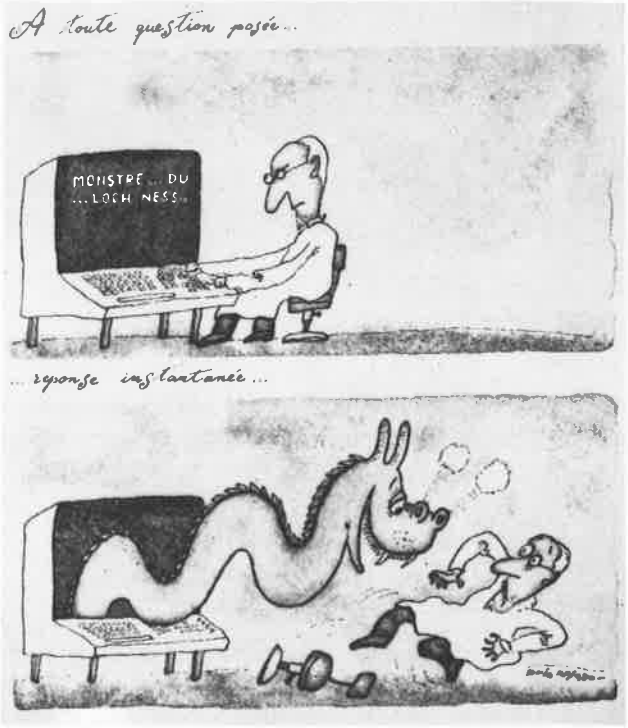
à la disposition de tous,

chercheurs, ingénieurs, industriels, médecins, professeurs, étudiants ayant besoin d'informations pertinentes pour la poursuite de leurs travaux et de leurs activités.

une gamme complète de services bibliographiques,

adaptés aux besoins documentaires de chacun.

- bulletins signalétiques : 50 bibliographies mensuelles couvrant 50 disciplines scientifiques et techniques
- profils documentaires : bibliographies mensuelles sur tous sujets spécialisés : informatique, physique, électrotechnique (profils ELDOC) ...médecine.... énergie, pollution...
- recherches rétrospectives : recherche de références et résumés de documents pertinents publiés au cours d'une période déterminée.



PASCAL "on-line" offre un accès direct et immédiat à la base de données PASCAL implantée sur l'ordinateur de l'ASE (Agence Spatiale Européenne) en Italie : recherche et sélection de références grâce à un dialogue en temps réel.

INFORMASCIENCE
Centre de documentation scientifique et technique du CNRS
relations extérieures & promotion
26 rue Boyer - 75971 PARIS CEDEX 20 - Tél. : 797 35 59

PARFAIT
POUR
LA CHROMATOGRAPHIE LIQUIDE

Le nouveau SPECTROMONITOR III LDC à longueur d'onde variable vous apporte enfin ce que vous souhaitiez. Ses caractéristiques principales se passent de commentaires :

Bruit de fond inférieur à 5.10^{-5} D.O à 254 nm
Dérive inférieure à 25.10^{-5} D.O /heure
Bande passante inférieure à 3 nm
Temps de réponse = 0,5 — 1 ou 5 secondes
Microcuves amovibles parfaitement inertes

Exceptionnellement stable, sensible et précis pour les travaux de recherche, simple d'emploi et très robuste pour les analyses de routine, le SpectroMonitor III vous fera découvrir à l'usage tous les aspects de sa nette supériorité. Un essai vous surprendra.

Demandez notre notice spéciale et notre catalogue HPLC.

SOPARES

Société Parisienne d'équipement Scientifique
51 bis, rue Raymond-Lefèvre
94250 GENTILLY
Tél. : 580.44.01

Communiqués *

Biochimie, biologie 1 bis, 6 bis, 9	**Hautes pressions 8**
Brevets 2	**Industrie 2, 3, 5, 6 bis, 8, 11**
Catalyse 4	**Macromolécules 3, 7**
Chimie analytique, analyse 5, 6, 7	**Métallurgie 5, 11**
Chimie minérale 4, 11	**Pétrochimie 5**
Chimie organique 1, 1 bis, 4, 6 bis, 9, 12	**Photochimie 4**
Chimie physique 6, 10	**Prix 11**
Documentation 12, 13	**Publications 14**
Électrochimie 4, 5	**Surfaces 10**
Formation continue 15	

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

1. Conférences de l'Institut de Chimie des Substances Naturelles

Mercredi 8 novembre 1978, à 11 heures, à l'amphithéâtre de l'I.C.S.N., le Dr J. C. Coll (James Cook University of North Queensland, Townsville, Australie) :
The soft touch. Another view of corals.
Vendredi 10 novembre 1978, à 11 heures, M. le Professeur R. Bognar (Université L. Kossuth Debrecen, Hongrie) :
New derivatives and analgesics in the morphine group.
Mardi 28 novembre 1978, à 11 heures, M. le Professeur J.-M. Conia (Laboratoire des carbocycles, Université Paris-Sud, Orsay) :
Synthèses en séries polycycliques par thermocyclisation d'énones, ynones, polyénones et polyynones.
Mardi 5 décembre 1978, à 11 heures, Dr I. Fleming (University Chemical Laboratory, Lensfield Rd, Cambridge CB2, IEW, UK) :
Some uses of silicon compounds in organic synthesis.

1 bis. Conférences du Groupe des laboratoires de Vitry-Thiais

Les conférences ont lieu, à 10 h 30, dans l'auditorium, 2, rue Henri Dunant, 94320 Thiais (Tél. : 687.48.40)

Lundi 23 octobre, S. Colonna (Istituto di Chimica Industriale, Milan) :
Asymmetric induction by means of optically active phase-transfer catalysis in a two-phase system.
Mardi 14 novembre, J.P. Teisseire (Centre de recherches de la S.A. Roure-Bertrand-Dupont, Grasse) :
Chimie et biochimie du patchoulol.
Lundi 27 novembre, R. Jacquesy (Laboratoire de chimie organique, Faculté des Sciences, Poitiers) :
Lipides des sols : accumulation, évolution et origine
Lundi 18 décembre, Prof. W. Kirmse (Ruhr-Universität, Bochum) :
Rearrangement of carbocations : stereochemistry and mechanism

2. Journée d'études sur le brevet européen

La Compagnie Nationale des Conseils en Brevets d'Invention organisera, le mardi 28 novembre 1978, une Journée d'études sur le thème :
Le brevet européen : réalité qui peut être une aide aux entreprises françaises.
L'ordre du jour (provisoire) de cette journée comportera les questions suivantes :
- Examen comparé des situations des déposants dans les principaux pays industriels.
- Où en est le brevet européen au 1er novembre 1978 ?
- Mécanisme du brevet européen.
- Étude en droit comparé du brevet européen et du nouveau brevet français.
- L'opposition dans le brevet européen.
- Conclusion et synthèse.

Pour tous renseignements s'adresser à C.B.I., Journée d'études du 28 novembre 1978, 32, rue Notre-Dame-des-Victoires, 75002 Paris, Tél. : 236.85.22.

3. Journées sur la mécanique de la rupture appliquée aux polymères

Le Centre d'Étude des Matières Plastiques en collaboration avec l'École d'Application

des Hauts Polymères de Strasbourg, organise deux journées à Paris, les 12 et 13 décembre 1978, pour faire le point sur les problèmes de fracture et de propagation de fissures, essentiellement dans le domaine des polymères thermoplastiques non chargés.
Le programme comporte 8 conférences de 1 heure, suivies de 20 minutes de discussion.

Pour tous renseignements : C.E.M.P., 65, rue de Prony, 75854 Paris Cedex 17, Tél. : 763.12.59.

---

4. Colloque « Processus sélectifs en chimie organique et minérale »

La D.G.R.S.T. organise, le mercredi 13 et le jeudi 14 décembre 1978, à l'E.S.P.C.I., 10, rue Vauquelin, Paris 5e, un colloque sur ce thème dans les amphithéâtres Langevin (escalier M ou N, 2e étage) et Urbain (escalier N, rez-de-chaussée). Ce colloque rassemble les résultats obtenus par l'Action concertée « PROSCOM ».
Le programme est le suivant :

Mercredi 13 décembre 1978 (matin)

Catalyse hétérogène

(Amphithéâtre Langevin)

9 h, Présentation du colloque par M. le Professeur M. Julia
9 h 30, *Réactions de sulfhydrolyse par catalyse hétérogène,*
par M. Maurel (Univ. de Poitiers)
9 h 50, *Désalkylation catalytique des aromatiques en présence de vapeur d'eau utilisée comme oxydant sélectif. Recherche de catalyseurs actifs sélectifs et stables. Étude fondamentale de la réaction,*
par M. Maurel (Univ. de Poitiers) et M. Grand (S.N.E.A.)
10 h 10, *Influence de la taille des particules bimétalliques sur les activités et sélectivités des catalyseurs platine-iridium/rhénium déposés sur alumine,*
par M. Maurel (Univ. de Poitiers) et M. Charcosset (C.N.R.S.)
10 h 30, *Amélioration des propriétés d'écoulement des gas-oils par traitement catalytique sélectif par l'hydrogène au contact d'un catalyseur bifonctionnel,*
par M. Bousquet (S.N.E.A.) et M. Guisnet (Univ. de Poitiers)
11 h, *Réaction de déshydrocyclisation des paraffines sur catalyseur non acide : mise au point des catalyseurs et étude des activités et sélectivités. Caractérisation des sites actifs,*
par M. Bernard (S.N.E.A.) et Mlle Barthomeuf (E.S.C.I.L.)
11 h 20, *Nouveaux catalyseurs à base de platine et de palladium déposés sur supports polymériques organiques pour l'hydrogénation partielle de composés aromatiques et diéniques,*
par M. Teichner (Univ. de Lyon I)
11 h 40, *Oxydation sélective d'oléfines sur des catalyseurs à base de graphite,*
par M. Turlier (C.N.R.S.) et M. Lichtenberger (P.C.U.K.)

Nouvelles réactions spécifiques

(Amphithéâtre Urbain)

9 h 30, *Étude de nouveaux agents transformants biotransformables,*
par M. Imbach (Univ. du Languedoc)
9 h 50, *Hémisynthèse et synthèse totale de produits naturels d'activité biologique à l'aide de nouvelles méthodes,*
par M. Potier (C.N.R.S.)
10 h 10, *Développement de la méthode de synthèse d'α-glycosides par activation sélective à l'aide d'imidates. Application à la synthèse pratique d'un immunoabsorbant à activité de groupe sanguin,*
par M. Sinaÿ (Univ. d'Orléans)
10 h 30, *Étude d'un procédé de fabrication de sucroglycérides sans diméthylformamide,*
par M. Lartigau (R.P.I.)
11 h, *Contribution à l'étude du mécanisme d'oxydation sélective de composés organiques par l'oxygène en présence de complexes métalliques : application au phénol et généralisation à d'autres substrats,*
par M. Costantini (R.P.I.)
11 h 20, *Élaboration et fonctionnalisation spécifique d'hétérocycles en catalyse par transfert de phase. Mécanisme,*
par M. Metzger (Univ. Marseille III)
11 h 40, *Catalyse par transfert de phase : étude mécanistique,*
par M. Julia (E.N.S.) et M. Kakoutz (R.P.I.)
12 h, *Catalyse par transfert de phase. Sels d'immonium, activation de la fonction alcool, synthèse : application, série de glucides, catalyse glycosidique,*
par M. Gross (Univ. Nancy I)

Mercredi 13 décembre 1978 (après-midi)

Catalyse hétérogène

(Amphithéâtre Langevin)

14 h, *Hydrocondensation de l'oxyde de carbone catalysée par les complexes polynucléaires des métaux de transition greffés sur oxydes minéraux,*
par M. Chauvin (I.F.P.) et M. Basset (C.N.R.S.)
14 h 20, *Synthèse directe d'alcools lourds ($> C_6$) à partir de gaz de synthèse ($CO + H_2$),*
par M. de Gaudemaris (I.F.P.)
14 h 40, *Étude de l'activité, sélectivité et stabilité des catalyseurs acides et bifonctionnels,*
par M. Marcily (I.F.P.), M. Guisnet (Univ. de Poitiers) et Mlle Barthomeuf (Univ. Lyon I)
15 h, *Hydrogénation sélective sur métaux colloïdaux,*
par M. Gault (Univ. Strasbourg I)
15 h 20, *Mise au point d'un procédé sélectif d'alkylation des isoparaffines en utilisant les zéolithes modifiées par dépôts hydrocarbonés,*
par M. Gault (Univ. Strasbourg I)
15 h 40, *Étude du mécanisme de l'hydrogénation et de l'hydrogénolyse de composés nitroaromatiques halogénés,*
par M. Colleuille (R.P.I.)
16 h, *Étude de catalyse hétérogène par sels chauffés. Activation de réactions chimiques à la surface des sels,*
par M. Corriu (Univ. du Languedoc)
16 h 20, *Mise au point d'un procédé de production d'éthylènediamine et de pipérazine à partir d'éthanolamines,*
par M. Quibel (Sté Chimique de la Grande-Paroisse)

Nouvelles réactions spécifiques

(Amphithéâtre Urbain)

14 h 20, *Nouveaux synthons lithiés fonctionnels à cinq carbones pouvant être utiles pour la préparation de divers terpènes,*
par M. S. Julia (E.N.S.)
14 h 40, *Nouvelles réactions spécifiques par utilisation des coordinats macrocycliques; régiosélectivité et stéréosélectivité dans les réactions des hydrures et des organo-alcalins,*
par M. Pierre (Univ. de Grenoble I)
15 h, *Synthèse, propriétés et activation de substrats moléculaires à l'aide de cryptates binucléaires,*
par M. Lehn (Univ. de Strasbourg I)
15 h 20, *Utilisation des dérivés alléniques conjugués comme nouveaux agents de synthèse en vue de réaliser des synthèses plus régio et stéréosélectives et de raccourcir des synthèses multistades,*
par M. Bertrand (Univ. d'Aix-Marseille III)
15 h 40, *Préparation d'allènes conjugés et leur utilisation dans la synthèse de produits naturels,*
par M. Goré (Univ. de Lyon I)
16 h, *Recherche et développement d'une nouvelle méthode de synthèse régio et stéréosélective d'acide chrysanthémique modifié, constituant de pyréthroïdes synthétiques utilisés comme insecticides,*
par Mlle Ficini (Univ. Paris VI)
16 h 20, *Activation sélective par les métaux de transition de réactifs de Grignard vis à vis de composés acétyléniques et alléniques fonctionnels,*
par M. Valade (Univ. Bordeaux I)
16 h 40, *Processus de synthèse régio et stéréosélective par voie organosillicique,*
par M. Calas (Univ. Bordeaux I)
17 h, *Activation de l'hydrure de sodium. Réducteurs complexes $NaH - RoNaMx$. Réductions sélectives,*
par M. Caubère (Univ. Nancy I)
17 h 20, *Carbanions en α du groupe azométhine : synthèse en milieu hyperbasique de cétones et d'amines fonctionnelles,*
par Mlle Cuvigny (Univ. Pierre-et-Marie Curie)
17 h 40, *Formation de liaisons carbone-carbone par l'intermédiaire d'énoxysilanes,*
par M. Chabardes (R.P.I.)
18 h, *Substitution régio-sélective des noyaux aromatiques. Applications,*
par M. Mathais (P.C.U.K.) et M. Waegell (Marseille III)
18 h 20, *Réactions de condensation carbone-*

carbone et de réduction C – X → C – H à l'aide d'organomagnésiens et lithiens,
par M. Normant (Paris VI)

Jeudi 14 décembre 1978 (matin)

Catalyse homogène

(Amphithéâtre Langevin)

9 h 30, *Étude des possibilités de dismutation des oléfines portant des groupements fonctionnels,*
par M. Otton (R.P.I.)
9 h 50, *Réactions catalytiques composées. Oligomérisation des dioléfines et des oléfines en présence d'agents protolytiques,*
par M. Commereuc (I.F.P.) et M. Pannetier (Univ. Paris VI)
10 h 10, *Métathèse d'oléfines fonctionnelles par catalyse homogène et catalyse homogène supportée,*
par M. Chapelet (S.N.E.A.), M. Imelik (C.N.R.S.) et M. Lattes (Univ. Toulouse III)
10 h 30, *Réactions d'addition sur les oléfines catalysées par les ions cuivre,*
par M. M. Julia (E.N.S.)
11 h, *Amélioration de la sélectivité des catalyseurs d'oxychloration de l'éthylène en dichloro 1-2 éthane,*
par M. Daumas (R.P.I.)
11 h 20, *Synthèse et évaluation de nouveaux catalyseurs asymétriques,*
par M. Riess (Univ. de Nice), M. Wolf (C.N.R.S.) et M. Tkatchenko (C.N.R.S.)
11 h 40, *Étude de l'autooxydation catalytique bimétallique des oléfines,*
par M. Metzger (Univ. Marseille III)

Catalyse enzymatique

(Amphithéâtre Urbain)

9 h 30, *Développement et étude de catalyseurs réalisant des acylations sélectives,*
par M. Le Goffic (C.N.R.S.)
9 h 50, *Aspects cinétiques de l'action des β lactames,*
par M. Le Goffic (C.N.R.S.)
10 h 10, *Étude du mécanisme de l'isomérisation enzymatique de Δ 5 céto-3 stéroïdes,*
par Mlle Marquet (C.N.R.S.)
10 h 30, *Étude du mécanisme des carboxylations enzymatiques dépendant de la vitamine K dans les protéines de la coagulation sanguine,*
par M. Azerad et Mlle Marquet
11 h, *Production par voie enzymatique du L-tryptophane,*
par M. Azerad (Univ. Paris-Sud)
11 h 20, *Films enzymatiques pour l'usage industriel et analytique par activation de surface sélective du collagène,*
par Mlle Gautheron (Univ. de Lyon I)
11 h 40, *Déacylation d'aminoacyle-tRNAS par catalyse polyfonctionnelle,*
par M. Wermuth et M. Schuber
12 h, *Synthèse d'antibiotiques aminocyclitols glycosidiques par des méthodes de catalyse chimique et enzymatique,*
par M. Gero (C.N.R.S.)
12 h 20, *Étude et utilisation d'hydroxystéroïdes des hydrogénases immobilisées avec recyclage du cofacteur pyridinique. Sélectivité et stabilité du système catalytique,*
par M. Thomas (Univ. de Compiègne)

Jeudi 14 décembre 1978 (après-midi)

Catalyse homogène

(Amphithéâtre Langevin)

14 h, *Aspects stéréo et régiosélectifs de la réactivité de liaisons C-Pd des intermédiaires moléculaires du procédé Wacker,*
par M. Waegell (Univ. Marseille III)
14 h 20, *Synthèse et étude des complexes de métaux de transition qui peuvent catalyser les réactions des molécules organiques,*
par M. Osborn (Univ. Strasbourg I)
14 h 40, *Évaluation des propriétés catalytiques de complexes allyliques cationiques des métaux de transition,*
par M. Tkatchenko (C.N.R.S. Lyon) et M. Castro (Univ. Nancy I)
15 h, *Synthèse et évaluation de nouveaux catalyseurs asymétriques,*
par M. Tkatchenko (C.N.R.S. Lyon)
15 h 20, *Génération et étude d'intermédiaires réactifs d'une même lignée : ions carbonium, radicaux, carbènes, temporairement modifiés par complexation d'un métal de transition sur un système organique adjacent. Application à la synthèse organique,*
par M. Jaouen (Univ. de Rennes)
15 h 40, *Application à la synthèse organique de réactions de substitution radicalaire mettant en jeu des complexes à liaison métal de transition-carbone,*
par M. Gaudemer (Univ. Paris-Sud)
16 h, *Nouvelles méthodes de complexation et de décomplexation appliquées à la synthèse organique,*
par M. Franck Neumann (Univ. de Strasbourg I)
16 h 20, *Catalyse par des complexes organométalliques de l'alkylation d'énolates par des halogénures vinyliques et aromatiques,*
par M. Fauvarque (Univ. Paris-Nord)
16 h 40, *Catalyse intramoléculaire dans l'hydrolyse des acétols,*
par M. Lamaty (Univ. du Languedoc)
17 h, *Synthèse de modèles biomimétiques du cytochrome P450 (Porphyrines de l'indium),*
par M. Fournari (Univ. de Dijon)

Jeudi 14 décembre 1978 (après-midi)

Électrochimie

(Amphithéâtre Urbain)

14 h, *Valorisation de CH_4, C_2H_6 et C_3H_8 par une méthode d'activation associant leur oxydation électrochimique sélective et le solvant HSO_3F conduisant à leur oligocondensation,*
par M. Herlem (E.S.P.C.I.)
14 h 20, *Étude du mécanisme de réduction de l'anhydride carbonique et de formation de l'oxalate. Étude d'un procédé de synthèse de l'acide oxalique à partir de $CO_2 + H_2$. Carboxylation réductrice des carbures aromatiques et des hétérocycles,*
par M. Michelet (R.P.I.) et M. Savéant (Univ. Paris VII)
14 h 40, *Stéréosélectivité des réductions électrochimiques de composés organiques. Applications à la synthèse asymétrique. Étude particulière de dérivés organométalliques,*
par M. Peltier (Univ. de Rennes)
15 h, *Catalyse par des radicaux organométalliques de l'électroréduction de l'azote en milieu aqueux,*
par MM. Dabard, Peltier (Univ. de Rennes)
15 h 20, *Coupure cathodique des liaisons C – O,*
par M. Simonet (Univ. de Clermont)
15 h 40, *Préparation d'hydrazines aromatiques par réduction électrochimique de sel de diazonium,*
par M. Caullet (Univ. de Rouen)

Photochimie

(Amphithéâtre Urbain)

16 h 10, *Photocatalyse par photoactivation des composés organométalliques et de coordination en présence de substrats organiques ou inorganiques,*
par M. Samuel (E.N.S.C.P.) et M. Giannotti (C.N.R.S.)
16 h 20, *Photoréactivité de composés hétérocycliques soufrés. Applications de nouvelles réactions photochimiques à la synthèse de substances d'intérêt pharmacologique. Antibiotiques pseudonucléosiques et alcaloïdes,*
par M. Das (C.N.R.S.)
16 h 40, *Étude de la photooxydation des oléfines,*
par M. Joussot-Dubien (Univ. de Bordeaux I)
17 h, *Synthèse d'hydrocarbures cycliques et d'hétérocycles par photocyclisation intramoléculaire,*
par M. Bouas-Laurent (Univ. de Bordeaux I)
17 h 20, *Synthèse et étude photochimique de nouvelles molécules photochimiques en série spiropyranique. Choix de modèles favorables à l'étude générale de réactions photochimiques sensibilisées,*
par M. Guglielmetti (Univ. de Bretagne-Occidentale)
18 h, *Photooxydation sélective des oximes et dérivés,*
par M. Descotes (ESCIL)

---

5. Colloque chimie analytique de la D.G.R.S.T.

La D.G.R.S.T. organise le mardi 19 et le mercredi 20 décembre 1978 un colloque qui rassemble les résultats obtenus par l'Action concertée « Chimie analytique ». Les réunions se tiendront dans l'amphithéâtre A de l'ENSCP, 11, rue Pierre-et-Marie Curie, Paris 5e, sous la présidence de M. Fauvarque.
Le programme est le suivant.

