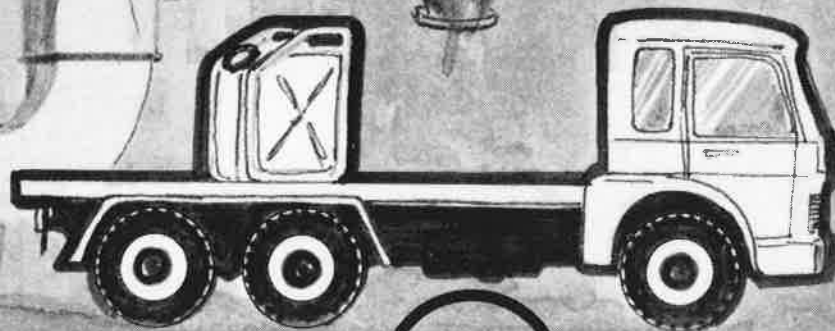


# l'actualité chimique

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

# économisez l'énergie

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



ANHYDRO

APV

MITCHELL

# l'actualité chimique

## Directeur de la publication

Fernand Gallais  
Président de la S.C.F.

## Comité de Rédaction

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

## Rédacteurs en chef

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

## Rédaction

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

## Publicité

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

## Abonnements 1979

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

## Non-membres

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

## Changement d'adresse

Joindre la somme de 10 F.

## Prix du numéro 25 F

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

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

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





# défi à l'absorption atomique ! ... L'ICP d'ARL

Modèle 35000 C ICP

*Exposition de Physique - Stand 484 KL*



Photo : Studio André - Versailles

- Flexibilité d'utilisation.
- Recherche automatique et très précise du maximum du pic et calcul de l'intensité correspondante avec une gamme dynamique de  $10^6$ .
- Rapidité d'analyse malgré le déroulement séquentiel.
- Automatisation complète de tout le processus analytique.
- Stabilité en longueur d'onde meilleure que 0,005 nm en 8 h.
- Recalibrage en longueur d'onde par recherche automatique de l'ordre O.
- Possibilité d'utilisation du monochromateur sous vide, donc possibilité d'analyse dans l'UV lointain (S,I,C) et utilisation des raies non interférées (P, B).
- Limites de détection de l'ordre de la ppb ( $10^{-7}$  %).
- 3 hauteurs d'observations au-dessus de la torche programmables par ordinateur
- Possibilité de soustraction automatique du fond spectral
- Possibilité de correction automatique des résultats en fonction des impuretés des réactifs utilisés pour la préparation des solutions.

## ANALYSE ELEMENTAIRE SEQUENTIELLE DES LIQUIDES PAR PLASMA A COUPLAGE INDUCTIF



### APPLIED RESEARCH LABORATORIES SA

ARL SUISSE: En Vallaire, CH-1024 Ecublens - ARL USA: 9545 Wentworth St., Sunland, California 91040  
ARL GB: Wingate Road, Luton, LU4 8PU - ARL AUSTRALIA: P.O.Box 426, Brookvale 2100 N.S.W.  
ARL BRD: Königstrasse 5, D-4000 Düsseldorf - ARL AUSTRIA: Rudolfnergasse 2, A-1190 Wien  
ARL SVERIGE: Rasundävaen 101, S-17103 Solna - ARL FRANCE: F-78320 Le Mesnil Saint-Denis  
ARL CANADA: 3688 Nashua Drive, Mississauga, Ontario L4T 1M5

Consulter nous : ARL FRANCE - BP N° 3 - F 78320 - LE MESNIL SAINT DENIS - TEL. : 461.88.70