Mardi 19 décembre 1978

Chromatographie

9 h, *Mise au point de méthodes permettant d'identifier et de doser par chromatographie liquide haute performance des dérivés carboxyliques rencontrés dans la plupart des*

chaînes métaboliques biologiques ou au cœur du métabolisme de certains médicaments,
par M. Mahuzier (Univ. Paris XI)
9 h 30, *Méthode de dosage par immunodiffusion du collagène soluble dans les liquides biologiques,*
par M. Frey (Univ. de St-Etienne)
10 h, *Étude des interactions stéroïdes hormonaux-protéines spécifiques par marquage de spin et résonance paramagnétique électronique,*
par M. Chambaz (Univ. de Grenoble)
10 h 45, *Chromatographie en phase gazeuse sur colonne capillaire de verre de haute performance : développement de phases stationnaires de méthylphényl-polyxyloxane,*
par M. Chambaz (Univ. de Grenoble)
11 h 15, *Recherche et mise au point de techniques radiochimiques appliquées au dosage de traces de substances médiatrices extraites d'un milieu biologique,*
par M. Pujol (Univ. de Lyon I)
11 h 45, *Mise à profit de l'introduction de sels métalliques dans la désorption, par champ électrique, d'espèces polaires,*
par M. Asselineau (C.N.R.S. Toulouse)

Électrochimie

14 h 30, *Étude et réalisation d'une électrode spécifique pour le dosage des sulfates,*
par M. Huart (C.E.A.) et M. Tacussel (CERAC)
15 h, *Propriétés oxydo-réductrices, constantes de dissociation et dosage des sels et complexes de NO_2^+ et NO^+,*
par M. Heubel (Univ. de Lille)
15 h 30, *Mise au point de capteurs sélectifs pour la mesure in situ des concentrations en réactifs (S et OH) dans le procédé en cuisson kraft,*
par M. Monzie (C.T.P.) et M. Renaud (Centre Univ. de Savoie)
16 h, *Étude par des méthodes électrochimiques et cinétiques des propriétés oxydo-réductrices de complexes de métaux de transition susceptibles d'activer et/ou de transporter l'oxygène moléculaire,*
par M. Schwing (Univ. de Strasbourg I)
16 h 45, *Utilisation de la conductivité ionique des solides pour l'analyse des gaz,*
par M. Portier (Univ. de Bordeaux I)
17 h 15, *Exploitation des méthodes électrochimiques d'analyse en milieu superacide $HF - SbF_5$. Application à la mise en évidence d'intermédiaires réactionnels intervenant dans les réactions d'isomérisation et d'alkylation d'hydrocarbures,*
par M. Trémillon (E.N.S.C.P.)

Métallurgie

17 h 45, *Analyse précise et rapide des ferro-alliages au moyen de l'analyse par radioactivation avec une source isotopique de neutrons,*
par M. Vialatte (Sté Creusot-Loire) et M. Albert (CNRS-Orléans)
18 h 15, *Dosage du carbone par activation dans les photons et séparation chimique en bain de sels fondus,*
par M. Revel (C.N.R.S.) et Mme Hanin (IRSID)

Mercredi 20 décembre 1978

Pétrochimie

9 h, *Analyse des résidus de distillation sous vide des pétroles par chromatographie en phase liquide à haute résolution,*
par M. Rosset (E.S.P.C.I.) et M. Escalier (S.N.E.A.)
9 h 30, *Application de la résonance magnétique nucléaire du ^{13}C à l'analyse quantitative des coupes lourdes d'origine pétrolière,*
par M. Delpuech (Univ. de Nancy I) et M. Bonnetain (I.N.P. de Grenoble)
10 h, *Étude et mise au point de l'analyse des n-paraffines lourdes ($C_{20} - C_{50}$) par adsorption sur tamis moléculaire 5 Å sous ultrasons,*
par M. Valentin (S.N.E.A.)
10 h 45, *Méthode d'extraction, de séparation et d'identification d'hydrocarbures fossiles et de biosynthèse récente,*
par M. Renault (I.F.P.) et M. Cabridenc (I.R.C.H.A.)

Analyse multiélémentaire

11 h 15, *Étude de l'analyse de traces ou faibles teneurs des éléments non métalliques dans les matières premières et produits de l'industrie céramique, par spectrométrie d'émission avec source à plasma inductif,*
par Mme Guedon (Sté Française de Céramique) et M. Darier (Sté Instruments S.A.)
11 h 45, *Mise au point d'un ensemble spectrométrique d'analyse simultanée multiéléments utilisant comme source d'excitation un générateur inductif à plasma d'hélium,*
par M. Robin (INSA-Lyon) et M. Durr (Sté Électronique scientifique et industrielle)

Contrôle de pureté des produits chimiques

12 h 15, *Mise au point du contrôle de la pureté des produits chimiques par analyse calorimétrique différentielle à compensation de puissance,*
par M. Bizot (R.P.I.)

6. 5e Journée d'études des équilibres entre phases

La cinquième journée d'études des équilibres entre phases se tiendra le 26 janvier 1979, à 9 heures, dans l'amphithéâtre VI de la Faculté de Pharmacie, rue Jean-Baptiste Clément, 92290 Châtenay-Malabry.

Pour tous renseignements, s'adresser à M. B. Legendre, Travaux pratiques chimie minérale, Faculté de Pharmacie, rue J.-B. Clément, 92290 Chatenay-Malabry. Tél. : 660.45.18.

6 bis. IIIe Symposium international sur les composés organiques du sélénium et du tellure

Organisé sous la direction du Professeur D. Cagniant, le IIIe Symposium international sur les composés organiques du sélénium et du tellure se tiendra à Metz, du 9 au 12 juillet 1979.
Le comité d'organisation, placé sous la présidence d'honneur de Sir Derek Barton, comprend les Professeurs L. Flohe (Stolberg, GFR), S. Gronowitz (Université de Lund), W.H.H. Günther (Xeros Corporation, Rochester-N.Y., U.S.A.), G. Marino (Université de Perugia), M. Renson (Université de Liège) et G. Schmid (Université de Toronto]
Le programme scientifique comportera des conférences et communications (orales et sous forme d'affiches) portant sur la synthèse et la réactivité chimique (section A), les propriétés physicochimiques (section B), les propriétés biochimiques et physiologiques (section C), et les applications industrielles (section D) des composés organiques du sélénium et du tellure.
La date limite d'envoi des communications est le 15 février 1979
La deuxième circulaire, diffusée vers le 1er novembre 1978, donnera tous les détails concernant le programme des conférences et les conditions de participation.
Pour toute correspondance, écrire au Dr G. Kirsch, Laboratoire de chimie organique, Université de Metz, Ile du Saulcy, 57000 Metz

7. Symposium sur les macromolécules (Prague 1979)

Sous l'égide de l'IUPAC, l'Académie des Sciences Tchécoslovaque et la Société Chimique Tchécoslovaque organisent les deux symposium suivants :
- **Mécanismes de dégradation et de stabilisation des polymères hydrocarbonés du 9 au 12 juillet 1979**
- **Microcalorimetrie des macromolécules du 16 au 19 juillet 1979**

Pour ces deux symposiums la date limite de réception des résumés des communications est fixée au 1er avril 1979.

Pour tous renseignements : P.M.M. Secretariat, c/o Institute of Macromolecular Chemistry 162 06 Prague 616, Tchécoslovaquie

8. 7e Conférence hautes pressions (AIRAPT-EHPRG)

La 7e Conférence internationale de l'Association Internationale pour la Recherche et l'Avancement de la Technique des Hautes Pressions, organisée conjointement avec le Groupe Européen des Hautes Pressions, aura lieu au château de la Verrerie, 71200 Le Creusot, du 30 juillet au 3 août 1979.
Le programme couvrira un grand nombre de disciplines : recherches fondamentales (expérimentales et théoriques), recherches

appliquées et problèmes industriels se rapportant aux hautes pressions.
Les résumés des communications (250 mots au plus) devront être reçus avant le 15 janvier 1979.

Pour tous renseignements, s'adresser à B. Vodar, organisateur, L.I.M.H.P. du C.N.R.S., Université Paris-Nord, Avenue J.-B. Clément, 93430 Villetaneuse.

9. Conférence EUCHEM sur la chimie des petits insectes

Cette conférence se tiendra du 13 au 17 août 1979, à Borgholm, dans l'île Öland, dans la mer Baltique.
La date limite pour l'envoi des communications est fixée au 1er juin 1979.

Pour tous renseignements : Dr G. Aulin-Erdtman, The Swedish National Committee for Chemistry, Upplandsgatan 6 A, 1 tr, S-111 23 Stockholm (Suède)

10. 3e Conférence internationale sur la science des surfaces et des colloïdes

Organisée sous l'égide de l'IUPAC, cette conférence se tiendra, du 20 au 25 août 1979, à Stockholm (Suède).
La date limite pour la réception des résumés des communications est fixée au 1er décembre 1978.

Pour tous renseignements : The Swedish Institute for Surface Chemistry c/o Stockholm Convention Bureau, Strandvägen 7 C, S-114 56 Stockholm, Suède

11. Concours du Mémorial Hofmann

Les prix Hofmann sont décernés tous les trois ans en l'honneur du regretté Professeur Wilhelm Hofmann. Ils ont pour objet d'encourager les recherches sur le plomb, domaine auquel le professeur Hofmann a consacré une grande partie de sa carrière.
Un prix de 700 livres sterling a été attribué à la fin de l'année 1977 par un jury international sous la présidence du Dr. Davey à chacun des deux mémoires suivants :

- Section A : métallurgie extractive :

Le raffinage du plomb : technologie utilisée et nouveau procédé continu, par J.M. Richards, (BOC Minerals, BOC Ltd., Londres)

- Section B : métallurgie physique et mécanique

Composites de plomb renforcés aux fibres de verre, par D.M. Goddard (The Aerospace Corporation, El Segundo, California)

Le prochain concours comportera, comme en 1977, deux sections, dotées chacune d'un prix de 1 000 livres sterling.
Les travaux devront être remis avant le 31 mars 1980 et les récompenses seront décernées lors de la Conférence Internationale du Plomb, en septembre 1980.

Renseignements : Centre d'Information du Plomb, 79, avenue Denfert-Rochereau, 75014 Paris, Tél. : 320.34.37

12. Banque de données pour les organostanniques

L'Association ORTEP (Organotin Environmental Programme Association), association mondiale créée pour la protection de l'environnement contre la pollution par les organostanniques, va créer une banque de données d'informations scientifique et technique, consacrée aux composés organostanniques et aux aspects de l'environnement.
Cette banque de données sera installée à Londres. Dans un premier temps les informations sur les thèmes suivants seront collectées :
- Contrôle médical et traitement des travailleurs de production.
- Élimination des effluents et cœfficient de décharge.
- Études sur le contrôle analytique (eau, air,...).
- Études toxicologiques.
- Études agrochimiques.
- Études biologiques et sur la dégradation.

On estime à environ 30 000 t/an la production mondiale des organostanniques. Ces trente dernières années, des centaines de milliers de tonnes de composés ont été synthétisés et nous entourent. On les retrouve en agriculture, dans les peintures, dans les bois d'œuvre (pour leur préservation), dans les PVC (comme stabilisants), dans les catalyseurs de mousse de polyuréthanne, etc.

Renseignements : R.F. Bennett, Organics Sector, Albright and Wilson Ltd., Warley, West Midlands, G. B.

13. Cours d'allemand scientifique et technique

La langue allemande est dans le domaine de la chimie, un instrument de travail important. A titre d'exemple, la consultation des ouvrages comme le Beilstein, le Gmelin, le Houbel-Weyl et le Landolt-Börnstein, représente souvent le point de départ pour le contact scientifique avec un sujet déterminé. Quelques rudiments de langue allemande peuvent être suffisants pour relever les informations recherchées, d'autant plus que dans les éditions récentes, les têtes d'alinéas sont généralement traduites en anglais dans la marge.
Pour faciliter la lecture de l'allemand scientifique, le SETAR du C.N.R.S. organise un enseignement spécialisé.
Un cours d'initiation permet l'acquisition des éléments spécifiques de la langue allemande et d'un vocabulaire sélectionné en fonction de la fréquence d'emploi dans les textes intéressant les scientifiques. Le participant applique, dès le début, ses connaissances à l'interprétation de textes simples.
Un cours de perfectionnement s'adresse aux participants possédants des connaissances de base, récentes ou anciennes, mais qui éprouvent des difficultés lorsqu'ils se trouvent confrontés avec un article ou une page de livre. Une attention spéciale est donnée au développement de la capacité du participant à relever d'une manière rapide le contenu d'un article, sans procéder à une traduction entière.
Les cours d'une heure hebdomadaire peuvent être complétés par des séances de phonétique.
Documentation et inscription : SETAR, 27, rue Paul Bert, 94200 Ivry, tél. : 670.11.52, poste 234.
Clôture des inscriptions : 31 octobre 1978.

14. Répertoire des systèmes et services d'information des Nations-Unies

Le Bureau Interorganisations pour les systèmes d'information des Nations- Unies (BIO) vient de publier la version française du « Répertoire des systèmes et services d'information des Nations-Unies ». Cette publication a pour but de permettre aux utilisateurs d'informations d'identifier quels sont les systèmes offerts et les services produits par les organisations de la famille des Nations-Unies et de leur indiquer où ils peuvent trouver l'information sur un sujet particulier.
Ce répertoire est divisé en quatre parties :
1. Les organisations des Nations-Unies.
2. Les systèmes et services d'information.
3. Liste des adresses par pays.
4. Index-matières.

Renseignements : Secrétariat du BIO, Palais des Nations, CH-1211 Genève 10

15. Stages de formation continue

Stages de l'Institut de Chimie et Physique Industrielles de Lyon

Techniques polarographiques et voltampérométriques

les 12, 13, 14 et 15 décembre 1978
Pour tous renseignements, s'adresser à I.C.P.I., Formation Permanente, 31, place Bellecour, 69002 Lyon.
Tél. : 16 (78) 25.51.00, Poste 453.

Stages du Centre d'Étude des Matières Plastiques

Durant toute l'année 1979, le Centre organise une série de stages sur l'industrie des matières plastiques.
Pour tous renseignements : CEMP, 65, rue de Prony, 75854 Paris Cedex 17. Tél. : 763.12.57

Rhône-Poulenc et l'industrie des silicates

Caoutchouc, lessives ménagères et industrielles pour le linge et la vaisselle, peinture, consolidation des sols, cartonnerie... nombreux sont les domaines où les silicates alcalins et leurs dérivés sont devenus indispensables.
Or, l'industrie des silicates est fondée sur deux matières premières en apparence simples et abondantes :
- le sable (qualité très pure) ;
- le carbonate de soude (obtenu à partir de calcaire et de sel).

Mais il ne suffit pas de disposer de ces matières premières pour réussir dans cette branche de la chimie minérale, il faut aussi posséder les technologies extrêmement sophistiquées qui permettent de transformer des minéraux bien connus en produits de haut de gamme :
C'est grâce à ces technologies de pointe, maîtrisées peu à peu par les chercheurs de Rhône-Poulenc, que le Groupe occupe aujourd'hui la première place mondiale pour les métasilicates et la troisième place pour les pigments de silice. Fabriqués dans les usines de Collonges-au-Mont-d'Or (Rhône) et de Nogent-l'Artaud (Aisne), ces deux produits sont exportés à 70 % dans plus de 70 pays différents.
L'industrie des silicates regroupe essentiellement trois grandes familles de produits : les silicates, les métasilicates et les pigments de silice.

Les capacités de Rhône-Poulenc

En France :
Rhône-Poulenc dispose de deux usines spécialisées dans l'industrie des silicates : Collonges - au - Mont - d'Or (Rhône) et Nogent-l'Artaud (Aisne). Ces établissements utilisent du sable très pur et du carbonate de soude fabriqué par Rhône-Poulenc dans son usine de La Madeleine, près de Nancy.

Silicates vitreux	200 000 t/a
Pigments	45 000 t/a
Métasilicates (anhydre et hydratés)	75 000 t/a

A l'étranger :
Rhône-Poulenc a créé des unités de production des silicates et de leurs dérivés dans plusieurs pays :
- En Italie, à Empoli et Caronno :

Silicates vitreux	20 000 t/a

- En Belgique, à Kallo, près d'Anvers :

Silicates liquides	10 000 t/a

- En Corée, en 1976, Rhône-Poulenc a mis en route, à Inchon, près de Séoul, la plus grosse usine de pigments de silice de l'Extrême-Orient dans le cadre de la Société Kofran, filiale paritaire avec O.C.I. (Oriental Chemical Industry) :

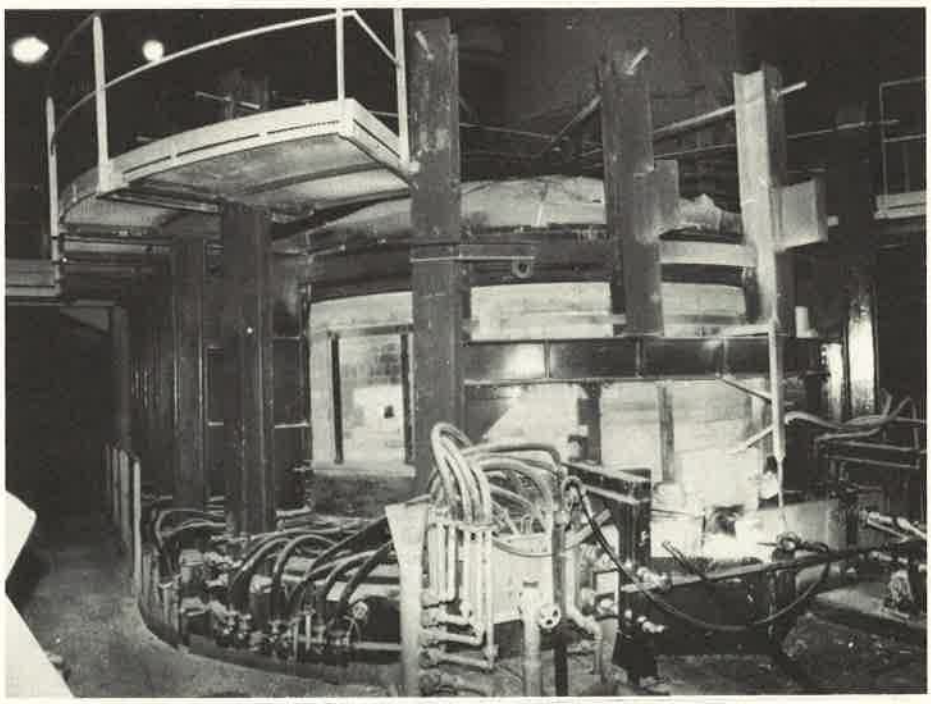
Silicates vitreux	25 000 t/a
Pigments	20 000 t/a

- Au Brésil : en 1978, Rhodia SA, filiale de Rhône-Poulenc au Brésil a mis en route une nouvelle unité de silicates et de pigments de silice, à Paulinia :

Silicates liquides	30 000
Pigments	20 000

Les métasilicates

Les métasilicates sont des silicates de soude dans lesquels les teneurs en silice et en alcalinité sont les mêmes. Cette caractéristi-



Four des métasilicates à l'usine de Nogent-l'Artaud

que définit, pour les métasilicates, des domaines d'application propres.
Les métasilicates anhydres se présentent sous la forme de poudre ou granulés blancs se dissolvant dans l'eau froide. Les métasilicates hydratés (42,50 % d'eau) se présentent sous forme de poudre ou de granulés, blancs et translucides.
Mais, quel que soit leur aspect physique, anhydres ou hydratés, les métasilicates sont utilisées principalement dans une grande application : les formulations lessivielles :
1. Lessives ménagères ou industrielles pour machines à laver la vaisselle :
Utilisées à raison de 30 à 60 % d'une formule comme matière active détergente, elles doivent satisfaire à des spécifications extrêmement rigoureuses. Possédant le meilleur pouvoir nettoyant, leur rôle est de détacher les salissures des surfaces impropres.
2. Lessives industrielles pour le dégraissage des métaux, le lavage du linge, le nettoyage du matériel de l'industrie alimentaire.
Dans ce cas, les métasilicates représentent 10 à 80 % de la formule selon les applications ; ce pourcentage, plus faible quand il s'agit du lavage du linge, devient très important dans le cas du dégraissage des métaux, par exemple. Leur rôle détergent et protecteur de la corrosion est primordial dans l'application industrielle des surfaces salies.

Les silicates de soude

Les silicates de soude sont obtenus, en premier temps, sous forme vitreuse par fusion à 1 300 °C de mélanges de carbonate de soude et de sable pur. Ensuite ces « verres » sont dissous dans l'eau à 150 °C en autoclaves.
Selon leur composition, les solutions de silicate entrent dans les catégories des silicates adhésifs ou détersifs.
Produit industriel banal, les silicates ont couvert d'abord des domaines d'applications très variés répondant ainsi aux demandes traditionnelles de l'industrie de transformation :
- Le collage des cartons : carton ondulé, cartons compacts plats, tubes, mandrins, ...
- Le blanchîment des pâtes à papier : les silicates interviennent comme stabilisant de l'eau oxygénée. Ils sont, en outre, de plus en plus utilisés comme agent d'épuration dans les opérations de désencrage des vieux papiers.
- La fabrication des lessives ménagères ; dans ce domaine, les silicates apportent leurs propriétés détergentes : pouvoir saponifiant, émulsionnant, dispersant, anti-redéposition,
- La fonderie : comme liants des sables agglomérés utilisés dans la confection des moules et noyaux.

Puis devant la multiplicité des applications éventuelles des silicates, ces produits ont trouvé de nouveaux débouchés dans l'industrie active en développement :
- La fabrication de silices synthétiques utilisées comme déshydratants, pansements gastriques, ...
- La consolidation des sols : par injection simultanée de silicate et d'un réactif gélifiant, il y a formation d'hydrogel de silice volumineux qui comble les fissures des sols et les rend ainsi plus compacts et imperméables.
- Le traitement de résidus industriels : associés à du ciment, ils assurent la « neutralisation » de rejets hautement toxiques.

Enfin, grâce à la « matière grise » des chercheurs, aujourd'hui les silicates sont utilisés comme produits de base d'autres produits nouveaux.

Les pigments de silice

Obtenus par réaction du silicate de soude liquide avec l'acide sulfurique ou les sulfates d'alumine, ces produits sont insolubles et se présentent sous la forme d'une poudre blanche ; leurs caractéristiques physiques jouent un grand rôle dans les diverses applications.
Les pigments de silice, sous forme de silices fines précipitées et de silico-aluminates de soude, obtenus à partir de silicates de soude, ont vu le jour au lendemain de la 2e guerre mondiale. Leurs emplois sont multiples et en développement constant ; en effet la « matière grise » est un élément important pour leur développement.

Quelles sont les applications des pigments de silice ?
- L'industrie du caoutchouc en est la plus grosse consommatrice. Les caoutchoucs naturels ou synthétiques tels quels ne présentent, en particulier, pas de résistance suffisante à l'usure ou à la déchirure. Avant l'apparition des pigments de silice, le noir de carbone était la seule charge permettant de pallier ces défauts. Peu à peu, les silices et les silico-aluminates ont supplanté celui-ci dans les domaines de la chaussure et des articles techniques (tuyaux, joints...) où ils sont plus performants et présentent l'avantage d'être blancs et non tachants.
- L'industrie papetière fait appel aux silico-aluminates de soude comme pigment polyvalent assurant les améliorations suivantes des papiers : blancheur, opacité, « main », imprimabilité.
- L'industrie des peintures

Dans les peintures émulsion, le silico-aluminate intervient comme extendeur de l'oxyde de titane. Il permet d'améliorer la blancheur, l'opacité, la résistance à l'abrasion humide tout en réduisant le coût des formulations.

La grande finesse des pigments de silice et leur aptitude à absorber des quantités notables de liquides, tout en conservant leur aspect de poudre sèche, en font des auxiliaires précieux dans les industries suivantes :
- L'alimentation animale

Les pigments de silicate sont d'excellents fluidifiants des produits laitiers en poudre : laits réengraissés, lactosérum, babeurre. Ils sont couramment utilisés dans les lacto-remplaceurs pour veaux.
Ils servent de support à des principes actifs liquides tels que le chlorure de choline, la vitamine E ou l'ethoxyquine.
- La fabrication des pesticides

Ils interviennent de même comme fluidifiant des poudres mouillables ou pour poudrage. En outre, ils sont utilisés comme support des matières actives liquides : malathion, diazinone, ...

D'autres perspectives s'offrent aux pigments de silice dans des domaines aussi variés que les pâtes dentifrices, les résines synthétiques, les produits d'entretien, les encres ...

E.M.C. : Résultats de l'exercice 1977

Les comptes consolidés de l'Entreprise Minière et Chimique pour 1977 se soldent par une perte d'exploitation de 172,7 millions de francs et une marge brute positive de 90,1 millions de francs.
Le chiffre d'affaires consolidé, qui ne prend plus en compte les résultats de la société APC (Azote et Produits Chimiques transférée en 1977 à CdF-Chimie) est de 4,16 milliards de francs, soit une diminution de 11,79 %. Mais, si l'on neutralise les résultats de APC en 1976, c'est alors une progression de 22 % qu'il faut noter.
Ce chiffre d'affaires a été réalisé pour 51 % en France et 49 % à l'étranger (36,3 % d'exploitation à l'étranger et 12,8 % d'exportations de France). Il se décompose comme suit :
- 29,8 % de chlorure de potassium ;
- 15,2 % d'engrais et produits divers pour l'agriculture ;
- 21,1 % d'alimentation animale ;
- 23,1 % de produits chimiques industriels ;
- 10,8 % d'activités diverses (ingéniérie, transports, ...).

Branche Potasse

Actuellement, la capacité d'extraction annuelle des Mines de Potasse d'Alsace (12 millions de tonnes de sylvinite) permet de produire près de 2 millions de tonnes de potasse pure, soit environ 7 % de la production mondiale, ce qui situe le Groupe parmi les principaux producteurs.
Dans cette branche vitale de l'économie mondiale, c'est 10 % des transactions internationales que la SCPA assure et même 30 % dans le cas particulier du sulfate de potasse.

Branche Chimie

Les activités du Groupe dans ce secteur ont subi le contrecoup d'une accumulation de difficultés auxquelles a dû faire face toute l'industrie chimique européenne : surcapacités, stagnation des demandes intérieures, compétition de plus en plus âpre sur les marchés extérieurs, baisse de prix, etc...
C'est ainsi que les expéditions de sulfate de soude produit par EMC-Belgique ont été limitées par le ralentissement de l'activité de l'industrie papetière et par la concurrence des producteurs des États-Unis.
Par contre, les livraisons de chlorure de vinyle monomère ont augmenté de 20 % malgré la situation précaire du secteur des matières plastiques. Celle-ci a fortement limité les possibilités de vente de polychlorure de vinyle de la SAV (Société Artésienne de Vinyle) sur le marché européen et l'a obligée à rechercher des débouchés peu rentables à la grande exportation.

Branche Alimentation animale

Dans l'ensemble, la part du Groupe dans le marché total français a légèrement progressé

par rapport à celle de la profession mais production, et livraison d'aliments pour animaux n'ont globalement que très peu varié d'une année à l'autre.
Les ventes de phosphates alimentaires en France n'ont pas connu en 1977 le même rythme que l'année 1976 où la demande d'aliments du bétail était exceptionnelle ; elles ont légèrement régressé mais les ventes totales du Groupe se sont à peu près maintenues malgré une sévère concurrence qui a entraîné dans la plupart des pays européens une forte dégradation des prix.

Activités de développement à l'étranger

En 1977, grâce aux moyens scientifiques, techniques et commerciaux dont disposent les diverses sociétés du Groupe, l'EMC a poursuivi l'étude et la réalisation de projets intégrés de développement portant sur la fertilisation et les productions végétales et animales, entre autres :
- la réalisation d'un complexe laitier de 2 500 animaux en Irak.
- la réalisation d'une unité de cristallisation de la potasse en U.R.S.S., à laquelle les MDPA apportent leur concours technique.
- l'assistance technique des MDPA en matière de potasse au Brésil.

D'autres réalisations sont en cours en Tunisie, au Maroc, en Côte d'Ivoire.

Le montant total des investissements a atteint 229 millions de francs.
Pour l'avenir, le Groupe a décidé d'intensifier l'action entreprise non seulement en France mais aussi, de plus en plus, vers l'étranger.

CdF Chimie en 1977

L'exercice 1977 a été caractérisé pour l'industrie chimique par la manifestation d'une surcapacité de production des installations pétrochimiques en Europe, notamment dans le domaine des grands thermoplastiques.

Le chiffre d'affaire de CdF Chimie s'est élevé à 3 135 millions de francs en augmentation de 4,2 % sur celui de 1976. Celui du groupe CdF Chimie a atteint 4 819 millions de francs, en progression de 5,1 % ; avec 1 843 millions de francs, la part réalisée à l'étranger représente 38 % du chiffre d'affaires total.
Après cinq exercices bénéficiaires, les comptes de pertes et profits se soldent par un déficit de 46 millions de francs pour la société et de 71 millions de francs pour le groupe, après des bénéfices nets respectifs de 10 et 23 millions de francs en 1976. C'est un résultat préoccupant selon le terme utilisé par M. Petitmengin, Président du Directoire.

Deux difficultés majeures ont été affrontées par CdF Chimie en 1977. L'une se situe à l'échelle de l'Europe, l'autre a été spécifique aux sociétés chimiques françaises.
La première, c'est la surcapacité de production, notamment dans le domaine des matières plastiques, avec sa conséquence : la dégradation des prix.
La seconde a été la politique de blocage des prix en France.
Dans le même temps, la marge brute d'autofinancement a chuté brutalement de 231 millions de francs à 62, ne représentant ainsi que 1,3 % du chiffre d'affaires consolidé.
La variation des chiffres d'affaires des différents secteurs, par rapport à l'exercice 1976, a été la suivante :
- Groupe Thermoplastique : − 9,5 %. 1976 avait été une année de forte progression.
- Groupe Engrais : + 5,3 %.
- Groupe Grands Intermédiaires : + 24,7 %.

A l'inverse de 1976, c'est la production d'ammoniac, liée à l'amélioration de l'activité des engrais en France, qui a été le point fort de l'exercice.
- Branche Chimie organique : + 7,8 %.

Les investissements du groupe se sont élevés à 686 millions de francs contre 414 millions en 1976. Ils se sont répartis entre CdF Chimie : 156 millions et les filiales : 530 millions dont 453 millions pour Copenor (la part de CdF Chimie dans cette filiale est de 60 %).
Dans les thermoplastiques, les investissements ont concerné Dunkerque, Lillebonne et Dieuze. A Dunkerque (Copenor), les travaux de construction d'une ligne de 150 000 t/an ont été conduits conformément au planning qui prévoit la mise en service à la fin de 1978 ; à Lillebonne, quatre lignes de production de polyéthylène basse densité qui avaient été détériorées par un incendie ont été remises en état et améliorées enfin, à Dieuze (Société Chimique de Dieuze), une nouvelle ligne de polymérisation de styrène de 8 000 t/an, selon un procédé masse, a été mise en service en septembre.
Dans le secteur des grands intermédiaires, les investissements ont été réalisés à Dunkerque et à Carling. A Dunkerque (Copenor), les travaux d'installation de la première tranche (225 000 t/an) du vapocraqueur de 450 000 t/an ont été poursuivis pour une mise en production prévue à l'automne 1978. Tous les autres investissements importants ont eu lieu à Carling. L'unité de styrène IV de 150 000 t/an a été achevée en mai et les équipements de neutralisation par voie sèche des alkylats selon un procédé original de CdF Chimie ont été achevés à la fin du premier semestre 1978 ; les travaux de doublement à 20 000 t/an de l'atelier de résines de pétrole Norsolène ont été engagés ; des modifications permettant la production d'ammoniac à partir du gaz naturel ont été achevées en mai ; enfin une nouvelle chaufferie de 150 t/heure de vapeur a été mise en service au début de 1977.
Pour la Branche Chimie organique, les investissements ont concerné plusieurs secteurs : Norsolor, à Carling avec le début de la construction du nouvel atelier d'acide acrylique et d'acrylates ; Benzylchimie, à Tessenderlo (Belgique) avec les unités de chlorure de benzyle et de phénylchloroforme qui ont été mises en service en novembre ; HGD, à Loison avec les travaux d'extension des ateliers d'alcool benzlique et de chlorure de benzoyle ; enfin, à Drocourt, le doublement de la capacité de production des résines époxydes a été réalisé en février.

Sur le plan international, l'engagement des projets pétro-chimiques à Umm-Saïd, au Qatar, dans le cadre de QAPCO, et à Sines, au Portugal, dans le cadre d'EPSI, s'est concrétisé par la passation des commandes et l'ouverture des chantiers ; cependant qu'à Maracaïbo, au Venezuela, la filiale Polimeros del Lago accomplissait avec de très bons résultats techniques et financiers son premier plein exercice et que deux nouveaux succès confirmaient la valeur de nos procédés : la mise en service à Bratislava, en Tchécoslovaquie, de l'unité de polyéthylène basse densité de Slovnaft, et celle de l'unité de styrène de Petroquisa, près de Rio de Janeiro au Brésil. CdF Chimie conserve ainsi tout son potentiel de nouveaux développements.

En 1978, CdF Chimie concentre ses efforts sur :
- l'achèvement par la filiale Copenor de la première tranche du vapocraqueur de Dunkerque et le lancement de la seconde ;
- l'extension des acrylates et des résines de pétrole ;
- la consolidation des activités Engrais d'A.P.C..

La société va présenter aux Pouvoirs publics un plan de développement décennal pour ces activités ; il comporte, en priorité, la modernisation des ateliers les plus anciens, urée à Toulouse, ammonitrates à Mazingarbe, Carling et Toulouse.

Évolution des affaires de la BASF

Au cours du premier semestre le chiffre d'affaires du groupe BASF a tout juste atteint celui de l'an passé à la même période (10 628 millions de marks contre 10 741 en 1977 pour la même période). Une légère relance des activités au second trimestre, tant en R.F.A. que dans les pays non-européens, a permis de compenser presque entièrement la baisse du chiffre d'affaires du premier trimestre. Néanmoins les résultats demeurent inférieurs à ceux enregistrés au premier semestre 1977 ; cette tendance s'est toutefois atténuée. Les ventes, quantitativement plus importantes sur le marché allemand, ont permis une amélioration relative des résultats, malgré un fléchissement des prix. A l'étranger, les résultats de certaines sociétés ont diminué. Les investissements ont continué leur progression.

Pour la BASF Aktiengesellschaft, le chiffre d'affaires du second trimestre s'est avéré supérieur à celui enregistré l'an passé à la même époque, permettant ainsi de résorber partiellement le retard du premier semestre. On constate une baisse des résultats moins importante grâce à l'amélioration réalisée au second trimestre. Cette évolution est due essentiellement à des résultats d'exploitation apériodiques, ainsi qu'à une amélioration passagère de la situation monétaire. Les produits des ventes, en régression jusqu'alors, semblent se stabiliser dans certains secteurs. Le taux d'utilisation des capacités de production reste légèrement inférieur à celui de la période de référence. Les investissements se poursuivent selon les prévisions.

Les carnets de commande ne permettent pas encore de déceler une véritable reprise des affaires.

R.P. crée un Comité pour gérer ses échanges avec la Chine

Un comité « Chine » vient d'être créé à Rhône-Poulenc, dans le but de gérer et de coordonner les échanges du Groupe avec ce pays.
Présidé par M. Jean Gandois, vice-président directeur général de Rhône-Poulenc, ce comité dispose d'une antenne à Hong-Kong, dans le cadre de la filiale Rhodia Asia.
Les relations de Rhône-Poulenc avec la Chine remontent à près d'un demi-siècle. Dans les années 20, Rhône-Poulenc vendait à la Chine différents produits chimiques pharmaceutiques et aromatiques et lui achetait des essences naturelles pour parfums.
Actuellement, les ventes de Rhône-Poulenc à la Chine, se situent entre 10 et 13 millions de dollars par an et portent sur les domaines de la chimie organique et des fibres textiles synthétiques. En échange, Rhône-Poulenc achète à la Chine différents produits chimiques, matières de base et produits finis qui lui sont nécessaires. En 1977, les ventes ont montré une progression de 15 %.
Rappelons qu'en 1972, 1973 et 1974 d'importants contrats ont été signés entre Rhône-Poulenc et la Chine, pour la cession de licences de fabrication respectivement de nylon 66 et de fibre polyester, d'acétate de vinyle monomère, et d'acide nitrique. Il s'agit des plus importants contrats qu'une entreprise chimique au monde ait à ce jour signés avec la Chine.
En 1977, les ventes de Rhône-Poulenc en Chine ont progressé de 15 % par rapport à celle de 1976 et leur développement devrait se poursuivre dans les années à venir.
Rhône-Poulenc a en effet proposé aux autorités chinoises une cinquantaine de colloques dans les domaines des produits phytosanitaires, de l'élevage et des industries connexes. Plusieurs d'entre eux ont déjà eu lieu sur le thème des vaccins vétérinaires. D'autres sont prévus pour le courant du deuxième semestre 1978.

Développement de la coopération entre Rhône-Poulenc et la Pologne

A l'occasion de la première visite officielle en France de Monsieur Konopacki, Ministre polonais de la chimie, MM. Renaud Gillet, Président de Rhône-Poulenc, et Stefanski, Directeur général de la Centrale d'Importation et d'Exportation de produits chimiques (CIECH), ont signé, le 19 juin 1978 dernier, un protocole d'accord visant à développer la coopération entre Rhône-Poulenc et la Chimie polonaise.
Cet accord, qui fait suite à l'accord cadre signé en 1976, prévoit en particulier de préparer les mesures qu'il convient de prendre, pour dépasser la compensation considérée comme périmée, pour augmenter les courants commerciaux.
Les échanges commerciaux entre Rhône-Poulenc et la Pologne connaissent en effet, depuis quelques années, un développement croissant. Ils se sont développés principalement avec la CIECH grâce aux possibilités de fourniture de soufre.
Chaque année, le groupe Rhône-Poulenc achète à la Pologne plusieurs milliers de tonnes de soufre et vend à ce pays différents produits organiques de base, des spécialités phytosanitaires, des textiles synthétiques, des spécialités pharmaceutiques.
Depuis 1970, le groupe dispose à Varsovie d'un bureau permanent composé exclusivement de spécialistes polonais. Cette année, ce bureau s'est étoffé de plusieurs membres afin de développer encore les échanges entre les deux partenaires et leur coopération technique commerciale et scientifique.

Monsanto renforce sa présence en Espagne

Monsanto annonce qu'elle a pris une participation majoritaire dans son ancienne filiale Aiscondel S.A. (Barcelone), l'un des dix premiers producteurs espagnols de produits chimiques et matières plastiques.
La part du capital de Aiscondel détenue par Monsanto est passée de 50 à 67 %, le solde étant en grande partie réparti entre trois sociétés espagnoles, Banco Industrial de Cataluna, Banco Espanol de Credito et Caja de Ahorros de Zaragoza.
Cette augmentation de participation fait suite aux récents investissements effectués par Aiscondel dans ses usines de Vilaseca, Tarragone (chlorure de vinyle monomère) et Monzon (plastiques ABS) ; la société avait procédé récemment à une augmentation sensible de son capital.
Les vinyles (chlorure de vinyle monomère, chlorure de polyvinyle, et articles finis en PVC), le polystyrène, les plastiques ABS et les produits chimiques pour le caoutchouc représentent les principaux produits fabriqués par Aiscondel. La société emploie 2 500 personnes dans ses usines de Barcelone (Sardanyola), Monzon, Tarragone et Calatayud.

Uranium à partir des phosphates

L'usine de East Tampa (Floride)

La Société Gardinier Inc., filiale américaine du groupe Gardinier et la Société Uranium PUK, filiale du groupe Pechiney Ugine Kuhlmann, ont conclu un accord pour développer, en commun, leurs connaissances dans le domaine de l'extraction de l'uranium contenu dans les phosphates.
Aux termes de cet accord :
- les techniques des deux sociétés seront mises en œuvre pour la construction d'un atelier sur le site de l'usine de production d'acide phosphorique de Gardinier Inc. à East Tampa (Floride) ; le démarrage en est prévu avant la fin de 1979 à un niveau supérieur à 400 000 livres/an d'oxyde d'uranium.
- la licence et l'ingéniérie du procédé seront mis à la disposition de producteurs d'acide phosphorique dont plusieurs ont déjà fait connaître leur intérêt.

Bénéficiant ainsi à la fois de l'expérience acquise depuis de longues années sur le site de East Tampa dans le domaine de l'extraction de l'uranium et de l'acide phosphorique et de celle d'Uranium PUK dans ses laboratoires de recherches et dans ses usines de traitements du minerai d'uranium, l'unité en construction constituera une réalisation technologique de premier plan.

L'usine de Mulberry (Floride)

Le Conseil d'administration d'International Minerals and Chemical Corporation (IMC) a approuvé un plan de construction d'une usine d'extraction d'uranium à partir de l'acide phosphorique. Les travaux de construction sont actuellement en cours à Mulberry (Floride).
Cette nouvelle usine, qui sera la plus grande de ce type dans le monde, sera construite à proximité du complexe industriel qu'IMC possède à New Wales dans le centre de la Floride et où sont fabriqués des produits chimiques à base de phosphates. D'un montant d'environ 50 millions de dollars, elle sera achevée à la fin de 1979.
Cette unité de production est conçue pour extraire 340 tonnes d'uranium par an à partir des 756 000 tonnes d'acide phosphorique produites chaque année à New Wales. Une fois débarrassé de son uranium, l'acide phosphorique continuera d'être utilisé dans la fabrication des engrais phosphatés, qui constituent la principale production de l'usine.
Selon les ingénieurs d'IMC, l'oxyde d'uranium IMC, le « yellow-cake », pourrait, une fois transformé en combustible nucléaire, fournir la matière première nécessaire à trois centrales nucléaires de 800 MW chacune pouvant approvisionner en électricité une ville de 1,5 million d'habitants. Ainsi utilisé, l'uranium produit par IMC permettrait d'économiser environ chaque année 23 millions de barils de pétrole qui deviendraient ainsi disponibles à d'autres fins énergétiques.
La décision du Conseil d'administration fait suite à d'importants travaux de recherche entrepris l'an passé en laboratoire et en usine au niveau expérimental.