---

## Sommaire

Novembre 1979, n° 9

---

- 7 Faisons le point *Physicochimie de la combustion*  
par Michel Destriau
- 16 La chimie et la vie *La RMN du phosphore en biologie*  
par C. Chachaty
- 31 Enseignement *Enseigner la chimie et former des chimistes*  
par B. Montfort  
*Utilisez-vous l'informatique dans votre enseignement ?*  
Appel d'offres du Centre documentaire 3C  
BANQUEXAM
- 39 Industrie  
Apport de l'informatique à l'analyse industrielle pour  
le contrôle et la conduite des procédés :  
*Exploitation du couplage d'un ordinateur Tektronix*  
*31 avec un spectromètre d'absorption atomique*  
par F.X. Deloye, I. Voïnovitch, Mlle M. Chatelier et  
J.-M. Bergue  
*Etude comparative de l'automatisation de chromatog-*  
*raphes en ligne et de chromatographes pour analyses*  
*répétitives en laboratoire*  
par A. Isambert  
*Automatisation du contrôle de la composition et du*  
*calcul des caractéristiques des gaz naturels. Système*  
*COCAGNE*  
par M. Charron, J.-P. Coquand et J.-J. Cheron  
*Deux approches de la conduite de procédé : automate*  
*contre ordinateur*  
par M. Brayard  
*Evolution de l'informatique industrielle : de la mini*  
*à la micro-informatique. Conséquences sur la forma-*  
*tion des utilisateurs de l'informatique industrielle*  
par D. Depeyre
- 54 Bibliographie
- 61 Appareils et produits
- 67 Communiqués
- 71 Informations scientifiques et techniques  
Extrait de la conférence de presse du Prof. Rolf  
Sammet, Président du Directoire de Hoechst A.G.  
(27 septembre 1979)  
Les stockages souterrains de gaz naturel  
La nomenclature des nouveaux éléments : l'unnil-  
quadium (Unq 104)
- 79 La page du C.N.R.S.
- 81 Fédération Française de Chimie
- 83 Fédération Française de Chimie
- 84 Union des Industries Chimiques
- 88 G.A.M.S.
- 89 Société Chimique de France
- 92 Société de Chimie Industrielle
- Présent et futur de la chimie : Paris, 12 et 13 décembre 1979  
Note de conjoncture sur l'évolution de l'industrie chimique  
au cours du 1<sup>er</sup> semestre 1979  
Prise de position du CEFIC sur la directive CEE concernant les  
risques d'accidents  
Activités du G.A.M.S.  
Annuaire 1980  
Communiqués  
Division Chimie analytique et chimie des solutions : Journées  
d'étude sur les sels fondus de 1980; Création d'un nouveau  
Groupe d'étude; Structure de la Division  
Nouveaux Membres  
Nécrologie  
Prix de Chimie analytique  
Branche belge de la Société de Chimie Industrielle  
Sommaire de la revue *Analysis*

---

Couv. III Demandes et offres diverses

Couv. III Table des annonceurs

---

**MOLÉCULES MARQUÉES PAR LES RADIOISOTOPES** **$^{14}\text{C}$ ,  $^3\text{H}$ ,  $^{35}\text{S}$** **Synthèse de produits pharmaceutiques marqués  
Réactifs marqués pour l'analyse et la recherche biologique**

Notre catalogue 1978-1979 présente plus de 400 composés  $^{14}\text{C}$  et 200 tritiés — 150 de ces produits sont exclusifs.

**MOLÉCULES MARQUÉES PAR LES ISOTOPES STABLES** **$^{13}\text{C}$ ,  $^{15}\text{N}$ , D****Médicaments marqués pour études de métabolisme  
et pharmacocinétique sur l'homme**

Nous effectuons, *à la demande* des synthèses de composés marqués par un isotope stable ou radioactif.

Pour des raisons d'éthique, les molécules  $^{14}\text{C}$  ne sont pas utilisées dans l'expérimentation sur l'homme. Les molécules marquées par les isotopes stables sont susceptibles de combler cette lacune.

**solvants deutériés « 100 % D »****Sélection de notre large gamme de solvants deutériés pour la R.M.N.**

Réf.	Solvant	Pureté isotopique	PRIX pour 10 fractions de 0,5 ml.
DMM 41	Acide acétique (D <sub>4</sub> )	99.90 %	140 FF
DMM 38	Acétone (D <sub>6</sub> )	99.93 %	110 FF
DMM 40	Benzène (D <sub>6</sub> )	99.93 %	130 FF
DMM 29	Chloroforme (D)	99.93 %	155 FF (10 x 5 ml)
DMM 34	Diméthylsulfoxyde (D <sub>6</sub> )	99.91 %	130 FF
DMM 39	Pyridine (D <sub>5</sub> )	99.93 %	190 FF
DMM 42	Toluène (D <sub>8</sub> )	99.93 %	300 FF

En outre, nous pouvons vous procurer, en quantité limitée, du THF D<sub>8</sub>

Ces prix très compétitifs sont applicables jusqu'à la parution prochaine du catalogue 1980.