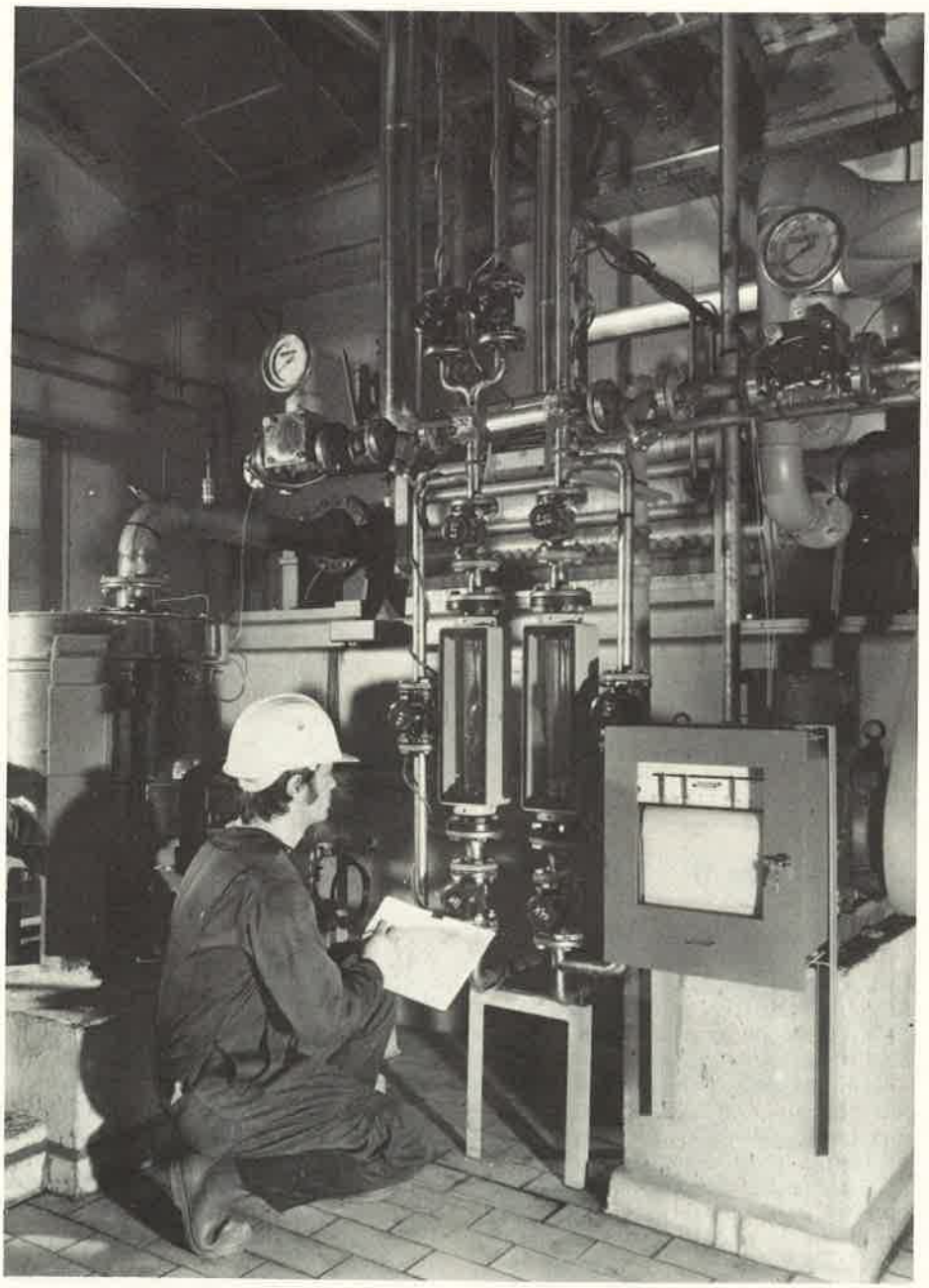
I.M.C. fournisseur d'oxyde d'uranium

IMC, dont le siège est à Libertyville dans l'Illinois, est le plus grand producteur mondial privé de produits de base pour engrais et un important fournisseur de produits destinés à l'industrie, la chimie, la santé et l'alimentation animale dans le monde entier. L'entrée de la société dans le domaine de l'extraction de l'uranium constitue le pas le plus récent accompli par la société dans sa stratégie de développement de ses activités liées au secteur énergétique.

La construction de la nouvelle usine d'extraction de l'uranium de Mulberry (Floride) a permis à IMC de signer avec Floride Power and Light Company, un contrat de longue durée au terme duquel IMC fournira environ 1/3 de l'uranium nécessaire au fonctionnement des centrales nucléaires de Florida Power and Light Company (FPL) d'ici 1992. L'accord, qui prévoit que les livraisons seront d'au moins 180 tonnes d'oxyde d'uranium par an, porte sur un montant total supérieur à 200 millions de dollars.

Démarrage d'une unité de sulfonation à Saint-Mihiel

L'unité de sulfonation en continu d'Albright & Wilson a démarré à Saint-Mihiel, en Lorraine. Cet investissement de plus de 20 millions de francs fait de sa filiale Marchon-France l'un des principaux fournisseurs de tensio-actifs en France.
La nouvelle unité a triplé la capacité de production de dérivés sulfatés et sulfonés utilisables comme produits intermédiaires et produits finis dans la détergence, les shampooings, et autres applications industrielles des tensio-actifs. Cette capacité est désormais de 10 000 tonnes par an.
Le Président du secteur Détergents d'Albright & Wilson a indiqué que l'extension de l'usine de Saint-Mihiel a considérablement renforcé la présence de la société sur le marché intérieur français et apporte une plate-forme idéale pour le développement d'Albright & Wilson dans les autres marchés européens. L'usine de Saint-Mihiel prend désormais rang parmi les principaux fournisseurs de tensio-actifs dans notre pays.
Marchon France, qui emploie 145 personnes, fait partie du secteur Détergents d'Albright & Wilson, dont le siège est a Whitehaven dans le Cumbria (Angleterre). Le secteur Détergents inclue les installations italiennes et espagnoles.



Le réacteur de sulfonation de l'usine de Saint-Mihiel

Modernisation d'une usine de production du néoprène de Du Pont

Du Pont (UK) Limited vient d'annoncer qu'elle va commencer immédiatement les travaux destinés à moderniser et à agrandir son unité de production de caoutchouc synthétique néoprène de l'usine de Maydown, à Londonderry, en Irlande du Nord. L'investissement requis pour financer ce projet qui implique principalement le remplacement de la matière première utilisée actuellement, l'acétylène, par le butadiène, s'élèvera au total à près de 50 millions de dollars. Les installations actuelles continueront de fonctionner pendant la durée des travaux.
Ce projet de modernisation permettra de disposer d'une capacité de production du néoprène de 40 pour cent supérieure et également de renforcer la position concurrentielle du produit sur les marchés du monde entier.
Les études techniques de ce projet ont été approuvées au cours de l'automne dernier, mais ce n'est que récemment qu'a été prise la décision de mettre en route la construction proprement dite.
Le caoutchouc synthétique néoprène a été introduit par Du Pont de Nemours en 1931. Il est largement employé dans les produits destinés à la construction automobile, à l'électricité, au bâtiment et aux articles de sport.
L'usine de production du néoprène de Maydown est la deuxième unité de fabrication que Du Pont de Nemours ait construite en Europe et elle a été inaugurée officiellement en 1960. Depuis lors, d'autres installations ont été édifiées sur le même site pour la fabrication des isocyanates organiques « Hylene », de la fibre acrylique « Orlon » et de la fibre élasthane « Lycra ». L'effectif total de l'usine de Maydown est d'environ 1 800 personnes.

I.C.I. va doubler sa capacité de production de biocides « Proxel »

I.C.I. va doubler sa capacité de biocides de la gamme « Proxel » en investissant 5 millions et demi de livres sterling dans son usine d'Huddersfield propriété d'Organics Division.
Prévue pour être achevée en 1980, l'usine, qui sera contrôlée par ordinateur, utilisera un nouveau procédé en continu pour la fabrication du produit chimique actif.
Les biocides « Proxel » sont efficaces contre un grand nombre de micro-organismes. Ils sont utilisés pour préserver la durée de vie au stockage des émulsions, liants, peintures, latex, adhésifs, etc..., pour protéger les huiles

de coupe dans l'industrie mécanique et les émulsions d'ensimage lors de la fabrication des fibres synthétiques ; pour maîtriser la formation de boues dans les procédés aqueux industriels. Dans l'industrie papetière ils sont aussi utilisés pour préserver les produits de couchage du papier. Les biocides « Proxel » ont rapidement remplacé certains produits traditionnels à cause de leur non persistance dans l'environnement, leur faible toxicité et leur totale efficacité.
Environ 85 % de la production est exportée. Les marchés les plus importants sont l'Europe de l'Ouest, le Japon et les États-Unis.

Unités de dessalement pour l'Algérie et l'U.R.S.S.

Du Pont annonce que, cette année, commencera en Algérie la construction d'une grande installation industrielle destinée au dessalement de l'eau par osmose inverse, selon une technique qui a été mise au point par cette société.
Cette usine, d'un coût de plusieurs millions de dollars, sise à Mostaganem, sera capable de purifier quotidiennement 46 000 mètres cubes d'eau superficielle saumâtre destinée à l'emploi dans une papeterie exploitée par une entreprise algérienne, la Société Nationale des Industries de la Cellulose (SONIC). L'achèvement de cette installation est prévue fin 1979.
La SONIC a commandé l'usine de dessalement à la société française Degrémont S.A.

Par ailleurs, un important complexe de dessalement d'eau de mer par osmose inverse commencera, l'an prochain, à fournir plus de 12 000 m^3 d'eau douce par jour à une installation de récupération secondaire de pétrole (d'une valeur de 28 millions de dollars) implantée en Union-Soviétique sur les rives de la mer Caspienne.

Nouvelle usine d'Akzo à Ghlin-Baudour en Belgique

Akzo Chimie a terminé la construction de sa nouvelle usine destinée à la fabrication de dérivés d'acides gras naturels, dans le parc industriel de Ghlin-Baudour, près de Mons. Pour la réalisation de cette usine, la société d'ingéniérie Coppée-Rust a apporté son concours sur le plan des études, en étroite collaboration avec les ingénieurs d'Akzo Engineering.
L'usine représente un investissement de l'ordre de 1,7 milliard de FB. Elle produit au premier stade des nitriles permettant la préparation d'amines, à partir desquelles sont obtenues ensuite des sels d'ammonium quaternaires.
Les amines sont utilisées pour l'égalisation des teintures dans l'industrie textile, comme antiagglomérants dans les engrais, comme additifs dans les lubrifiants et comme agent permettant l'épandage à froid du bitume sur les routes. Les sels d'ammonium quaternaires servent d'adoucissants ménagers et industriels. Ils entrent dans la composition des produits pour soins capillaires, des cosmétiques et des peintures, et interviennent également pour prolonger la durée d'utilisation de l'eau des piscines.

L'unité d'éthylène-diamine de la BASF

L'unité d'éthylène-diamine, dont la BASF avait annoncé la construction il y a deux ans, a été achevée dans les délais prévus et mise en service à Anvers au cours du second trimestre 1978. Elle a une capacité de 30 000 tonnes/an d'éthylène-amines.
L'installation d'éthylène-diamine de Ludwigshafen sera transformée pour assurer la fabrication de 12 000 tonnes/an environ de morpholine et d'aminodiglycol. Ces travaux, qui représentent un investissement relativement faible, seront achevés en 1979.

Nouvelle unité de PE bd

La nouvelle usine de polyéthylène basse densité (PEbd) que construit à Köln-Worringen (R.F.A.), Erdölchemie GmbH une filiale commune de la Deutsche BP AG et de Bayer AG, entrera en service au cours du 2e trimestre 1979. Cette installation est prévue pour une capacité de 165 000 t/an, ce qui portera ainsi la capacité globale de EG en PEbd à 300 000 t/an.
La technologie de la nouvelle installation découle d'un perfectionnement apporté par Erdölchemie au procédé éprouvé et fiable en autoclave, de Du Pont de Nemours. Grâce à sa grande souplesse, le nouveau procédé convient tant pour la fabrication d'homopolymères que celle de copolymères.
La gamme de production comporte différents types, destinés à la fabrication de films et feuilles, pour enduction, gainage de câbles, moulage par injection et extrusion-soufflage. Ces produits sont commercialisés par Bayer sous la marque (R) Baylon. Avec cette nouvelle installation seront réunies les conditions nécessaires pour couvrir à long terme les besoins en Baylon, produit de haute qualité bien introduit sur le marché.

Nouvelles de Badger

Création de Badger Énergie

The Badger Company, Inc. annonce la création d'une filiale à part entière, Badger Énergie. Cette filiale, dont le siège social est situé à Cambridge, dans le Massachusetts, fournit des prestations de conception, d'ingéniérie et de construction pour des projets concernant l'énergie. La fondation de cette nouvelle société illustre la participation croissante de Badger dans le développement des sources d'énergie de remplacement. Plusieurs projets se rapportant à l'énergie ont été récemment attribués à Badger Plants, Inc., autre filiale de Badger. En particulier :
- Réalisation de l'unité pilote de conversion du charbon la plus importante des États-Unis. Actuellement en cours de construction à Catlettsburg, Kentucky, dans le cadre d'un contrat avec le U.S. Department of Energy (DOE), cette installation mettra en œuvre le procédé « H-Coal[R] » de liquéfaction du charbon par hydrogénation.
- Pour DOE, l'étude de conception d'une unité de méthanol à partir de charbon à échelle industrielle, avec possibilité de production d'essence à partir du méthanol, mettant en œuvre le procédé Mobil M-Gasoline.
- Une étude de conception pour la Tennessee Valley Authority (TVA), de la production d'ammoniac à partir de charbon, basée sur le procédé Texaco de gazéification du charbon.
- Conception d'un circuit à sels fondus dans le cadre d'un contrat avec Martin Marietta pour l'utilisation de l'énergie solaire.

Badger, membre du groupe Raytheon, est une société internationale d'ingéniérie se chargeant de la conception, de l'engineering et de la réalisation d'usines pour les industries chimiques, pétrochimiques, de production d'engrais et de l'énergie.

Création de Badger-Asie

Badger annonce la création d'une nouvelle filiale à part entière, située également à Cambridge.
Badger-Asie dirigera les activités du groupe dans les régions du Pacifique Asiatique. Actuellement, Badger a des bureaux à Tokyo, Taipei et Djakarta.
Badger, membre du groupe Raytheon, est une société internationale d'ingéniérie se chargeant de la conception, de l'engineering et de la réalisation d'usines pour les industries chimiques, pétrochimiques, de production d'engrais et de l'énergie.

Réalisations de Badger

- Badger B.V., société du groupe Raytheon, annonce que l'unité d'acrylonitrile dont « Indian Petrochemicals Corporation Ltd. » (IPCL) leur a confié la construction près de Baroda, dans l'état de Gujarat, est près d'être achevée. Cette installation sera la première unité de production d'acrylonitrile construite en Inde.

Badger assume la responsabilité des études de base de même que des services conseils en Inde pendant les études d'exécution et la construction de l'installation par les entreprises indiennes. Badger fournit également les services d'approvisionnement en matériels et services achetés hors de l'Inde.
L'unité dont la capacité nominale de production est de 24 000 tonnes/an d'acrylonitrile fabriquera également de l'acétonitrile purifié et de l'acide cyanhydrique. Ces deux produits seront fabriqués pour la première fois à l'échelle industrielle en Inde.
La nouvelle installation utilise le procédé Sohio et fournira la matière première nécessaire à la première usine de fabrication de fibre acrylique en Inde. L'acide cyanhydrique alimentera la première unité indienne de production de cyanures et de méthacrylate de méthyle.
Indian Petrochemicals Corporation Ltd. est une société à part entière du Gouvernement indien.

• L'American Hoechst Corporation a attribué à Badger America Inc. le contrat de réalisation d'une usine d'éthylbenzène/styrène située à Pasadena, Texas, sur un site neuf. Badger sera responsable des études de conception, de l'ingéniérie et des approvisionnements de l'unité de production et des installations générales. L'achèvement de l'usine est prévu en 1980.
D'une capacité de production de 400 000 tonnes par an, cette usine mettra en œuvre le procédé d'éthylbenzène Mobil/Badger et le procédé de styrène Union Carbide/Cosden/Badger. Cette technologie de production du styrène a maintenant été adoptée dans plus de vingt usines dans le monde entier.

• Un contrat concernant les services d'ingéniérie et d'achats pour la réalisation d'une unité de 115 000 t/a de polychlorure de vinyle a été signé entre Badger Limited et la Division Plastiques d'ICI. Cette unité sera implantée dans le complexe chimique d'ICI à Wilhelmshaven (R.F.A.). Badger avait été chargé auparavant d'une étude de conception de l'installation, qui mettra en œuvre la technologie d'ICI.

Un procédé australien de stockage des déchets radioactifs

Une équipe de chercheurs du laboratoire de géologie expérimentale de l'Université Nationale d'Australie dirigée par le Professeur Ted Ringwood vient de mettre au point un procédé de stockage des déchets radioactifs. Ce procédé comporte la fabrication d'une roche synthétique (appelée « synroc ») à partir de minerais synthétiques : petrovskite, hollandite de potassium, feldspath de baryum et zircone — où l'on incorpore les éléments contenus dans les déchets radioactifs.
C'est durant la fusion des minerais synthétiques que, à une température d'environ 1 300 degrés centigrades, les calcines de déchets radioactifs sont intégrés au mélange. Le synroc est ensuite refroidi à quelques 1 100 degrés, température à laquelle le mélange se cristallise généralement complètement.
Les blocs de synroc sont alors encapsulés dans un conteneur en alliage de fer et de nickel avant d'être enterrés dans des puits de mines à une profondeur de 3 000 mètres, dans des terrains géologiquement stables, comme le granite.
Le Pr. Ringwood estime que de tels déchets ne seront affectés ni par des températures ambiantes courantes ni par le ruissellement des eaux. Il estime également qu'ils ne se répandront ni dans la terre ni dans l'air au cours de la période requise pour leur destruction, soit 20 à 200 millions d'années. Il ajoute enfin que les garanties de stabilité de ce procédé sont supérieures à celles données par les techniques actuellement utilisées, y compris celle consistant à déposer les déchets dans les couches salines après vitrification.

Stauffer : nouveau centre pour la protection de l'environnement

La société Stauffer Chemical a annoncé qu'elle investit plusieurs millions de dollars dans la construction d'un nouveau centre pour la protection de l'environnement. Ce centre sera voisin du centre pour la santé de l'Université du Connecticut, aux États-Unis. Il s'étendra sur plus de 5 000 m^2 et emploiera 75 personnes, y compris 25 scientifiques confirmés.
Ce centre aidera à réaliser le programme d'études toxicologiques consacrées aux produits de la Société Stauffer, dans ses propres laboratoires chimiques ainsi que dans de nombreux laboratoires indépendants du monde entier. L'objectif est de poursuivre et d'intensifier les efforts développés par Stauffer pour protéger le public, l'environnement et le personnel de Stauffer, partout où ses produits sont utilisés.
Une gamme complète d'études écologiques et biomédicales seront entreprises.
Le travail comprendra des tests sur les effets à court et à moyen terme, chroniques et susceptibles de se répéter, aussi bien que des études biochimiques, microbiennes et métaboliques.
L'activité de ce nouveau Centre profitera ainsi à tous les clients de la Division européenne de la société Stauffer.

L'E.C.E.T.O.C

P. L. Turner a été nommé Secrétaire général du Centre d'Écologie et de Toxicologie de l'Industrie Chimique Européenne (E.C.E.T.O.C). Il a pris ses fonctions le 1er août 1978.
E.C.E.T.O.C a été créé en mars 1978 par une quarantaine de centres de recherche de sociétés de produits chimiques de l'Europe de l'Ouest afin d'étudier et d'améliorer la connaissance des effets toxicologiques et écologiques des produits chimiques.
E.C.E.T.O.C., 250, Avenue Louise, Boîte 71, B 1050 Bruxelles (Belgique).

Nouvelles des Communautés européennes

Groupes d'études sur le comportement du tritium dans l'environnement et sa radiotoxicité

Des questions liées à la présence du tritium produit par des réacteurs nucléaires ont été abordées par la Commission des Communautés européennes lors de deux réunions de groupes d'étude :
Le comportement du tritium dans l'environnement et son transfert dans la biosphère a été discuté à Harwell (R.U.), les 29 et 30 novembre 1977, et
les études biophysiques et biochimiques de la toxicité du tritium, à Bruxelles, le 15 décembre 1977.
52 experts et contractants du programme Radioprotection de la Commission ont décelé une série de problèmes demandant des études approfondies dans un proche avenir : par exemple :
• l'incorporation organique du tritium rejeté dans les effluents nucléaires avant la dilution dans les eaux naturelles ;
• le devenir des composés tritiés après leur fabrication et leur utilisation dans les laboratoires de recherche et les installations hospitalières ;
• les risques liés aux grandes quantités de tritium qui pourraient être mises en œuvre lors du fonctionnement des futures centrales thermonucléaires à fusion ;
• le métabolisme et les réactions non métaboliques du tritium dans les organismes divers ;
• les effets à long terme du tritium incorporé à des endroits spécifiques de la molécule de l'ADN ;
• le caractère mutagène du tritium. Toutes les données tant expérimentales que théoriques permettent de conclure que, même en cas d'accident grave dans une installation nucléaire actuelle, l'irridiation des populations du fait de la libération de tritium dans l'environnement ne dépasserait pas les limites fixées par la Commission, dans les normes de base relatives à la protection sanitaire. En ce qui concerne les futurs réacteurs à fusion, la Commission des Communautés européennes évaluera les problèmes soulevés pour orienter les recherches futures.

Un Comité communautaire des pesticides

La Commission européenne vient de décider de créer un comité scientifique des pesticides au niveau de la Communauté. Les 15 hommes de science, spécialistes de la toxicologie, de la chimie, de la biologie appliquée et de l'agronomie qui le composeront, conseilleront la Commission dans l'élaboration de règles communes sur la commercialisation et l'utilisation des pesticides et leurs résidus dans les denrées alimentaires et la nourriture des animaux. Ces questions posent, en effet, des problèmes scientifiques et techniques de protection des végétaux, de la santé des hommes et des animaux, que ces experts contribueront à résoudre sur demande de la Commission.

Le caramel : danger ?

Certaines informations font état de modifications du sang que peut entraîner le colorant caramel, que l'on utilise principalement dans les boissons alcoolisées, les boissons rafraîchissantes sans alcool, la confiserie, les sauces et les produits alimentaires courants. La Commission indique que les inquiétudes ne concernent que certaines préparations de caramel. Le comité scientifique communautaire de l'alimentation humaine réexamine actuellement, à la demande de la Commission, tous les types de préparation de caramel, de façon à pouvoir donner son avis avant la révision des colorants qui aura lieu

au niveau communautaire à la fin de 1978. Bien entendu, la Commision prendra toutes les mesures nécessaires si l'avis du comité scientifique de l'alimentation humaine met en lumière le moindre danger pour la santé des consommateurs.