16 nouveaux acides aminés  $^{13}\text{C}$ -U et 2 stéroïdes  $^{13}\text{C}$  sont venus compléter une liste de 300 composés marqués par  $^{13}\text{C}$ ,  $^{15}\text{N}$  ou D.

## Physicochimie de la combustion

par Michel Destriau

(Laboratoire de chimie physique A, Université de Bordeaux I, 351, cours de la Libération, 33405 Talence Cedex)

### De l'âge du feu à nos jours...



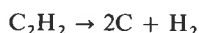
Tantôt maléfique et tantôt bénéfique, le feu a joué et joue un rôle immense dans la vie des hommes. Nous le maîtrisons mieux que nos aïeux, mais pas toujours beaucoup mieux; il est pour nous moins mystérieux que pour eux, mais le connaissons-nous vraiment? Il commence toujours, nous le savons, par un phénomène chimique, la *combustion*, qui est une réaction d'oxydo-réduction, dégageant de la chaleur, entre une espèce oxydante, le *comburant* et une espèce réductrice, le *combustible*. Ceci dit, nous ignorons toujours le détail des réactions qui se produi-

sent quand on fait brûler du bois dans une cheminée ou de l'essence dans un moteur. On discute encore pour savoir si les réactions conduisant à l'allumage d'un propergol solide se font principalement dans le solide lui-même ou dans la phase gazeuse contiguë. Pire encore, on est loin de maîtriser entièrement le feu et pour ne citer que deux chiffres (1, 2), suivant une récente évaluation, les incendies coûteraient aux U.S.A. 1% du produit national brut et une vie humaine toutes les quarante minutes. Si étonnant que cela puisse paraître, on ne sait même pas définir nettement la notion de sécurité au feu des matériaux (2). Sans qu'on sache toujours pourquoi, ceux qui prennent feu le plus difficilement ne sont pas fatalement ceux qui, une fois inflammés, brûlent avec le moins de vigueur. Il arrive souvent qu'un matériau considéré, par la réglementation, comme sûr dans un pays soit considéré comme dangereux dans le pays voisin (2).

Les premières études vraiment scientifiques sur la combustion sont au fond assez récentes. Songeons que Jean-Paul Marat, médecin plus ou moins chimiste, celui-là même qui devait devenir le célèbre révolutionnaire, prétendait encore en 1780 avoir mis en évidence l'un des « quatre éléments » : le feu... Voilà qui sent le bûcher.

Par contre, à peu près à la même époque, les anglais Robert Boyle et Robert Hooke avaient noté que le bois ou le papier ne pouvaient brûler dans le vide. C'était faire un premier pas vers la compréhension de la nature chimique du phénomène. On comprit assez vite ensuite que l'air n'était pas nécessaire dans tous les cas, ou, comme nous dirions maintenant, que ce n'est pas le seul comburant possible : dans la poudre à canon le nitrate, sous forme de salpêtre, faisait bien office de comburant. On franchit encore une étape quand on sut préparer des molécules sur lesquelles se trouvaient à la fois la fonction oxydante et la fonction réductrice : ainsi la nitrocellulose possède elle-même de l'oxygène en quantité suffisante pour se combiner, le cas échéant, avec les autres atomes de la molécule. C'est aussi le cas de la

nitroglycérine. A la limite, c'est aussi le cas de l'acétylène,  $C_2H_2$ , puisque dans la réaction de décomposition :



on peut bien considérer que C a été oxydé par H et H réduit par C.  $C_2H_2$  peut brûler tout seul en donnant une flamme dite de décomposition. Évidemment, si on opère en présence d'oxygène, C donne  $CO_2$ , H donne  $H_2O$ , ce qui ne gêne rien : la réaction va plus loin, elle dégage plus de chaleur, mais elle ne diffère pas fondamentalement de la flamme de décomposition.

Les accidents qui se produisirent, montrèrent que beaucoup de ces composés qui pouvaient brûler sans consommer d'autre comburant que celui contenu dans leur propre molécule pouvaient exploser ; on les appelle des explosifs. Une « chiquenaude », échauffement local ou choc, même légers, peuvent déclencher le phénomène : l'énergie prisonnière dans la molécule se libère de façon très brutale, sans qu'on puisse facilement décider à quel moment. En 1866, le suédois Alfred Nobel devint célèbre (et riche) en trouvant la solution de ce problème de fiabilité dans le cas de la nitroglycérine : par mélange avec du kieselguhr, il fabriqua un produit, la dynamite, si peu sensible au choc, donc facile à manipuler, qu'il faut un choc très violent produit par un appareil appelé « détonateur », pour provoquer sa décomposition brutale.

Pendant la seconde guerre mondiale, puis avec la conquête spatiale apparurent les moteurs fusées et, avec eux, une seconde génération de produits, les propergols, produits purs ou mélanges, contenant aussi à la fois le comburant et le combustible et pouvant donc brûler sans consommer d'air. Ceux-ci doivent non seulement ne pas prendre feu de manière inopinée pendant leur manutention ou leur stockage (ce qui se produit néanmoins quelquefois...), mais en outre contrairement aux explosifs, ils doivent brûler de manière progressive en communiquant à l'engin la poussée voulue pendant la durée choisie. Aussi leur mise à feu pose-t-elle encore de nombreux problèmes : suffisamment vigoureuse pour les allumer franchement et sans ratés, elle ne doit pas cependant provoquer une explosion.

Ce rappel nous montre comment se posent les principaux problèmes de la maîtrise du feu :

- 1. L'empêcher de se produire, ou du moins l'éteindre, quand il peut échapper au contrôle humain et donc avoir pour les hommes de fâcheuses conséquences,

## Commençons par le début...

Le début, c'est la phase d'allumage. Comme chacun le sait, un système en équilibre demeure en équilibre tant qu'on ne fait rien pour le déséquilibrer. De même le feu ne prend jamais tout seul. Cependant on dit que l'inflammation est « spontanée », ou encore qu'il se produit une *auto-inflammation*, quand le milieu se trouve mis dans des conditions de pression, température et confinement telles que cette inflammation finisse par avoir lieu. On dit qu'elle est « provoquée » ou on dit que l'allumage est « commandé » quand on utilise un « agent contaminant » : une allumette, l'étincelle d'une bougie ou de manière plus générale un « allumeur ». Le premier cas est, en gros, celui des moteurs diesel, voire celui des moteurs à bougies qui font de « l'auto-allumage ».

Étudions-le de plus près. On constate pour commencer que pendant une période plus ou moins longue, qui, suivant les cas, peut durer quelques millisecondes ou quelques mois, apparemment il ne se passe rien : au début d'un incendie le feu « couve » ; quand on le chauffe, un mélange d'air et de vapeurs d'essence ne brûle pas tout de suite, etc. Puis soudainement le feu « se déclare ». Le phénomène rappelle un peu ce qui se passe au début d'une épidémie ; on peut d'ailleurs le décrire par des équations du même type. Le mécanisme est dans les deux cas un mécanisme « en chaînes ». Pendant la phase d'incubation les germes prolifèrent sans néanmoins que leur nombre suffise pour avoir un effet décelable. De même au début d'un mécanisme en chaînes des espèces très réactives sont créées dans le milieu, mais vu leur petit nombre, sans que cela se traduise par des conséquences notables. Avant de disparaître, celles-ci peuvent à leur tour produire

- 2. L'allumer quand, au contraire, on a créé les conditions requises pour en avoir à tout moment le contrôle et, bien sûr, en tirer profit,
- 3. Bien connaître ces conditions pour être en mesure de les réaliser. Il faut en effet que le régime de la combustion convienne à l'utilisation envisagée : explosif pour l'abattage des carrières, progressif pour le chauffage, la propulsion, etc. et, dans tous les cas, économique et non polluant.

### Part de la combustion dans la production d'énergie en France.

	En 1973	En 1976	En 1977	En l'an 2000 *	
Combustion	Pétrole	66,6 %	63 %	59 %	62 %
	Gaz naturel	8,5 %	11 %	11,5 %	
	Charbon	17,5 %	18 %	17,5 %	3 %
Hydraulique plus nucléaire	7,4 %	8 %	12 %**	3 %	32 %

\* D'après les prévisions d'avant la crise pétrolière...

\*\* A noter que du fait de la sécheresse, l'année 1976 n'a pas été bonne sur le plan hydraulique.

Les chiffres pour 1973, 1976 et 1977 sont donnés d'après ceux indiqués par M. C. Scherer aux stages sur les « Économies d'énergie » (Université de Bordeaux I, A.P.A.V.E. Sud-Ouest, A.D.E.R. Aquitaine) de mai, octobre 1977 et octobre 1978. Les chiffres pour l'an 2000 ne sont donnés qu'à titre indicatif et ils sont à revoir du fait de la crise énergétique et de la nouvelle politique de l'énergie.