Lutte contre la pollution en sidérurgie

La Commission européenne a octroyé une aide de 1 946 100 UCE (1 UCE = environ 1,2 dollar) à onze projets de recherche sur la lutte contre la pollution en sidérurgie. Ces projets concernent l'épuration et le contrôle des eaux résiduaires, l'utilisation et le stockage des déchets, la réduction, le captage et la précipitation de polluants atmosphériques et la mesure du bruit.
Les plus grosses aides vont à deux projets : le premier concerne la réduction de polluants provenant des fours à coke (579 000 UCE), le second vise un procédé de traitement de sous-produits de l'industrie sidérurgique (360 000 UCE).

Recherche sur l'environnement

La Commission européenne vient de proposer aux ministres des Neuf un programme révisé de recherche sur la protection de l'homme et de l'environnement contre la pollution et certains agents nocifs. Elle demande que la Communauté consacre 20,8 millions d'unités de compte européenne (1 UCE = environ 1,2 dollar) à ce nouveau programme qui portera sur cinq ans, soit 4,8 millions d'UCE de plus que ce qui était prévu dans le programme adopté en 1976.
Les recherches se répartiront en quatre grands volets :
- effets de la pollution et autres agents nocifs (métaux lourds, produits chimiques, organiques, pétrole, chauffage, bruit) sur la santé et sur l'environnement ;
- gestion de l'information sur l'environnement et notamment sur les effets des produits chimiques ;
- réduction de la pollution ;
- protection et amélioration de l'environnement naturel.

Seront notamment étudiés : les effets écologiques de la pollution par les hydrocarbures ; les techniques de nettoyage à la suite d'accidents provoqués par des superpétroliers (exemple du récent naufrage de l'Amoco-Cadiz) ; les effets sur la santé et l'environnement des produits chimiques mis sur le marché ; les dangers de l'exposition du corps humain à l'amiante ; les effets des halocarbures utilisés pour les vaporisateurs à aérosols sur la couche d'ozone, etc.

La communauté contre le cancer

La lutte contre le cancer n'est pas uniquement affaire de traitements médicaux. C'est dans un environnement de vie et de travail pollué qu'il faut rechercher bien des facteurs cancérigènes. Pour prévenir et combattre les cancers dus à l'influence du milieu, la Communauté européenne a déjà pris certaines mesures :
- dans les directives sur la protection de l'environnement, figurent des dispositions qui limitent ou interdisent la présence de certains facteurs cancérigènes (arsenic, cadmium, hydrocarbures, etc.) ;
- le programme d'action de la Communauté en matière de santé et de sécurité sur les lieux de travail, qui a été soumis au Conseil des Neuf, devrait, soit fixer des niveaux les plus bas possibles, soit, si nécessaire, interdire un certain nombre d'agents cancérigènes polluant les lieux de travail et, du même coup, l'environnement. D'autre part, le Conseil des Neuf discute des projets de directives relatives aux pesticides ou encore à la protection sanitaire des travailleurs exposés au chlorure de vinyle monomère ;
- la Commission européenne entend soumettre prochainement au Conseil des Neuf un programme d'action sur l'asbeste (ou amiante). La mise en application de ce programme, comme du programme de santé sur les lieux de travail, dépendra de la diligence que mettra le Conseil de ministres des Neuf à statuer à leur sujet.

Trop de plomb dans le vin ?

« Selon des enquêtes effectuées, entre autres, en France, au Danemark et en Norvège, l'utilisation de capsules de plomb pour coiffer les bouteilles de vin risque grandement de conférer au vin une teneur en plomb supérieure à la dose admissible pour la santé humaine. Le danger apparaît lorsque, traversant le bouchon, et entrant en contact avec la capsule de plomb, l'acide du fruit engendre de l'acétate de plomb, substance toxique ».
En décrivant ce risque que courent les amateurs de vin, M. Andersen, membre du Parlement européen, demande à la Commission européenne si elle a l'intention de prendre des mesures pour prévenir ce danger.
L'utilisation de capsules de plomb pour coiffer des bouteilles de vin, répond la Commission, peut conduire, dans certains cas, et après une période de plusieurs années, à une augmentation de la teneur en plomb des vins. Toutefois, en l'état actuel des connaissances, la Commission ne saurait affirmer si cette augmentation est susceptible ou non de constituer un risque pour la santé.
La Commission et les Neuf effectuent actuellement, dans le cadre de la directive sur la surveillance du risque saturnin (c'est-à-dire des dangers du plomb), une surveillance particulière des populations qui consomment des quantités significatives de vin.
D'autre part, la Commission européenne s'emploie à harmoniser les législations concernant les matériaux entrant en contact avec les denrées alimentaires. Les directives découlant de cette harmonisation visent à protéger la santé du consommateur.

La page du C.N.R.S.

Mr Edgar Lederer, Directeur de l'Institut de chimie des substances naturelles du CNRS, a pris sa retraite le 1er octobre dernier.

Docteur en philosophie de l'université de Vienne (Autriche) et docteur ès sciences physiques de l'université de Paris, M. Lederer séjourna deux ans au Kaiser Wilhem Institut für Medizinische Forschung à Heidelberg. Sous la direction de M. Richard Kühn, il entreprit un travail post-doctoral montrant l'importance des applications préparatives de l'analyse chromatographique de Tswett. Laboratoire de zoologie de l'École Normale travailla à l'Hôpital Necker puis à l'Institut de biologie physico-chimique, il fut nommé directeur du Laboratoire de synthèse de l'Institut des vitamines de Leningrad ; c'est au cours de ce séjour qu'il découvrit la vitamine A_2.

De retour à Paris en 1938, il fut nommé attaché de recherches au C.N.R.S. et entra au Laboratoire de zoologie de l'École Normale Supérieure puis, après l'armistice, il poursuivit sa carrière au Laboratoire de chimie biologique de la Faculté des sciences de Lyon. Il commença alors des recherches sur les constituants odorants des sécrétions animales, puis des substances odorantes d'origine végétale, recherches qui ont permis la réalisation de préparations commercialisées d'ambre gris, de jasmin...

A l'Institut de biologie physico-chimique de Paris, où il s'installa en 1947, M. Lederer entreprit des travaux sur les mycobactéries, substances très peu étudiées à l'époque. Ces recherches ont conduit à des résultats d'une très grande importance, en particulier en médecine, puisqu'elles ont notamment abouti à l'isolement de nouveaux immunostimulants, utilisables dans la prévention des infections bactériennes. Plus récemment, l'étude des parois des mycobactéries a conduit M. Lederer à isoler de nouveaux adjuvants hydrosolubles.

On doit également à M. Lederer de nombreux résultats dans des domaines variés de la chimie des substances naturelles : élucidation de problèmes divers de biosynthèses, synthèses d'inhibiteurs des transméthylations susceptibles de donner lieu à des applications cliniques, études de peptidolipides bactériens, mise au point de nouvelles techniques de perméthylation des peptides, etc.

Nommé, en 1960, Directeur de l'Institut de chimie des substances naturelles de Gif-sur-Yvette où il anima plus spécialement la section de chimie des substances naturelles, il poursuivit parallèlement son activité de professeur à la faculté des sciences d'Orsay.

L'œuvre de M. Lederer dans le cadre de la détermination de structures de produits naturels témoigne d'une rare continuité. Les techniques d'analyse qu'il a mises au point et perfectionnées constituent une contribution importante au développement de la biochimie.

Titulaire de la médaille d'or du C.N.R.S. en 1974, M. Lederer a une notoriété qui dépasse largement le cadre des milieux sientifiques français. Membres de plusieurs sociétés académiques françaises et étrangères, il est lauréat de l'Académie des sciences et de l'American Chemical Society. Outre de très nombreuses autres distinctions, il est docteur honoris causa de l'Université d'Aberdeen, et Fellow de la New-York Academy of science. M. Lederer est également chevalier de la Légion d'honneur et officier de l'Ordre National du Mérite.

Mr André Michel, Directeur du Centre d'Études de Chimie Métallurgique du C.N.R.S. depuis 1962, a pris sa retraite le 1er octobre 1978.

Ingénieur chimiste de l'École Nationale Supérieure de Chimie de Lille, M. Michel entra au Laboratoire du Professeur Chaudron à Lille où lui fut confié le montage et la mise au point d'une installation de diffraction X, qui était alors la première installation de ce type dans la région du Nord. Il s'orienta en même temps vers l'application de cette technique à la connaissance des relations entre les propriétés des « ferromagnétiques » et leur structure. Ces études ont été présentées dans une thèse soutenue à Paris en 1937.

Après une période de captivité pendant la guerre, M. Michel revient à Lille où il se donna pour tâche de développer l'analyse thermogravimétrique. Il engagea des recherches dans deux directions : oxydes de fer et leurs dérivés ; caractéristiques du nickel hexagonal. En 1959, il s'installa à Vitry au C.E.C.M. où il dirigea trois groupes de recherches : le « Groupe des oxydes », le « Groupe des semi-métalliques » et le « Groupe solutions solides métalliques de substitution - phases semi et intermétalliques ».

En 1962, M. Michel fut nommé Directeur du C.E.C.M., en remplacement du Professeur Chaudron. Il s'attacha à développer les recherches sur les métaux purs et leurs propriétés et sur les alliages à base de métaux de haute pureté. Il a également maintenu et développé le potentiel « chercheur » du Centre qui comprend actuellement 7 groupes de recherches.
Parallèlement à sa carrière de chercheur, M. Michel a rempli des fonctions d'enseignement, d'abord à Lille puis aux Facultés des sciences de Paris et d'Orsay où il est actuellement professeur titulaire de la chaire de chimie minérale.

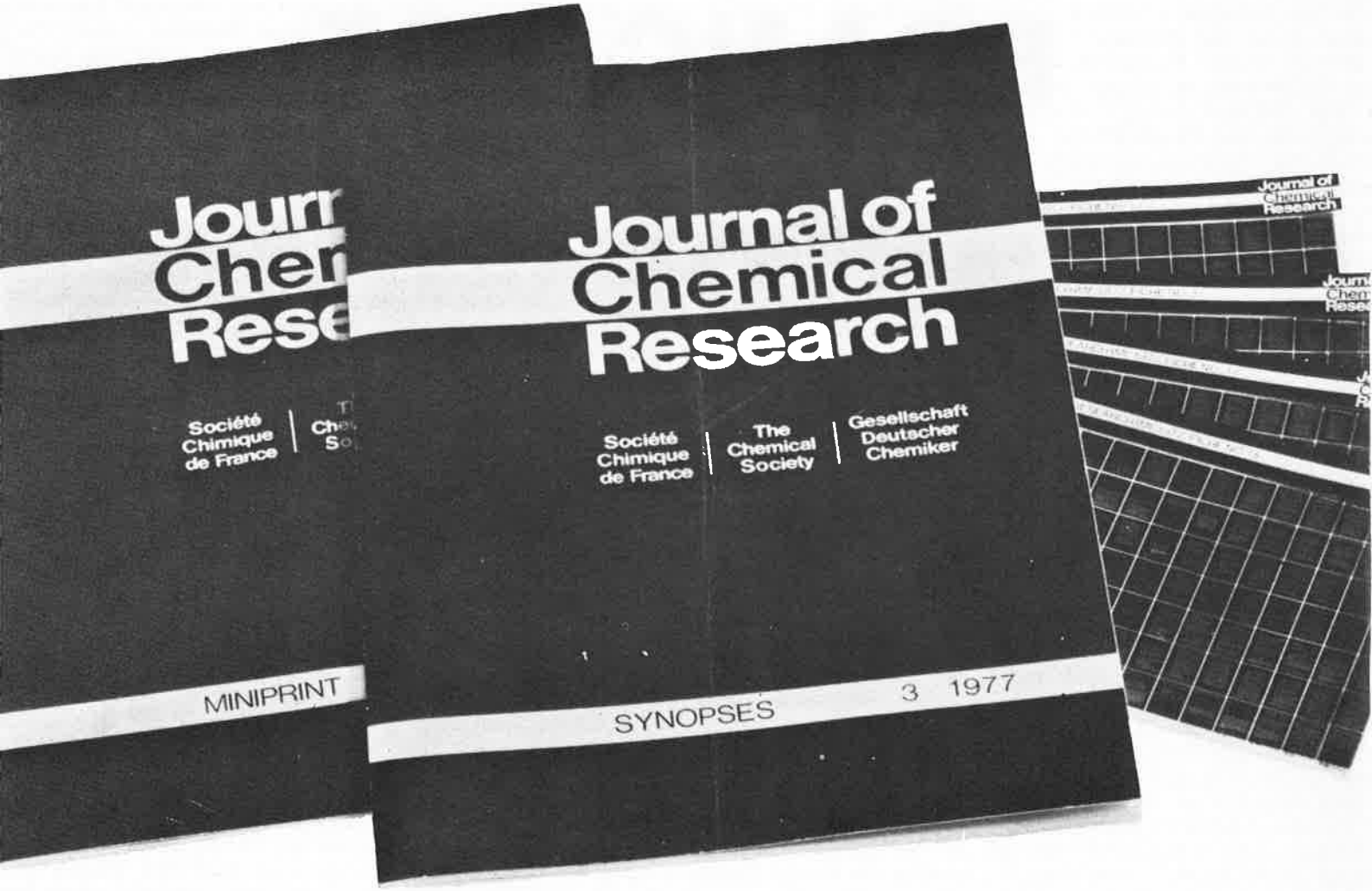
Membre de plusieurs sociétés savantes, Président de la Société Chimique de France (1973-1974) et Rédacteur en chef depuis 1966 des *Annales de Chimie*, M. Michel a reçu de nombreuses distinctions militaires et civiles parmi lesquelles se trouvent la médaille Schutzenberger, le prix Lacaze, la médaille Berthelot de l'Académie des Sciences et la médaille de l'enseignement technique. Il est également Officier des Palmes académiques et officier de l'Ordre National du Mérite.

FÉDÉRATION FRANÇAISE DE CHIMIE

Société Chimique de France Société Chimique de France Société Chimique de France Société Chimique de France Société Chim
ion des Industries Chimiques Union des Industries Chimiques Union des Industries Chimiques Union des Industries Chimiques
ciété de Chimie Physique Société de Chimie Physique Société de Chimie Physique Société de Chimie Physique Société de C
ciété de Chimie Biologique Société de Chimie Biologique Société de Chimie Biologique Société de Chimie Biologique Société
ciété Française de Chimie Thérapeutique Société Française de Chimie Thérapeutique Société Française de Chimie Thérapeutiq
A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M
ciété Française de Métallurgie Société Française de Métallurgie Société Française de Métallurgie Société Française de Métallur
ciété des Hautes Températures et des Réfractaires Société des Hautes Températures et des Réfractaires Société des Hautes Te
ciété de Chimie Industrielle Société de Chimie Industrielle Société de Chimie Industrielle Société de Chimie Industrielle Société
ciété Chimique de France Société Chimique de France Société Chimique de France Société Chimique de France Société Chim
ion des Industries Chimiques Union des Industries Chimiques Union des Industries Chimiques Union des Industries Chimiques
ciété de Chimie Physique Société de Chimie Physique Société de Chimie Physique Société de Chimie Physique Société de C
ciété de Chimie Biologique Société de Chimie Biologique Société de Chimie Biologique Société de Chimie Biologique Société
ciété Française de Chimie Thérapeutique Société Française de Chimie Thérapeutique Société Française de Chimie Thérapeutiq
A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M
ciété Française de Métallurgie Société Française de Métallurgie Société Française de Métallurgie Société Française de Métallur
ciété des Hautes Températures et des Réfractaires Société des Hautes Températures et des Réfractaires Société des Hautes Te
ciété de Chimie Industrielle Société de Chimie Industrielle Société de Chimie Industrielle Société de Chimie Industrielle Société
ciété Chimique de France Société Chimique de France Société Chimique de France Société Chimique de France Société Chim
ion des Industries Chimiques Union des Industries Chimiques Union des Industries Chimiques Union des Industries Chimiques
ciété de Chimie Physique Société de Chimie Physique Société de Chimie Physique Société de Chimie Physique Société de C
ciété de Chimie Biologique Société de Chimie Biologique Société de Chimie Biologique Société de Chimie Biologique Société
ciété Française de Chimie Thérapeutique Société Française de Chimie Thérapeutique Société Française de Chimie Thérapeutiq
A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M
ciété Française de Métallurgie Société Française de Métallurgie Société Française de Métallurgie Société Française de Métallur
ciété des Hautes Températures et des Réfractaires Société des Hautes Températures et des Réfractaires Société des Hautes Te
ciété de Chimie Industrielle Société de Chimie Industrielle Société de Chimie Industrielle Société de Chimie Industrielle Société
ciété Chimique de France Société Chimique de France Société Chimique de France Société Chimique de France Société Chim
ion des Industries Chimiques Union des Industries Chimiques Union des Industries Chimiques Union des Industries Chimiques
ciété de Chimie Physique Société de Chimie Physique Société de Chimie Physique Société de Chimie Physique Société de C
ciété de Chimie Biologique Société de Chimie Biologique Société de Chimie Biologique Société de Chimie Biologique Société
ciété Française de Chimie Thérapeutique Société Française de Chimie Thérapeutique Société Française de Chimie Thérapeutiq
A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M
ciété Française de Métallurgie Société Française de Métallurgie Société Française de Métallurgie Société Française de Métallur
ciété des Hautes Températures et des Réfractaires Société des Hautes Températures et des Réfractaires Société des Hautes Te
ciété de Chimie Industrielle Société de Chimie Industrielle Société de Chimie Industrielle Société de Chimie Industrielle Société
ciété Chimique de France Société Chimique de France Société Chimique de France Société Chimique de France Société Chim
ion des Industries Chimiques Union des Industries Chimiques Union des Industries Chimiques Union des Industries Chimiques
ciété de Chimie Physique Société de Chimie Physique Société de Chimie Physique Société de Chimie Physique Société de C
ciété de Chimie Biologique Société de Chimie Biologique Société de Chimie Biologique Société de Chimie Biologique Société
ciété Française de Chimie Thérapeutique Société Française de Chimie Thérapeutique Société Française de Chimie Thérapeutiq
A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M
ciété Française de Métallurgie Société Française de Métallurgie Société Française de Métallurgie Société Française de Métallur
ciété des Hautes Températures et des Réfractaires Société des Hautes Températures et des Réfractaires Société des Hautes Te
ciété de Chimie Industrielle Société de Chimie Industrielle Société de Chimie Industrielle Société de Chimie Industrielle Société
ciété Chimique de France Société Chimique de France Société Chimique de France Société Chimique de France Société Chim
ion des Industries Chimiques Union des Industries Chimiques Union des Industries Chimiques Union des Industries Chimiques
ciété de Chimie Physique Société de Chimie Physique Société de Chimie Physique Société de Chimie Physique Société de C
ciété de Chimie Biologique Société de Chimie Biologique Société de Chimie Biologique Société de Chimie Biologique Société
ciété Française de Chimie Thérapeutique Société Française de Chimie Thérapeutique Société Française de Chimie Thérapeutiq
A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M
ciété Française de Métallurgie Société Française de Métallurgie Société Française de Métallurgie Société Française de Métallur
ciété des Hautes Températures et des Réfractaires Société des Hautes Températures et des Réfractaires Société des Hautes Te
ciété de Chimie Industrielle Société de Chimie Industrielle Société de Chimie Industrielle Société de Chimie Industrielle Société
ciété Chimique de France Société Chimique de France Société Chimique de France Société Chimique de France Société Chim
ion des Industries Chimiques Union des Industries Chimiques Union des Industries Chimiques Union des Industries Chimiques
ciété de Chimie Physique Société de Chimie Physique Société de Chimie Physique Société de Chimie Physique Société de C
ciété de Chimie Biologique Société de Chimie Biologique Société de Chimie Biologique Société de Chimie Biologique Société
ciété Française de Chimie Thérapeutique Société Française de Chimie Thérapeutique Société Française de Chimie Thérapeutiq
A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M
ciété Française de Métallurgie Société Française de Métallurgie Société Française de Métallurgie Société Française de Métallur
ciété des Hautes Températures et des Réfractaires Société des Hautes Températures et des Réfractaires Société des Hautes Te
ciété de Chimie Industrielle Société de Chimie Industrielle Société de Chimie Industrielle Société de Chimie Industrielle Société
ciété Chimique de France Société Chimique de France Société Chimique de France Société Chimique de France Société Chim
ion des Industries Chimiques Union des Industries Chimiques Union des Industries Chimiques Union des Industries Chimiques
ciété de Chimie Physique Société de Chimie Physique Société de Chimie Physique Société de Chimie Physique Société de C
ciété de Chimie Biologique Société de Chimie Biologique Société de Chimie Biologique Société de Chimie Biologique Société
ciété Française de Chimie Thérapeutique Société Française de Chimie Thérapeutique Société Française de Chimie Thérapeutiq
A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M
ciété Française de Métallurgie Société Française de Métallurgie Société Française de Métallurgie Société Française de Métallur
ciété des Hautes Températures et des Réfractaires Société des Hautes Températures et des Réfractaires Société des Hautes Te
ciété de Chimie Industrielle Société de Chimie Industrielle Société de Chimie Industrielle Société de Chimie Industrielle Société
ciété Chimique de France Société Chimique de France Société Chimique de France Société Chimique de France Société Chim
ion des Industries Chimiques Union des Industries Chimiques Union des Industries Chimiques Union des Industries Chimiques
ciété de Chimie Physique Société de Chimie Physique Société de Chimie Physique Société de Chimie Physique Société de C
ciété de Chimie Biologique Société de Chimie Biologique Société de Chimie Biologique Société de Chimie Biologique Société
ciété Française de Chimie Thérapeutique Société Française de Chimie Thérapeutique Société Française de Chimie Thérapeutiq
A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M
ciété Française de Métallurgie Société Française de Métallurgie Société Française de Métallurgie Société Française de Métallur
ciété des Hautes Températures et des Réfractaires Société des Hautes Températures et des Réfractaires Société des Hautes Te
ciété de Chimie Industrielle Société de Chimie Industrielle Société de Chimie Industrielle Société de Chimie Industrielle Société
ciété Chimique de France Société Chimique de France Société Chimique de France Société Chimique de France Société Chim
ion des Industries Chimiques Union des Industries Chimiques Union des Industries Chimiques Union des Industries Chimiques
ciété de Chimie Physique Société de Chimie Physique Société de Chimie Physique Société de Chimie Physique Société de C
ciété de Chimie Biologique Société de Chimie Biologique Société de Chimie Biologique Société de Chimie Biologique Société
ciété Française de Chimie Thérapeutique Société Française de Chimie Thérapeutique Société Française de Chimie Thérapeutiq
A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M
ciété Française de Métallurgie Société Française de Métallurgie Société Française de Métallurgie Société Française de Métallur
ciété des Hautes Températures et des Réfractaires Société des Hautes Températures et des Réfractaires Société des Hautes Te
ciété de Chimie Industrielle Société de Chimie Industrielle Société de Chimie Industrielle Société de Chimie Industrielle Société
ciété Chimique de France Société Chimique de France Société Chimique de France Société Chimique de France Société Chim
ion des Industries Chimiques Union des Industries Chimiques Union des Industries Chimiques Union des Industries Chimiques
ciété de Chimie Physique Société de Chimie Physique Société de Chimie Physique Société de Chimie Physique Société de C
ciété de Chimie Biologique Société de Chimie Biologique Société de Chimie Biologique Société de Chimie Biologique Société
ciété Française de Chimie Thérapeutique Société Française de Chimie Thérapeutique Société Française de Chimie Thérapeutiq
A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M
ciété Française de Métallurgie Société Française de Métallurgie Société Française de Métallurgie Société Française de Métallur
ciété des Hautes Températures et des Réfractaires Société des Hautes Températures et des Réfractaires Société des Hautes Te
ciété de Chimie Industrielle Société de Chimie Industrielle Société de Chimie Industrielle Société de Chimie Industrielle Société
ciété Chimique de France Société Chimique de France Société Chimique de France Société Chimique de France Société Chim
ion des Industries Chimiques Union des Industries Chimiques Union des Industries Chimiques Union des Industries Chimiques
ciété de Chimie Physique Société de Chimie Physique Société de Chimie Physique Société de Chimie Physique Société de C
ciété de Chimie Biologique Société de Chimie Biologique Société de Chimie Biologique Société de Chimie Biologique Société
ciété Française de Chimie Thérapeutique Société Française de Chimie Thérapeutique Société Française de Chimie Thérapeutiq
A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M.S. G.A.M
ciété Française de Métallurgie Société Française de Métallurgie Société Française de Métallurgie Société Française de Métallur

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. : 033.20.78 - 325.20.78

Note de conjoncture sur l'évolution de l'industrie chimique au cours du premier semestre 1978

Pour la troisième année consécutive l'évolution de la production, au cours du premier semestre 1978, a suivi la même courbe, mais avec un taux d'accroissement nettement plus faible que précédemment : mouvement de reprise au premier trimestre, rechute en avril et mai, légère reprise en juin. L'ensemble du semestre se situe 2,3 % seulement au-dessus de la moyenne du premier semestre 1977.