La consommation totale d'énergie en 1976 est à peu près la même qu'en 1973 (avec une production industrielle supérieure). Il est difficile d'évaluer la part propre des *économies d'énergie* dans ce phénomène, mais on peut l'estimer à 7,5 % en se basant sur les prévisions de consommations faites pour 1976 avant la mise en place de la politique d'économies d'énergie.

des espèces réactives. Suivant qu'elles apparaissent plus ou moins vite qu'elles ne disparaissent, leur nombre peut croître ou décroître. Dans le premier cas il peut arriver, à un moment donné, que la croissance devienne très brutale ; on passe de manière soudaine, d'une réaction lente, voire très lente, à une réaction rapide ou même très rapide : il y a inflammation du milieu. Ainsi dans un mélange hydrogène-oxygène les radicaux OH, toujours présents dans le mélange ne serait-ce qu'en petite quantité, peuvent éventuellement proliférer suivant la séquence :



qui peut se répéter un grand nombre de fois. Le groupe des réactions I, II et III constitue ce qu'on appelle, pour cette raison, un « maillon de la chaîne ». On explique ainsi pourquoi des meules de foin, des décharges publiques, des dépôts de charbon, etc. peuvent prendre feu sans qu'on y ait mis le feu. Le régime des échanges de chaleur joue un grand rôle dans cette affaire. On conçoit en effet que si la chaleur libérée par la réaction lente, si faible soit-elle, est mal évacuée, la température croît, ce qui fait croître la vitesse de réaction, donc la chaleur produite, etc. A la chaîne chimique vient souvent se rajouter une chaîne thermique.

On décrit donc les phénomènes par des équations de bilan. On peut écrire, en langage courant, celle relative aux échanges de chaleur



(écrite en langage mathématique dans l'encadré ci-dessous) :

### Un peu de mathématique.

Dans le cas de l'auto-inflammation, il faut résoudre l'équation de bilan thermique :

$$qv = \operatorname{div}(\overrightarrow{k \text{ grad } T}) + \rho c \frac{\partial T}{\partial t} \quad (\text{cal. cm}^{-3} \cdot \text{s}^{-1})$$

où

- $q$  est la chaleur dégagée par mole de réactif, minoritaire par rapport à la stœchiométrie de la réaction,
- $v$  sa vitesse de réaction,
- $k$  la conductivité thermique du milieu et  $T$  sa température,
- $\rho$  la concentration du réactif minoritaire,
- $c$  la capacité calorifique moyenne du milieu.

Sur la base de cette équation et en supposant en outre que la vitesse de réaction suit une loi type Arrhenius, on arrive à montrer que la condition critique de passage à l'auto-inflammation est :

$$\frac{q}{k} \frac{E}{RT^2} r^2 f(p) \exp\left(-\frac{E}{RT_0}\right) \geq \delta \quad (\text{indépendant des unités})$$

c'est-à-dire un critère de *discontinuité*,

où

- $E$  est l'énergie d'activation,
- $T_0$  la température initiale,
- $r$  le rayon du récipient contenant le mélange,
- $f(p)$  le terme traduisant dans l'équation donnant la vitesse de réaction la dépendance vis-à-vis de la pression (c'est-à-dire tout sauf le terme exponentiel d'Arrhenius). La grandeur  $\delta$  dépend de la géométrie du récipient (3,32 s'il est sphérique).

Chaleur produite chimiquement pendant une durée donnée = (Chaleur consommée pour élever la température du milieu + chaleur évacuée au travers des parois de l'enceinte ou la surface extérieure) pendant la même durée.

On peut écrire une équation du même type relative aux espèces réactives, qui peut éventuellement se réduire à la précédente. Mathématiquement, donc en idéalisant un peu, deux cas peuvent se présenter :

- ou bien la vitesse de réaction passe par un maximum, puis décroît et finit par devenir nulle,
- ou bien, à un moment donné, elle devient « infinie » : il y a inflammation.