L'évolution du commerce extérieur a été plus favorable que celle de la production : les exportations ont augmenté en valeur de 12,5 % et les importations de 11,2 %, celles-ci ayant été couvertes à 120,7 % (FOB/CAF), contre 119,2 % l'année précédente.

Les prix de gros, sous réserve de la mauvaise représentativité de l'indice, due à son ancienneté, accusent une augmentation moyenne de 3,6 %, taux probablement supérieur à la réalité, en raison de la concurrence internationale grandissante.

Enfin, en ce qui concerne les effectifs, on estime qu'ils étaient à fin juin 1978 supérieurs de 0,6 % à ceux du 1er janvier 1978.

I. Production

L'évolution de la production a été variable selon les branches, dont la plus atteinte par l'atonie générale du marché intérieur est la chimie organique, seule la pharmacie ayant accusé un accroissement satisfaisant.

En ce qui concerne les produits minéraux autres que les engrais, on constate une nette diminution d'activité due soit à la concurrence (soude caustique, carbonate de soude), soit aux difficultés des grands secteurs clients (matières plastiques pour le chlore, travaux publics pour le silicate, travail des métaux pour l'oxygène), soit aux conditions climatiques et au froid printanier prolongé (soufres travaillés, diminution des besoins en verre creux pour le carbonate de soude).

Indice de production,
(Corrigé des jours ouvrables ; base 100 en 1970)

1978 Mois	Ensemble Industrie Chimique	Dont minérale	Dont organique	Dont para-chim.	Dont pharmacie	Tous Secteurs industriels
Janvier	149,3	113,3	168,7	126,6	176,5	132,0
Février	158,2	122,8	180,7	130,4	185,2	134,4
Mars	158,6	121,2	176,7	136,2	189,5	136,2
Avril	157,4	120,6	176,2	140,6	179,9	137,0
Mai	152,3	114,9	167,7	141,3	174,9	130,5
Juin	159,7	119,1	176,6	152,2	178,4	131,6
Moyenne mensuelle	155,9	118,7	174,4	137,9	180,7	133,6
% 1978/1977	+ 2,3	+ 1,4	− 0,3	+ 2,3	+ 7,8	+ 0,3

La progression de la **chimie minérale** est très modérée (+ 1,4 %) ; l'industrie des engrais dont la demande a été freinée par les mauvaises conditions climatiques du printemps n'a pas retrouvé une allure de marche normale ; on a noté un assez bon début de campagne en juin pour les engrais azotés, mais les résultats sont médiocres pour les phosphatés qui supportent, après une certaine accalmie, la concurrence d'importations à prix très bas, et mauvais pour les composés.

L'activité de la **chimie organique** n'a même pas atteint celle du premier semestre 1977 (− 0,3 %), principalement du fait de l'intense concurrence étrangère consécutive aux surcapacités, et du fléchissement de la demande de la plupart des matières plastiques.

Principales productions minérales du 1er semestre 1978

Produits	Milliers de tonnes	% 1978/1977
Acide sulfurique	2 417	+ 4,9
Engrais phosphatés (estimation, en P_2O_5)	621	+ 1,9
Ammoniac (estimation, en N)	1 060	+ 6,1
Engrais azotés (statistiques non disponibles)		
Engrais composés (estimation)	3 495	− 7,9
Soufre de Lacq	950	− 2,0
Soufres travaillés	34	− 21,0
Carbonate de soude	667	− 5,5
Chlore gazeux	652	− 0,3
Soude caustique (estimation)	695	− 1,0
Silicate de soude vitreux	62	− 11,2
Oxyde de zinc	25	+ 7,7
Oxygène (en millions de m^3)	90	− 1,1

Principales productions organiques du 1er semestre 1978

Produits	Milliers de tonnes	% 1978/1977
Méthanol	182	− 8,8
Éthylène	1 003	0
Propylène	585	+ 13,2
Butadiène	151	+ 15,3
Benzène	252	− 0,2
Acétone	63	− 2,7
Formol (estimation)	78	− 4,6
PVC	338	− 4,6
Polystyrène (standard et choc)	123	− 2,7
Polyéthylène BD	377	− 6,1
Polyéthylène HD	124	− 0,6
Polypropylène	73	+ 52,0
Caoutchoucs synthétiques	256	+ 2,8

A l'exception du propylène et du butadiène, dont l'expansion correspond à un mouvement favorable des exportations et à la consommation accrue pour la fabrication du polypropylène et du caoutchouc synthétique, les productions des principaux produits organiques sont toutes inférieures à celles du premier semestre de l'année précédente.
Le fléchissement global de la production des matières plastiques est estimé à − 0,5 %, et leur situation est particulièrement préoccupante, les deux matières qui ont bénéficié d'une forte expansion (polypropylène et polystyrène expansible) ne représentant guère plus de 6 % du tonnage total. Face à une demande contractée depuis la crise pétrolière, la surcapacité est européenne, voire mondiale ; les prix de vente se sont progressivement dégradés, au point de compromettre la rentabilité des établissements. Pour ne citer que l'exemple de l'éthylène, la consommation intérieure ne correspond qu'à 75 % de la capacité actuellement installée, en France comme dans l'ensemble des pays de la C.E.E.

En ce qui concerne les colorants, on relève une notable diminution de la production imputable à la fois à un important mouvement de déstockage, à la faiblesse de la demande intérieure et à celle des exportations sur certains marchés.
C'est dans le domaine de la chimie fine qu'ont été enregistrés les résultats les plus satisfaisants, notamment ceux des produits à usages pharmaceutique et phytopharmaceutique et des aromatiques pour parfumerie.

Dans le domaine de la **parachimie,** l'accroissement de la production a été très modéré mais un peu meilleur (+ 2,3 %), avec la pointe saisonnière habituelle de juin, qui reflète les achats de précaution préalables aux fermetures de l'époque des congés. Cette amélioration est due à la parfumerie, aux spécialités phytopharmaceutiques, aux produits photographiques. On note par contre la stagnation, ou le très faible accroissement, des produits d'entretien et des peintures ; dans cette dernière branche la médiocrité de la demande du bâtiment et des chantiers navals n'a été qu'à peine compensée par l'amélioration de celle de l'automobile et du grand public.

Enfin la branche qui a réalisé, de loin, la meilleure expansion est celle de la **pharmacie** (+ 7,8 %), dont l'activité est restée soutenue tant sur le marché intérieur qu'à l'exportation.

II. Commerce extérieur

Le bilan des échanges extérieurs du premier semestre a été, dans l'ensemble, satisfaisant. L'accroissement des exportations (+ 12,5 %) a été supérieur à celui des importations (+ 11,2 %), et la couverture FOB/CAF de 120,7 % (contre 119,2 % pour le premier semestre 1977) a assuré un solde bénéficiaire de 3,2 milliards de francs.

L'activité de la demande étrangère s'est non seulement maintenue mais progressivement améliorée ; elle a apporté un notable soutien à la production et aurait pu se traduire par des valeurs sensiblement plus élevées si l'intensité de la concurrence internationale n'avait pas contraint les exportateurs français, dans bien des cas, à consentir des prix peu rémunérateurs.

Par rapport aux résultats atteints au cours du premier semestre 1977, on relève une nette amélioration de la couverture de certains groupes de produits : les produits organiques (97,7 % contre 93,6), les engrais (38,3 % contre 31,5), les matières colorantes (103 % contre 97,8), les peintures et vernis (86,8 % contre 79,6), les huiles essentielles et la parfumerie (417 % contre 362), les caoutchoucs synthétiques (210 % contre 172). Il y a eu par contre dégradation pour les produits minéraux (136,6 % contre 141,4), la pharmacie en raison du fort accroissement des importations (746 % contre 1 061), les produits tensio-actifs (71 % contre 77,2), les matières plastiques (100,2 % contre 109,8).

Deux branches se trouvent, face à la concurrence étrangère, dans une situation particulièrement difficile : les engrais et les matières plastiques :
- l'industrie des engrais, en dépit du léger progrès accompli, se heurte à une intense concurrence étrangère, tant sur le marché intérieur que sur les marchés extérieurs, qui pèse sur les prix et qui bloque pratiquement l'expansion de l'industrie des engrais phosphatés, dont les importations (notamment en provenance des États-Unis et de l'Afrique du Nord détenteurs de phosphates) sont plus de vingt fois supérieures aux exportations, et des engrais binaires.
- l'industrie des matières plastiques subit les conséquences d'une surcapacité quasi mondiale ; les offres des producteurs étrangers sont faites à des prix très bas et l'on constate que non seulement le taux de couverture a diminué, mais qu'il est en valeur sensiblement inférieur au taux en poids. Cette diminution et cet écart sont particulièrement marqués pour le polyéthylène basse densité dont le taux de couverture est tombé de 181 à 145 % en valeur et de 201 à 165 % en poids.

L'importance et la place de certains de nos grands partenaires, ainsi que les taux de couverture se trouvent modifiés par le changement de nomenclature appliqué à partir de janvier 1978, qui a entraîné la suppression de postes importants tels que les matières

Commerce extérieur du 1er semestre 1978

1978 Mois	Exportations		Importations		Solde 1978
	millions de francs	% 1978/1977	millions de francs	% 1978/1977	millions de francs
Janvier	2 794	+ 15,7	2 523	+ 13,9	+ 271
Février	3 083	+ 9,0	2 552	+ 13,5	+ 531
Mars	3 461	+ 18,1	2 913	+ 11,0	+ 548
Avril	3 153	+ 13,5	2 518	+ 13,7	+ 635
Mai	2 965	+ 5,4	2 492	+ 8,0	+ 473
Juin	3 392	+ 12,8	2 622	+ 7,2	+ 770
Total	18 848		15 620		+ 3 228
Ajustement semestriel	+ 5		+ 2		+ 3
Total	18 853	+ 12,5	15 622	+ 11,2	+ 3 231

radio-actives et les demi-produits en matières plastiques.
Selon cette nouvelle nomenclature le taux de couverture vis-à-vis des pays de la C.E.E. s'est amélioré : il a atteint 86,3 % contre 84,1 au premier semestre 1977, les importations s'étant accrues davantage en provenance des pays hors C.E.E. :

(millions de F)	C.E.E.	Hors C.E.E.	Total
Exportations	9 652,5	9 200,4	18 852,9
Importations	11 181,1	4 440,4	15 621,5
Solde	− 1 528,6	+ 4 760	+ 3 231,4
Taux de couverture	86,3 %	207,2 %	120,7 %
Évolution 1978/1977 :			
Exportations	+ 13,7 %	+ 11,3 %	+ 12,5 %
Importations	+ 10,8 %	+ 12,2 %	+ 11,2 %

Un retard dans l'établissement des statistiques douanières ne nous a pas permis de disposer d'une ventilation précise entre les grands pays clients et fournisseurs. Selon une première estimation on peut toutefois dégager les tendances suivantes :

- Les huit plus importants clients demeurent les mêmes à l'exception des États-Unis (qui passent du 6e au 7e rang) et de l'U.R.S.S. (qui passe du 7e au 12e rang), du fait du retrait des matières radio-actives principalement. Ce sont, dans l'ordre, l'Allemagne fédérale, l'Italie, l'U.E.B.L., le Royaume-Uni, les Pays-Bas, la Suisse, les États-Unis et l'Espagne. Une évolution est à souligner : la forte augmentation de nos exportations vers le Royaume-Uni et les États-Unis, qui semble avoir dépassé respectivement 30 % et 27 %.
- Les sept plus importants fournisseurs (dont les ventes ont dépassé individuellement le milliard de F) sont, dans l'ordre, l'Allemagne fédérale, l'U.E.B.L., les Pays-Bas, les États-Unis, le Royaume-Uni, l'Italie et la Suisse. Les importations provenant d'U.R.S.S., amputées des matières radioactives, se trouvent ramenées à un montant de l'ordre de 100 millions. Trois pays ont notablement accentué leur effort de pénétration sur le marché français : le Royaume-Uni et la Suisse, en provenance desquels l'accroissement de nos importations est de l'ordre de 20 %, et l'Espagne qui, tout en accroissant ses ventes de 15 à 20 %, a diminué ses achats d'environ 12 %.

La couverture de nos importations d'Italie et du Royaume-Uni semble s'être assez fortement améliorée ; elle s'est au contraire dégradée vis-à-vis de l'U.E.B.L. et surtout de l'Espagne, et elle demeure de l'ordre de 50 % seulement en ce qui concerne les États-Unis. A l'égard de l'Allemagne Fédérale, toujours premier client et premier fournisseur, il apparaît que la position française s'est peu modifiée.

III. Prix

La liberté des prix de l'ensemble des produits chimiques est aujourd'hui une chose acquise, mais le régime de l'engagement de modération a été en vigueur pendant tout le premier semestre 1978. On sait que l'indice des prix de gros, dont l'année de base remonte à 1962 et dont les éléments sont des prix de barême plutôt que des prix réellement pratiqués, n'est plus conforme à la réalité. Il fait apparaître une hausse moyenne de 3,6 % par rapport au premier semestre 1977, certainement surévaluée. On sait, en fait, que la pression de la concurrence internationale a empêché, dans bien des cas, les producteurs français d'utiliser la marge d'augmentation autorisée et les a parfois contraints à consentir des diminutions faisant reculer leurs prix de vente en-deçà du seuil de rentabilité. C'est le cas notamment dans le domaine des matières plastiques où sévit une crise aiguë.

En l'absence d'une reprise d'activité marquée, il est à craindre que bien des produits ne puissent bénéficier de la liberté de prix retrouvée, alors que parallèlement les entreprises subissent une hausse quasi constante du coût de leurs charges, telles que les produits énergétiques, les matières premières nationales, les transports, les salaires.

G. A. M. S.*

Cycles de perfectionnement du G.A.M.S. pour techniciens

Spectrofluorimétrie

Quelques places sont encore disponibles pour le stage de spectrofluorimétrie que le G.A.M.S. organise *du 11 au 15 décembre 1978* dans les locaux du C.E.A. au Centre d'Études Nucléaires deFontenay-aux-Roses. Ce stage est destiné :

- à enseigner les bases de fluorimétrie,
- développer les connaissances de l'appareillage et méthodologie,
- présenter les applications pratiques de la méthode dans les divers domaines.

Le programme est le suivant :

- *Aspect fondamental : origine des spectres ; production des spectres ; polarisation ; effet de structure et de fluorescence*
- *Instrumentation : source d'excitation ; monochromateur ; détecteurs ; cellule de mesure ; phosphorimétrie*
- *Application en biochimie pharmacie*
- *Application dans l'industrie alimentaire*
- *Application dans la chimie minérale*
- *Application à la pollution ; chimie luminescence.*

Les cours sont dispensés par :
M. le Prof. Bourdon, Hôpital Fernand-Widal, à Paris
M. le Prof. Dreux, Laboratoire central de biochimie, Hôpital Saint-Louis, à Paris.
M. P. Hocquellet, Laboratoire municipal de Bordeaux
M. Baudin, Chef du Service d'études analytiques au C.E.A., Fontenay-aux-Roses.

Il reste également quelques places disponibles pour les cycles suivants :

- Spectrographie d'émission : 2 semaines de cours et travaux pratiques, du 16 au 27 octobre 1978
- Spectrométrie de masse : 1 semaine de cours et travaux pratiques, du 20 au 24 novembre 1978
- Spectrométrie infrarouge et autres techniques moléculaires : 2 semaines de cours et travaux pratiques, du 4 au 15 décembre 1978.

Réunion de spectroscopie atomique

Une réunion franco-italienne, organisée par le G.A.M.S. (Commission de Spectroscopie atomique et Groupe Sud-Est), le Centre d'études spectrochimiques italien et l'Association italienne de Métallurgie, se tiendra les 26 et 27 avril 1979, à San Remo (Italie). Le thème de cette réunion est le suivant : *Applications de la spectroscopie atomique à l'étude de l'environnement*

Les personnes désirant présenter une communication sont invitées à s'adresser au G.A.M.S., 88, boulevard Malesherbes, 75008 Paris. Tél. : 292.20.41 +.

Des précisions complémentaires seront données prochainement.

Congrès Mesucora 10-15 décembre 1979

Une table ronde sera organisée par le G.A.M.S. sur le thème suivant : *Développement de l'instrumentation en spectroscopie atomique (Émission. Absorption. Fluorescence).*

Le but de cette table ronde est de faire le point sur les développements récents et les perspectives d'avenir dans le domaine de l'instrumentation en spectroscopie atomique : émission, absorption et fluorescence. On considèrera successivement les développements :

- dans le domaine des sources d'excitation et d'atomisation,
- dans le domaine des monochromateurs et appareils dispersifs,
- dans le domaine des récepteurs et du traitement des mesures.

La seconde partie de la table ronde sera consacrée aux applications et aux exigences posées par les utilisateurs de la spectroscopie atomique.

Les personnes désireuses de présenter une brève communication dans l'un des domaines considérés sont invitées à soumettre un résumé suffisamment détaillé (1 à 2 pages) à l'adresse suivante : M. le Directeur du G.A.M.S., 88, boulevard Malesherbes, 75008 Paris.

* G.A.M.S., 88, Bd Malesherbes, 75008 Paris. Tél. : 292.20.41 +

Société de Chimie Biologique

Colloque sur les glycoconjugués membranaires
(Biochimie, cytochimie, biologie)

Organisé sous l'égide du Cercle Français de Biologie Cellulaire par J. Schrevel et M. Monsigny, ce colloque aura lieu les jeudi 19 et vendredi 20 avril 1979, au Domaine de Seillac, près de Blois.
Le nombre de participants est limité à 70 environ. Les frais d'inscription et de séjour s'élèvent à 500 frs. Les personnes intéressées sont priées d'adresser un résumé de leur communication au Secrétariat du Colloque sur les glycoconjugés membranaires, Centre de biophysique moléculaire, C.N.R.S., 1A, avenue de la Recherche scientifique, 45045 Orléans Cedex. Tél : (38) 63.10.04 avant le 31 décembre 1978.

Parmi les personnalités scientifiques qui ont été contactées MM. Favard, Horisberger, Hughes, Montreuil ont déjà accepté de présenter une conférence.

Les thèmes abordés au cours de ce colloque sont les suivants :

1. Biochimie

- *Structure et biosynthèse des glycoconjugés membranaires.*
- *Propriétés physicochimiques et modifications des glycoconjugés (en relation avec leur détection).*
- *Détection quantitative des glycoconjugés.*

2. Cytochimie

- *Visualisation des sites anioniques.*
- *Visualisation des groupements fonctionnels.*
- *Visualisation des glucides par les lectines, anticorps...*

3. Biologie

- A. *Localisation membranaire : membranes plasmiques, mitochondries, plastes, cytomembranes.*
- B. *Antigènes de surface.*
- C. *Lectines membranaires.*
- D. *Reconnaissance cellulaire : cellules sexuelles, embryonnaires, normales et cancéreuses.*

Chaque participant est invité à présenter sa contribution sous forme d'une ou plusieurs communications orales, au cours de tables rondes. Des communications par affiches sont également possibles.
Un passeur de diapositives 5 × 5 cm et un rétroprojecteur seront à la disposition des participants.

Organisateurs

Michel Monsigny, Professeur de biochimie, Centre de biophysique moléculaire, 45045 Orléans Cedex et Joseph Schrevel, Professeur de biologie cellulaire, Université de Poitiers, 40, avenue du Recteur Pineau, 86022 Poitiers.

Journées sur la chimie et la biochimie des glucides

Nous rappelons * que le Groupe Français des Glucides rassemblant les membres de la Société Chimique de France et les membres de la Société de Chimie Biologique (Groupe thématique : Glucides) tient sa réunion annuelle à Neuville-aux-Bois, près d'Orléans, les 18, 19 et 20 décembre 1978.

Cette réunion comprend :
- des conférences données par les personnalités scientifiques suivantes : A. Adam-Chosson (Orsay) ; J.S. Brimacombe (Dundee) ; S. David (Orsay) ; R. Gigg (Londres) ; D. Horton (Columbus) ; R.C. Hughes (Londres) ; M. Rinaudo (Grenoble) et R. Schauer (Kiel) ;
- des communications orales et par affiche ;
- ainsi que des « Tables rondes ».

Tous renseignements peuvent être obtenus au Secrétariat du G.F.G., Centre de biophysique moléculaire du C.N.R.S., 1A, avenue de la Recherche scientifique, 45045 Orléans Cedex.

* *L'actualité chimique*, 1978, n° 7 (septembre), page 86).

Société Chimique de France

93 Réunions

Division Chimie de coordination : Atelier « Métal-métal », à Strasbourg, les 16 et 17 novembre 1978.

Division Chimie analytique : Journée de la microanalyse à Lyon, le vendredi 17 novembre 1978.

Section de Montpellier : Colloque international sur les polymères à usage médical et pharmaceutique ; Montpellier 30 novembre et 1er décembre 1978.

94 Communiqués

Division Chimie analytique : Journée de chromatographie en phase gazeuse du 13 décembre 1978 à Paris. Journées d'électrochimie 1978.

94 Nécrologie

94 Plis cachetés

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.	80 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

Réunions

Division Chimie de coordination

Atelier « Métal-métal »

Une deuxième réunion de l'Atelier « Métal-métal » aura lieu à Strasbourg les 16 et 17 novembre 1978. Le programme comportera six heures de cours-conférences par le professeur B.F.G. Johnson de l'Université de Cambridge (G.B.) et des séances de tables rondes et de discussions. Les thèmes abordés seront : *La structure, la synthèse et la réactivité des clusters.*
Le programme et le lieu de la réunion seront précisés par circulaire, à une date ultérieure, à tous ceux qui désirent participer à cet atelier. Un nombre limité de places d'hébergement est disponible à des prix avantageux à proximité des lieux.

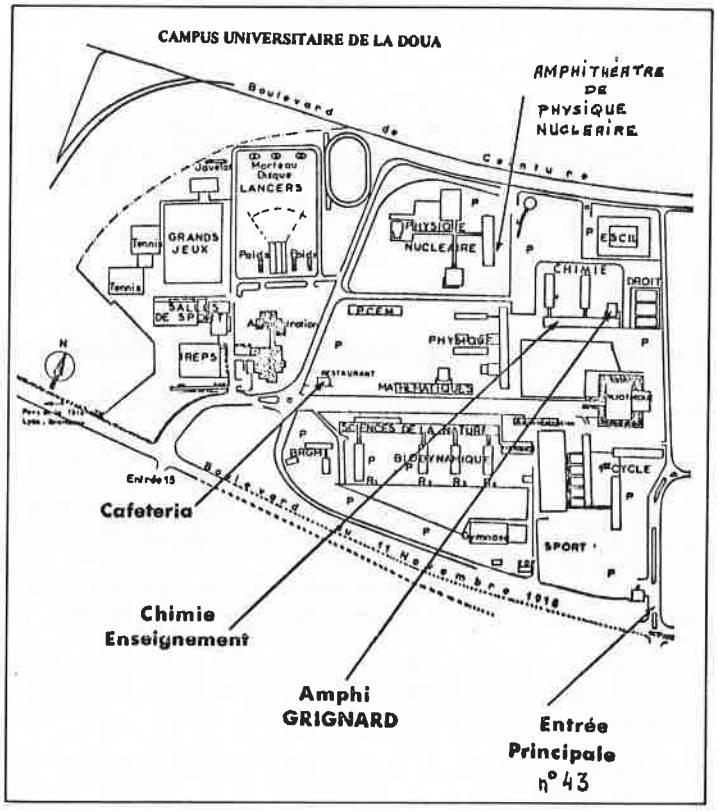
Pour tous détails se mettre en rapport avec M. P. Braunstein, Laboratoire de chimie de coordination, 4 rue Blaise-Pascal, 67008 Strasbourg Cedex, ou avec le secrétariat de la Division.

Division Chimie analytique et chimie des solutions

Journée de la microanalyse à Lyon

La Division organise le vendredi 17 novembre 1978, avec la collaboration de la Section lyonnaise de la S.C.F., de la 7e Circonscription du CNRS et de la Société Rhône-Poulenc, une Journée de la microanalyse, en hommage à MM. R. Lévy, R. Reverchon et P. Roland, à l'occasion de leur départ en retraite.

La réunion se tiendra dans l'Amphithéâtre de physique nucléaire du Campus de la Doua.



Programme

9 h, Allocution d'accueil par le Pr. J. Robin, Président de la Section lyonnaise de la S.C.F., puis ouverture de la Journée par le Pr. G. Charlot, Membre de l'Académie des sciences.

9 h 15, *Historique du Service central de microanalyse,* par R. Lévy, Directeur honoraire du SCM.
9 h 45, *Les activités futures du SCM,* par A. Lamotte, successeur de M. R. Lévy.
10 h 15, *Microanalyse multiélémentaire : application au dosage CHNS,* par le Dr. E. Pella, Institut de la Recherche Thérapeutique Carlo Erba à Milan.
11 h 15, *La microanalyse à la Société Rhône-Poulenc,* par R. Reverchon.
11 h 45, Clôture de la matinée par J.P. Billon, Président de la Division Chimie analytique de la S.C.F.

14 h, Visite des laboratoires du SCM actuellement hébergés à l'ESCIL

Pour tout renseignement complémentaire, s'adresser à Mme M. Bréant ou à M. Vittori, (78) 52.07.04, poste 36 08.

Section de Montpellier

Colloque international sur les polymères à usage médical et pharmaceutique (30 novembre et 1er décembre 1978)

Organisé par le Comité de réflexion sur les polymères à usage médical et pharmaceutique du Groupe Français des Polymères et par la Section de Montpellier de la Société Chimique de France, ce colloque se tiendra à l'hôtel Frantel, le Polygone, à Montpellier. Le bureau du Secrétariat du colloque sera ouvert, à partir de 16 heures, le 29 novembre 1978, dans le hall de l'hôtel Frantel. Une permanence d'accueil fonctionnera jusqu'à 23 heures.

Renseignements généraux

Inscription

L'inscription définitive permettant de participer au Colloque se fait en remplissant le bulletin d'inscription (placé à la fin de ce fascicule) et en l'adressant à M. Gérard Bauduin, Laboratoire de chimie appliquée de L'E.N.S.C.M., 8, rue de l'École Normale, 34075 Montpellier Cedex.
Ce bulletin doit être expédié le plus tôt possible, la date limite d'envoi étant fixée au 15 novembre 1978.

Droits d'inscription et frais de séjour

Les droits d'inscription sont fixés à 360 francs par personne pour les deux journées.
Les personnes qui le désirent pourront loger sur place à l'hôtel Frantel, aux prix de 120 francs la nuit. Les repas de midi sont pris en charge par l'organisation du Colloque.
Le règlement des sommes dues, sera effectué à l'ordre de F. Schue ou

B. Boutevin, G.F.P. Sud, CCP Montpellier 210947 L et adressé, avec le bulletin d'inscription au Secrétaire de l'organisation
Mode de calcul : Frais d'inscription ..... 360 F
.... nuit (s) à l'Hôtel × 120 F ....
Total ....

La date limite des inscriptions et réservations de chambre est le 20 novembre 1978

Communications scientifiques

Les participants au Colloque désireux de présenter une communication sur des travaux originaux, doivent adresser, avant le 10 novembre, un résumé de leur texte dactylographié en deux exemplaires au Secrétariat.
Ce résumé sera rédigé de la manière suivante :
Titre de la communication :
Auteurs :
Nom et adresse du laboratoire :
Projection (diapositives 5 × 5 ou terphanes) OUI NON

Les exposés pourront être présentés en français ou en anglais. Le temps prévu pour chacun d'eux est de 15 mn.

Correspondance

Toute correspondance sera adressée au Secrétaire du Comité d'organisation : Gérard Bauduin, Laboratoire de chimie appliquée de l'École Nationale Supérieure de Chimie de Montpellier, 8, rue de l'École Normale, 34075 Montpellier Cedex.

Programme général

Jeudi 30 novembre 1978

Polymères à usage médical

8 h 30, Exposé d'introduction par le Prof. Yves Pietrasanta

9 h, Conférence du Prof. J.L. Leray :
Introduction à la biocompatibilité ; applications des matériaux macromoléculaires

10 h 30, Communications
12 h 30, Déjeuner servi à l'Hôtel

14 h 30, Conférence du Prof. Ch. Baquey :
Hémocompatibilité des matériaux artificiels

16 h, Communications

Vendredi 1er décembre 1978

Polymères à usage pharmaceutique

8 h 30, Conférence du Prof. P. Ferruti :
Synthetic polymers of pharmacological and biomedical interest

10 h, Communications
12 h 30, Déjeuner à l'Hôtel

14 h 30, Conférence du Prof. A. Cabanne
(titre non parvenu)

18 h, Communications

Communiqués

Division Chimie analytique et chimie des solutions

Journée de chromatographie en phase gazeuse

La Division Chimie analytique de la S.C.F., la Division Informatique et instrumentation de la Société de Chimie Physique, le Groupe de chromatographie du GAMS, le Groupe de chimie analytique de la Société de Chimie Industrielle organiseront, le mercredi 13 décembre 1978, à Paris, une journée intitulée :
Perspectives en chromatographie en phase gazeuse : Analyses hautes performances, acquisition et traitement de données par ordinateur.

Une conférence plénière : *Modification chimique des surfaces et chromatographie*, sera présentée par M. le Prof. E. sz. Kovats de l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne.

Le programme détaillé de cette manifestation paraîtra dans le prochain numéro.

Journées d'électrochimie 1978

Organisées sous le patronage de la Division et de la Section Française de la Société Internationale d'Électrochimie, ces journées ont eu lieu, du 10 au 12 mai, à l'Université François-Rabelais de Tours. Une quarantaine de communications orales et une vingtaine de communications par affiches ont encadré les conférences plénières et exposés suivants :

- **Conférences plénières**

I. Epelboin (Paris) : *États stationnaires multiples et structures dissipatives en électrochimie*
Exposé de Mise au point par R. Hazard, M. Jubault, D. Peltier, E. Raoult, J. Sarrazin et A. Tallec (Rennes) : *Aspect stéréochimique de l'électroréduction de composés organiques.*
R. Parsons (Meudon) : *La structure de l'eau à l'interface électrode-solution*

- **Exposés**

N. de Tacconi, D. Lexa, J.-M. Savéant, J.-P. Soufflet et J. Zickler (Paris VII, et La Plata, Argentine) : *Électrochimie de la vitamine B12.*
D. Thévenot et R. Coulet (Créteil) : *Électrodes spécifiques à enzymes immobilisées.*
J. Auger, P. Belin, F. Gnonlonfoun (Tours) : *Aspects particuliers de l'étude des systèmes oxydo-réducteurs des disulfures organiques symétriques : intérêt biologique des résultats obtenus.*
C. Moinet (Rennes) : *Les cellules d'électrolyse à potentiel contrôlé. Application à l'étude des mécanismes de réaction et à la synthèse.*

Nécrologie

- M. René Achard, Chef de service au Centre de recherches des Carrières de Rhône-Poulenc, à Lyon, décédé en septembre 1977. Membre depuis 1951.
- M. Pierre Vieles, Professeur honoraire à l'Université des Sciences et Techniques du Languedoc ; décédé en avril 1978. Membre depuis 1931.

Plis cachetés

La S.C.F. a enregistré :
- un pli cacheté de M. J. C. Raulin, le 30 juin 1978, sous le n° 1909.
- un pli cacheté de MM. A. Gorgues et A. Le Coq, le 13 juillet 1978, sous le n° 1910.

Bulletin de la Société Chimique de France

Juillet-Août 1978

SOMMAIRE DE LA PREMIÈRE PARTIE
CHIMIE ANALYTIQUE, MINÉRALE ET PHYSICOCHIMIE

« A partir de Janvier 1978, chaque partie de cette revue est paginée séparément. »

Sur le caractère de sensibilité à la structure de la réaction d'hydrogénation catalytique du cyclopentadiène en cyclopentène en présence de catalyseurs au cuivre déposé sur l'alumine, la silice et la magnésie	M. B. TAGHAVI, G. PAJONK & S. J. TEICHNER	I-285	On the structure sensitivity character of the reaction of hydrogenation of cyclopentadiene into cyclopentene in the presence of copper supported on alumina, silica and magnesia catalysts
Transformation catalytique directe des alcanes (propane et isobutane) en nitriles au moyen du monoxyde d'azote sur des catalyseurs à base d'oxydes de nickel et de chrome déposés sur alumine	F. ZIDAN, G. PAJONK, J. E. GERMAIN & S. J. TEICHNER	I-294	Direct catalytic transformation of alcanes (propane and isobutane) into nitriles with nitric oxide in the presence of catalysts containing nickel and chromium oxides supported on alumina
Mise au point d'un dispositif de mélange rapide de réactifs à température constante	S. WECHSLER & F. VIERLING	I-299	A device for the quick preparation of reaction mixtures at constant temperature
Hydrogénation sélective en phase gazeuse de l'acétylène en éthylène en présence de catalyseurs au cuivre, déposé sur l'alumine, de magnésie et la silice	M. B. TAGHAVI, G. PAJONK & S. J. TEICHNER	I-302	Selective hydrogenation in the gas phase of acetylene into ethylene in the presence of copper supported on alumina, magnesia and silica catalysts
Activité des catalyseurs métalliques. VIII. — Étude de la réaction d'hydrogénolyse du cyclopentane sur des catalyseurs platine-alumine de dispersions variables	J. BARBIER, P. MARECOT, A. MORALES & R. MAUREL	I-309	Activity of metal catalysts. VIII. — A study of cyclopentane hydrogenolysis on platinum-alumine catalysts at various dispersions
Adsorption de l'alcool polyvinylique sur la fibre de chrysotile	J. P. PIRON, P. GODARD & J. P. MERCIER	I-311	Adsorption of polyvinyl alcohol on chrysotile fiber
Étude électrochimique de l'anhydride sulfureux liquide. I. — Détermination du domaine d'électroactivité du solvant et étude du comportement des halogènes et des halogénures d'ammonium quaternaire dans le milieu	P. CASTELLONÈSE & G. LAUNAY	I-317	Electrochemical study of liquid sulfur dioxide. I. — Determination of solvent electroactivity range and study of the behavior of halogens and quaternary ammonium halides in this medium
Variation thermique des moments électriques et isomérie de rotation. I. — Aldéhydes et cétones aromatiques	J. CURÉ, C. LIÉGEOIS & H. LUMBROSO	I-323	Rotational isomerism through dipole-moment thermal variation. I. — Aromatic aldehydes and ketones
Variation thermique des moments électriques et isomérie de rotation. II. — Éthers et aldéhydes hétérocycliques	C. LIÉGEOIS, J. M. BARKER & H. LUMBROSO	I-329	Rotational isomerism through dipole-moment thermal variation. II. — Heterocyclic ethers and aldehydes
Préparation de linolénate de méthyle en semi-continu par chromatographie de partage en phases inversées	G. MALLET & E. J. UCCIANI	I-333	Preparation of methyl linolenate by semi-continuous reversed phase partition chromatography
Hydratation du phosphate de tri-*n* butyle (TBP) dans divers diluants à 25 °C	P. BACH, B. MARIN & D. GOURISSE	I-337	Hydration of tri-*n*-butyle phosphate (TBP) in various solvents at 25 °C

SOMMAIRE DE LA DEUXIÈME PARTIE
CHIMIE MOLÉCULAIRE

« A partir de Janvier 1978, chaque partie de cette revue est paginée séparément. »

Transmission conformationnelle et stabilité de doubles liaisons. III. — Équilibre entre Δ^4 et Δ^5-méthyl-7*a* phényl-5 octahydroindanones des séries *trans* et *cis*	G. Amiard & R. Bucourt	II-343	Conformational transmission and stability of double bonds. III. — Equilibrium between Δ^4 and Δ^5 7*a*-methyl 5-phenyl octahydroindanones of the *cis* and *trans*-fused series
Transmission conformationnelle et stabilité de doubles liaisons. IV. — Équilibre entre Δ^5 et Δ^6-méthyl-8*a* phényl-6 octahydronaphtalénones des séries *trans* et *cis*	G. Amiard & R. Bucourt	II-350	Conformational transmission and stability of double bonds. IV. — Equilibrium between Δ^5 and Δ^6- 8-*a*methyl-6-phenyloctahydronaphtalenones of the *cis* and *trans*-fused series
Synthèse totale stéréospécifique de la (—) éburnamonine. Accès à un intermédiaire clé	G. Costerousse, J. Buendia, E. Toromanoff & J. Martel	II-355	Total stereospecific synthesis of (—) eburnamonine. Access to a key intermediate
Action du bis(trifluorométhyl)mercure sur les germylphosphines : insertion du difluorocarbène dans la liaison germanium-phosphore	J. Escudié, C. Couret & J. Satgé	II-361	Reaction of bis-trifluoro methyl mercury on germylphosphines : insertion of difluorocarbene in the germanium-phosphorous bond
Cycloaddition du phénylazide aux arylacétylènes : Mécanisme et orientation. Relation réactivité-sélectivité dans le domaine des cycloadditions dipolaires-1,3	E. Stephan	II-364	Cycloaddition of phenylazide to arylacetylenes : mechanism and regioselectivity. Reactivity-selectivity relationship in 1,3-dipolar cycloadditions
Addition des carbènes sur le cycloheptatriène-1,3,5	B. Decock-Le Révérend, M. Durand & R. Merenyi	II-369	Addition of carbenes to cyclohepta-1,3,5-triene
Le phényl-(diphénylthiophosphoranyl)-méthylazide. I. — Ses décompositions thermochimique et photochimique	G. Cauquis & B. Divisia	II-375	Phenyldiphenylthiophosphoranylmethylazide. I. — Thermal and Photochemical decomposition
Le phényl-(diphénylthiophosphoranyl)-méthylazide. II. — Ses réactions avec quelques composés éthyléniques	G. Cauquis & B. Divisia	II-379	Phenyldiphenylphosphoranylmethane. II. — Reaction with olefinic compounds
Ylures d'allylsulfoxonium : synthèse de monovinylcyclopropanes et de divinylcyclopropanes	D. Brule, J. C. Chalchat & R. Vessière	II-385	Sulphoxonium allyl-ylids. Synthesis of monovinyl- and divinyl cyclopropanes
Catalyse en milieu biphasique. Réduction de l'acétophénone par le borohydrure de sodium en milieu eau-dichloroéthane catalysée par des dérivés de la N-méthyléphédrine. Étude des paramètres catalytiques	J. Massé & É. Parayre	II-395	Catalysis in two-phase systems. Borohydride reduction of acetophenone in a water-dichloroethane mixture. Catalysed by N-methylephedrinium salts. Kinetics
Cycloadditions dipolaires-1,3 aux alléniques monofonctionnels. I. — Diazoalcanes	P. Battioni, L. Vo-Quang & Y. Vo-Quang	II-401	1.3-Dipolar cycloaddition to monofunctional allenes. I. — Diazoalkanes
Cycloadditions dipolaires-1,3 aux alléniques monofonctionnels. II. — Nitrilimine, nitriloxyde, azide	P. Battioni, L. Vo-Quang & Y. Vo-Quang	II-415	1.3-Dipolar cycloaddition to monofunctional allenes. II. — Nitrilimines, nitriloxides and azides
Réduction de la chalcone par les hydrures d'aluminium et de lithium modifiés	J. Durand & H. Juet	II-428	Reduction of chalcone by modified lithium aluminium hydrides

Société de Chimie Industrielle

98 **ISCRE 6, 25-27 mars 1980, Nice. Appel aux communications**

98 **Groupe de Chimie analytique :**
Journée de microanalyse du 25 mai 1978

99 **Communiqués**

99 **Fédération Européenne du Génie Chimique :**
1er Congrès méditerranéen de génie chimique, 21-24 novembre 1978, Barcelone
3e Symposium international sur la prévention des pertes et l'amélioration de la sécurité, 1980, Bâle

100 **Fédération Européenne de la Corrosion :**
Symposium international de corrosion et de protection offshore, 7-11 mai 1979, Paris
Conférence sur la protection des surfaces par des revêtements organiques, 28 mai-1er juin 1979, Budapest

• Recueils des sections et colloques,

XIe Conférence internationale des Arts Chimiques,

6-9 décembre 1977, Paris.

Section 1 à 7 : Le génie chimique et le traitement des déchets. (1 : Études générales, économie et statistiques. 2 : Traitement des déchets minéraux et miniers. 3 : Boues et déchets urbains et industriels. 4 : Déchets organiques et végétaux. 5 : Déchets d'hydrocarbures et de solvants. 6 : Traitement et récupération des déchets de plastiques. 7 : Traitement de résidus toxiques).

Prix de chaque recueil : 80 F. 7 recueils (les recueils 5 et 6 sont épuisés) .

• Recueils des communications (en anglais) des 6 sections. A. Recherche fondamentale et appliquée, B. Séparation et mélanges, C. Réacteurs et ateliers, D. Contrôle et automatisation, E. Exploitation des données techniques et aspects humains, F. Problèmes numériques et optimisation,

Congrès international sur la « Contribution des calculateurs électroniques au développement du génie chimique et de la chimie industrielle »

7 - 10 mars 1978, Paris.

Prix du recueil : 100 F.

• Recueil des conférences,

Colloque sur l'analyse des gaz en continu et progrès des capteurs,

19-21 avril 1978, St-Etienne.

Prix du recueil : 100 F. En voie d'épuisement.

• Recueils des conférences (vol. 1 : sections 1, 2 et 3; vol. 2 : sections 4 et 5),

5e Conférence européenne des plastiques et des caoutchoucs,

12 - 15 juin 1978, Paris.

Prix de chaque recueil : 150 F.

• Monographies de la Société de Chimie Industrielle,

Le noir d'acétylène. Fabrication. Propriétés. Applications, par Yvan Schwob,

Prix de la monographie : 150 F.

S'adresser à la Société de Chimie Industrielle,
28, rue Saint-Dominique,
75007 Paris.

Tél. 555.69.46

ISCRE 6

6e Symposium international sur le génie de la réaction chimique

25-27 mars 1980, Nice

Le 6e Symposium sur le génie de la réaction chimique se tiendra à Nice, du 25 au 27 mars 1980. Il fait suite au 5e Symposium qui s'était tenu à Houston (Texas) les 13-15 mars 1978.

Ce 6e Symposium, ou ISCRE 6, est organisé par la Société de Chimie Industrielle sous le patronage de la Fédération Européenne du Génie Chimique, de l'ACS (American Chemical Society), de l'AIChE (American Institute of Chemical Engineering) et de la CSChE (Canadian Society of Chemical Engineering.)

Appel aux communications

Des contributions sont sollicitées dans les domaines classiques du génie de la réaction chimique (GRC), couverts dans les symposiums précédents :

Bases fondamentales de la GRC :

cinétique et catalyse,
processus physiques dans les réacteurs, transport et transfert de matière, mélangeage, réacteurs polyphasés,
modèles de réacteurs, dynamique des réacteurs, stabilité et commande.
Toutefois, on déconseille aux auteurs de proposer des contributions où l'accent serait mis sur la modélisation mathématique sans application à des situations rencontrées en pratique. On souhaite particulièrement recevoir des communications dans les domaines suivants :

1. Applications du GRC dans la pratique des procédés de l'industrie chimique
Histoires de cas industriels. Applicabilité des concepts théoriques. Disponibilité des données. Choix des réacteurs de laboratoire. Utilité des modèles. Extrapolation. Évaluation critique des réacteurs industriels existants. Optimisation des réacteurs et des procédés de séparation qui leur sont associés.

2. Applications du GRC dans des domaines moins classiques et en dehors des procédés de l'industrie chimique. Nouveaux types de réacteurs.
Réacteurs de polymérisation. Réacteurs biochimiques. Industrie alimentaire. Traitement des déchets. Réacteurs électrochimiques. Métallurgie extractive.
Protection de l'environnement. Ecosystèmes. Science des sols. Systèmes vivants (un lac, une feuille, un organe, sont des réacteurs chimiques).

3. Le GRC et l'énergie
Réacteurs pour la production d'énergie et de matériaux énergétiques : combustion, gazéification et liquéfaction du charbon et des déchets, hydrogène.
Réacteurs utilisant de nouvelles formes d'énergie : solaire, nucléaire, énergie thermique des océans.
Energétique des réacteurs chimiques : dégradation de l'énergie, critères d'utilisation et d'efficacité.
GRC des procédés d'économie de l'énergie : réacteurs pour le stockage de l'énergie (réactions réversibles, énergie électrique et énergie solaire).

Les paragraphes 2 et 3 couvrent un domaine très large. Seules les communications impliquant spécifiquement la méthodologie du GRC seront acceptées. Les autres aspects de ces problèmes sont couverts dans des symposiums spécialisés.

Langue du symposium : anglais.

Calendrier pour les auteurs :
1er mars 1979 : date limite pour l'envoi du titre et d'un résumé (300 mots).
1er avril 1979 : sélection des communications à partir des résumés.
1er juin 1979 : date limite pour l'envoi du manuscrit complet.
1er juillet 1979 : sélection définitive des communications.
15 septembre 1979 : dernier délai pour l'envoi des manuscrits prêts à la reproduction photographique.

Renseignements généraux

Les propositions de communications et toute demande de renseignements doivent être adressées à l'un des deux co-présidents :
- Professeur Jacques Villermaux, Laboratoire des sciences du génie chimique, C.N.R.S.-ENSIC, 1, rue Grandville, 54042 Nancy.
- Docteur Pierre Trambouze, Centre d'étude et de développement industriels, Institut Français du Pétrole, B.P. n° 3, 69390 Vernaison.

Groupe de Chimie analytique

Journée de microanalyse du 25 mai 1978

La réunion annuelle de microanalyse s'est tenue le 25 mai 1978 dans la région havraise, à l'initiative de la Compagnie Française de Raffinage.
Elle a réuni 46 participants et s'est déroulée selon le programme suivant :
Automatisme et instrumentation, par R. Semet (C.N.R.S., Lyon),
Analyse automatique de carbone et hydrogène, par M. Houde (Rhône-Poulenc, Centre de Recherches des Carrières),
Nouvelle technique de dosage du carbone et hydrogène, par T. Lefrançois (Centre de recherches, Total),
Détermination du rapport C/H d'échantillons gazeux, par C. Muller (C.N.R.S., Gif/Yvette),
Dosage de traces d'azote par chimiluminescence, par D. Leborgne (Centre de recherche, Total),
Amélioration de la méthode de dosage de l'azote, par R. Beauchamp (Rhône-Poulenc, Centre de recherches de Décines),
Place des techniques de séparations dans le nouveau service de microanalyse, par J. Lamotte (C.N.R.S., Lyon),
Dosage de traces de soufre par fluorescence UV, par C. Bozier (S.N.E.A., Lacq),
Dosages de traces de soufre et de chlore avec l'analyseur coulomatic, par P. Chambrier (raffinerie, Total),
Microdosage de soufre total, par M. Paroutaud (C.N.R.S., Gif/Yvette).

Une table ronde a suivi sur le thème : « *L'automatisation des techniques d'analyses* »

Au cours de cette réunion, un hommage particulier a été rendu à Monsieur Lévy, Directeur du Service central de microanalyse et à Monsieur Reverchon, responsable du Service de microanalyse de Rhône-Poulenc à l'occasion de leur départ en retraite.

La prochaine réunion aura lieu au printemps 1979 à Toulouse. La date exacte en sera annoncée ultérieurement.

Communiqués

Recueil des communications de la Journée des aciers spéciaux dans les Arts Chimiques

Le recueil des communications (conférences, table ronde et discussions) de la Journée des aciers spéciaux dans les Arts Chimiques, organisée par la Société de Chimie Industrielle et la Chambre Syndicale des Producteurs d'Aciers Fins et Spéciaux, est maintenant disponible.

Cette Journée, qui s'est tenue à Paris le 9 décembre 1977, dans le cadre du Salon Interchimie et de la 11e Conférence internationale des Arts Chimiques, était consacrée aux « Aciers spéciaux dans les échangeurs thermiques : choix des matériaux et des techniques de mise en œuvre ».

La Chambre Syndicale des Aciers Fins et Spéciaux (12, rue de Madrid, 75008 Paris. Tél. : 522.83.00) enverra gracieusement le recueil à toute personne qui en fera la demande.

Livres reçus

Étude de l'hydrogénation du cyclohexène sur les catalyseurs d'hydrodésulfuration de la famille cobalt-molybdène supportés, par Kyung Lim Kim. (Thèse de 3e cycle, Paris VI)

Toxic organic chemicals. Destruction and waste treatment (Pollution technology review n° 40 et Chemical technology review n° 107), par E. Ellsworth Hackmann III.
317 p., Noyes Data Corporation, 1978

Amino acids technology. Recent developments (Chemical technology n° 108), par J. C. Johnson.
396 p., Noyes Data Corporation, 1978.

Coatings technology annual 1978, sous la direction de M. T. Gillies.
353 p., Noyes Data Corporation, 1978.

Cogeneration of steam and electric power (Energy technology review n° 29), sous la direction de Robert Noyes.
259 p., Noyes Data Corporation, 1978.

Highly hazardous materials spills and emergency planning, par J. E. Zajic et W. A. Himmelman.
225 p., Marcel Dekker, Inc., 1978.

GLC and HPLC determination of therapeutic agents, partie 1 (Chromatographic science series, vol. 9) sous la direction de Kiyoshi Tsuji et Walter Morozowich.
415 p., Marcel Dekker, Inc., 1978.

Vinyl chloride and PVC manufacture. Process and environmental aspects (Chemical technology review n° 110 et Pollution technology review n° 43), par Marshall Sittig.
350 p., Noyes Data Corporation, 1978.

Cosmetics, toiletries and health care products. Recent developments (Chemical technology review n° 111), par George W. Owens.
384 p., Noyes Data Corporation, 1978.

Fuel additives for internal combustion engines. Recent developments (Chemical technology review n° 112 et Energy technology n° 30), par Maurice William Ranney.
300 p., Noyes Data Corporation, 1978.

Adhesive and sealant compounds and their formulations, par Ernest W. Flick.
402 p., Noyes Data Corporation, 1978.

Les eaux usées dans les agglomérations urbaines ou rurales
1. *La collecte*, par H. Guerrée et C. Gomella.
2. *Le traitement*, par C. Gomella et H. Guerrée.
249 et 284 p., Eyrolles, 1978.

Fédération Européenne du Génie Chimique

1er Congrès méditerranéen de génie chimique

21-24 novembre 1978, Barcelone (Espagne)

Le 1er Congrès méditerranéen de génie chimique, placé sous le patronage de la Fédération Européenne du Génie Chimique (204e manifestation de la FEGCh), est organisé par la Sociedad Española de Química Industrial, et se déroulera au Palais des Congrès de Barcelone, dans les locaux où se tiendra l'Expoquimia-78. Il est organisé en collaboration avec :
l'Asociación Nacional de Ingenieros Industriales,
l'Asociación Nacional de Peritos e Ingenieros Técnicos Industriales,
l'Asociación Nacional de Química de España,
l'Asociación de Químicos del Instituto Químico de Sariá,
le Consejo Superior de Colegios de Ingenieros Industriales,
le Consejo Superior de Colegios de Químicos,
le Consejo Superior de Colegios de Peritos e Ingenieros Técnicos Industriales.

Programme scientifique

Le programme comporte des communications, des tables rondes et une séance spéciale.

Les communications sont regroupées dans sept sections :
- Génie des procédés alimentaires.
- Optimisation de l'énergie et des matières premières dans l'industrie chimique.
- Nouveaux procédés : recherche et développement.
- Génie de l'environnement.
- Industrie chimique des produits fins : procédés et contrôle des procédés.
- Complexes intégrés.
- Technologie des biens d'équipement et des moyens de transport.

Thèmes des tables rondes :
- Enseignement et recherche du génie chimique dans le Bassin méditerranéen.
- État actuel et perspectives de l'industrie chimique dans le Bassin méditerranéen.
- Transfert de la technologie en génie chimique dans le Bassin méditerranéen.
- Usage des ordinateurs dans l'industrie chimique.

Séance spéciale :
Cette séance spéciale sera consacrée à l'information et à la documentation.

Renseignements :
Secretaría del 1er Congreso Mediterráneo de Ingenieria Química, Dr. J. J. Dominguez, Secretario general, Avda. de M. Cristina-Palacio n° 1, Barcelona-4 (Espagne).

1re annonce

3e Symposium international sur la prévention des pertes et l'amélioration de la sécurité dans les industries de transformation

15-17 septembre 1980, Bâle (Suisse)

Dans le cadre des manifestations de la Fédération Européenne du Génie Chimique, la Société Suisse des Industries Chimiques organisera, à Bâle, les 15-19 septembre 1980, le 3e Symposium international sur la prévention des pertes et l'amélioration de la sécurité dans les industries de transformation. Comme pour les précédents symposiums, le programme scientifique a été confié au Groupe de travail « Prévention des pertes » de la Fédération Européenne du Génie Chimique.

Thèmes retenus :
- Les réactions emballées et les explosions.
- Propriétés des matériaux et méthodes d'essais.
- Entretien et inspection.
- Génie chimique en fonction de l'hygiène industrielle.
- Analyse des dangers et évaluation des risques.
- Enseignements et formation professionnelle.

Pour tous renseignements :
3e Symposium international sur la prévention des pertes et l'amélioration de la sécurité dans les industries de transformation de la FEGCh, B.P. 141, CH 4007 Bâle (Suisse).
Les auteurs qui désirent présenter une communication à ce symposium doivent envoyer un résumé en anglais (250 mots environ).

Fédération Européenne de la Corrosion

Symposium international de corrosion et de protection offshore

7-11 mai 1979, Paris

Dans le cadre des manifestations de la Fédération Européenne de la Corrosion, le Cefracor (Centre Français de la Corrosion) organise à Paris, du 7 au 11 mai 1979, un Symposium international de corrosion et de protection offshore.

Ce symposium qui réunira un grand nombre de spécialistes a, dans l'esprit de ses organisateurs, l'ambition de faire le point des résultats déjà acquis et d'envisager les solutions d'avenir. L'évolution de l'exploitation offshore exige en effet l'amélioration des techniques connues et le développement de solutions nouvelles.

Pour cela six thèmes ont été d'ores et déjà retenus :
1. Problèmes propres aux structures.
2. Critères de corrosion et de protection.
3. Sécurité, contrôle et fiabilité des systèmes de protection cathodique.
4. Protection des zones exposées à l'atmosphère.
5. Problèmes spécifiques des milieux confinés.
6. Problèmes spécifiques des circuits d'eau de mer.

Pour tous renseignements : Cefracor, 28, rue Saint-Dominique, 75007 Paris. Tél. : 705.10.73.

Conférence sur la protection des surfaces par des revêtements organiques

28 mai-1er juin 1979, Budapest

La Section corrosion de la Société scientifique des ingénieurs en mécanique et la Société Chimique Hongroise organise la Conférence sur la protection des surfaces par des revêtements organiques, qui se tiendra, à Budapest, du 28 mai au 1er juin 1979. Cette manifestation est la 102e de la Fédération Européenne de la Corrosion.

Les thèmes suivants ont été retenus par le Comité scientifique : méthodes modernes de haute productivité de préparation des surfaces, et équipements, en particulier pour les structures en acier ; technologie de la préparation mécanique des surfaces et possibilité de l'application à la protection de petites parties ;

méthodes et équipements pour la préparation chimique des surfaces (dégraissage, désoxydation, transformation des couches) ;
possibilités et limites d'application des revêtements sans solvants et des revêtements épais, et des systèmes de peinture ;
applications et technologie des peintures à l'eau et au trichloréthylène ;
méthodes modernes de revêtements par poudres ;
méthodes modernes et moyens d'essais des revêtements de peinture au laboratoire et *in situ* ;
résistance à la corrosion des revêtements de peinture et plastiques ;
économie et question d'organisation de la résistance à la corrosion au moyen des revêtements peinture et plastique.

Langues officielles : anglais, allemand, hongrois et russe, avec traduction simultanée.

Pour tous renseignements : Scientific Society of Mechanical Engineers, 1372 Budapest, P.O. Box 451, Hongrie.

Demandes et offres diverses

Laboratoire pharmaceutique, banlieue Sud de Paris, recherche ingénieur chimiste pour assumer responsabilités au sein d'une équipe de recherche en synthèse organique ; 5 ans d'expérience environ dans poste similaire. Envoyez C.V. et photo. Boîte postale n° 4, 91380 Chilly Mazarin.

J.H., 27 ans, dég. obl. mil., D.U.T. option chimie (I.U.T. Lyon 1972), ing. chimiste E.S.C.I. Lyon (1975), docteur-ingénieur (chimie organique, juillet 1978), recherche poste de recherche, recherche et développement ou fabrication. Écrire à M. Guillemot, 26, rue Crudimanche, 91400 Les Ulis.

Maître-Assistant chimie à l'UER Sciences de Reims cherche un chargé de recherches pour permutation de poste. A. Feigenbaum, Laboratoire de photochimie, UER Sciences de Reims, 51062 Reims Cedex.

Université de Paris VI.
Maître-Assistant cherche permutant CNRS, niveau minimum chargé de recherche pour assurer un enseignement de chimie, pour l'année universitaire 1979-80. De plus, le permutant aura la possibilité éventuelle de faire de la recherche. Pour tous renseignements : M. Daniel Sparfel, Laboratoire de recherches organiques de l'ESPCI, 10, rue Vauquelin, 75231 Paris Cedex 05. Tél. : 707.88.36.

J.F., diplôme universitaire de technologie, section chimie, bonne connaissance d'anglais, recherche poste région parisienne. Écrire Soc. Chim. n° 254.

J.F., célibataire, 28 ans, maîtrise biochimie, termine thèse 3e cycle (étude structurale par rayons X) 8 ans expérience, en chimie et bactériologie alimentaire, recherche poste (si possible biochimiste cristallographe). Écrire Soc. Chim. n° 255.

Chimiste, 35 a ; PhD, MS (Canada), D.E.A. chim. analyt (I.N.S.T.N. France), Licence Chim (France), Exp. méth. phys. chim. et electrochim. d'analyse. Exp. traitem. eaux et déchets indust. Lib. oct. 78, Rech. poste resp : Labo. contrôle ou Labo. recherch. et develop. ou techn.-commercial.
Écrire Soc. Chim. n° 256.

Table des annonceurs

LETRASET-FRANCE . . . . . Couv. II
PHIRAMA 4
SETARAM 18
MASSON 35
LEXIQUE DES PRODUITS CHIMIQUES 51
KEMI 78 55
TOUZART ET MATIGNON 60
INFORMASCIENCE 69
SOPARES 70
J.C.R. 86
POLAROID . . . . . Couv. IV

Directeur de la publication : Fernand Gallais, Président de la S.C.F.
Imprimerie Durand, 28600 Luisant, France (1978). Tél. : (37) 21-14-87.
Commission Paritaire : 53953.
Dépôt légal 1976 : 2599.

Colloque international
sur les
polymères à usage médical et pharmaceutique

Montpellier 30 novembre - 1er décembre 1978

Bulletin d'inscription

Nom (en capitales) .....

Prénom : .....

Qualité : .....

Adresse professionnelle : .....

Date et heure d'arrivée : .....

Logement au Frantel (joindre éventuellement le règlement) : OUI NON

Montant du chèque inclus : ....

- par chèque bancaire joint libellé à l'ordre de M. F. Schue ou B. Boutevin
- par chèque postal, virement à l'ordre de M. F. Schue ou B. Boutevin GFP Sud, CCP Montpellier 210947 L

Signature :

A retourner **avant le 10 novembre 1978** à l'attention de M. Gérard Bauduin, Laboratoire de chimie appliquée, E.N.S.C.M., 8, rue de l'École Normale, 34075 Montpellier Cedex

Polaroid 1978 tous droits réserv
"Polaroid" et "Polacolor" sont des marques déposées de Polaroid Corporation Cambridge, Mass:, U.S

Revoyez tout de suite vos travaux avec des photos instantanées Polaroid.

Appareil universel MP-4.

Quelle que soit votre activité, vous passez probablement trop de temps à enregistrer les étapes ou les résultats de vos travaux. Si cela vous prend plus de quelques secondes à chaque fois vous perdez du temps.

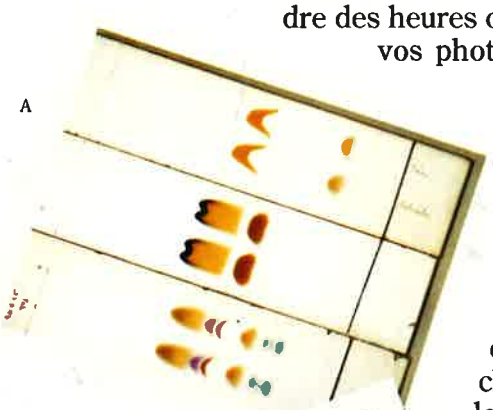
Polaroid vous propose deux types d'appareils aux possibilités très étendues qui vous ouvriront le monde de la photo à développement instantané.

Ils vous permettront de vérifier sur le champ que les photos qu'ils vous donnent sont bien celles que vous vouliez et cela dans votre laboratoire. Sans chambre noire et sans l'aide d'un spécialiste.

Comme vous n'avez pas besoin d'attendre des heures ou des jours pour voir vos photos développées, vous gagnez du temps et de l'argent.

Boîte de Pétri. Plan film Polacolor Type 58.

A



L'appareil universel Polaroid MP-4 est un studio photo à lui tout seul. Il peut utiliser 14 films Polaroid différents. Il fait la reproduction, la macrographie, la micrographie, la réduction et le grossissement. De plus sa conception modulaire et ses objectifs interchangeables vous permettront de n'acheter que les éléments qui vous sont nécessaires.

Appareil macro CU-5.

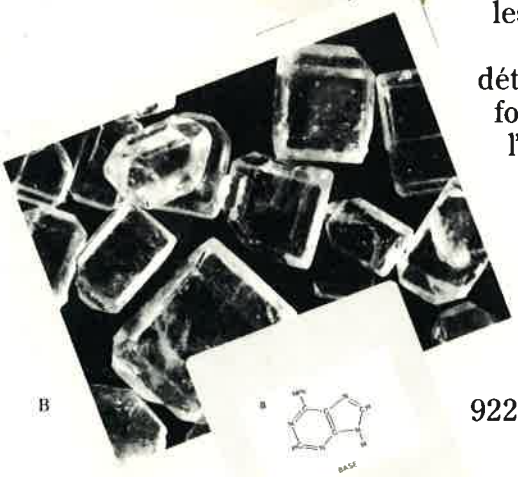
Quant à l'appareil CU-5, il est conçu pour photographier les détails et les gros plans, en reproduisant les sujets de 1/3 à 3 fois la taille normale. Il est léger et maniable et vous pouvez même l'utiliser à l'extérieur avec un générateur de flash portatif.

Si vous êtes intéressés, si vous avez besoin de renseignements supplémentaires, de conseils ou d'une démonstration, écrivez-nous ou téléphonez-nous.

L'un de nos collaborateurs prendra contact avec vous pour vous montrer avec quelle rapidité et quelle facilité vous pouvez obtenir des documents instantanés.

Polaroid S.A. - Département Industrie - 57, rue de Villiers - 92202 Neuilly-sur-Seine - Tél: 758.13.25.

B



C

Polaroid

Appareils instantanés de laboratoire.

A : Chromatogrammes en lumière visible. Film Polacolor Type 108.
B : Cristaux de sucre. Film Type 52.
C : Adenine. Film diapositif Type 146 L.