D'un point de vue théorique, la « frontière » entre les deux possibilités est définie de manière très précise : par une discontinuité au sens mathématique du mot. En fait, il faut bien voir que le mot « infinie », quand on dit « vitesse infinie », n'a pas le même sens dans le langage mathématique et dans celui de la physique. En réalité, une grandeur physique peut devenir très grande, relativement à l'échelle du phénomène ; mais elle ne peut jamais devenir infinie. Aussi la « frontière » entre les deux cas est-elle en fait moins nette que ne le prévoit la modélisation mathématique, même si elle est assez nette pour qu'en général son repérage ne pose pas de problèmes : dans la pratique on sait en général faire la différence entre une combustion « lente » et une combustion « rapide » (on dit aussi « vive »), mais il peut arriver que cela devienne difficile...

Un ver luisant est le siège de réactions d'oxydo-réduction qui produisent une émission de lumière. On ne va tout de même pas dire qu'il brûle. Pourquoi ? Parce qu'elles se font, à l'évidence, trop lentement pour se traduire par un flux thermique élevé. Par contre un mélange hydrogène-oxygène peut brûler en dégageant beaucoup de chaleur, mais sans donner beaucoup de lumière visible. Quel critère

choisir ? Une fois le critère choisi, où faut-il mettre la « barre » ? Autrement dit, quelle est sa valeur critique ? Si on est cohérent, on ne peut répondre à ces questions qu'en revenant à la notion mathématique de discontinuité pour se demander quel contenu physique on peut y mettre, auquel cas, comme on va le voir, la seconde question, celle relative à la valeur critique, passe avant celle du choix du critère. Montrons-le sur le cas, très simple, de la décomposition de  $\text{N}_2\text{O}$ , oxyde nitreux, en azote et oxygène. Elle dégage de la chaleur et peut donc éventuellement se faire de manière « vive » ( $\text{N}_2\text{O}$  peut donner une flamme de décomposition). Mais qu'elle soit vive ou lente, elle se traduit toujours par une émission lumineuse. Aussi pourrait-on penser que l'intensité lumineuse émise n'est pas le bon critère. C'est faux, comme on peut le voir dans la figure 1 (7). Le pic visible sur les courbes 1, 2 et 3 de cette figure diminue de manière progressive (continue) par diminution progressive de la pression initiale, mais disparaît totalement entre les courbes 3 et 4 pour une toute petite variation de la pression initiale. Si on situe à ce niveau la discontinuité, les courbes 1, 2 et 3 révèlent une auto-inflammation du gaz, mais non la courbe 4.

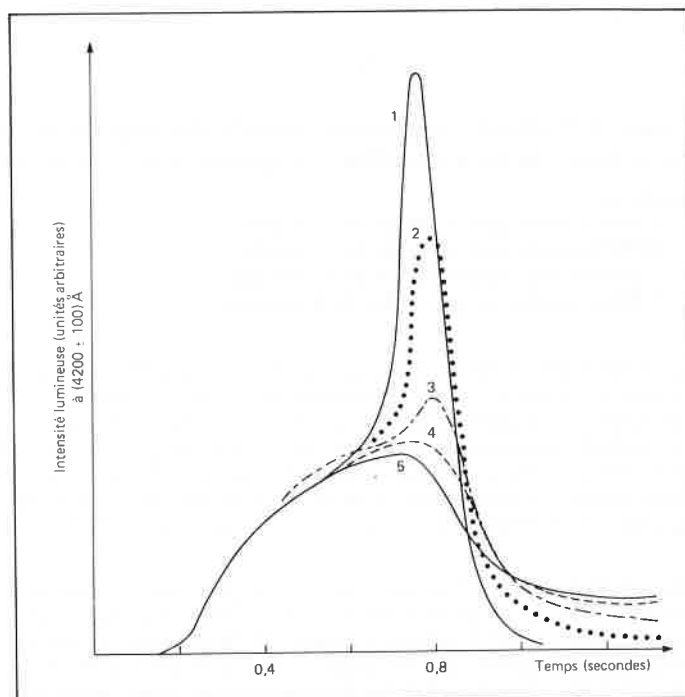


Figure 1. Variation de l'intensité lumineuse durant la décomposition de  $\text{N}_2\text{O}$ .

Courbe 1 : sous 239 torrs (initialement).

Courbe 2 : sous 238,5 torrs (initialement).

Courbe 3 : sous 238,25 torrs (initialement).

Courbe 4 : sous 238,1 torrs (initialement).

Courbe 5 : sous 238 torrs (initialement).

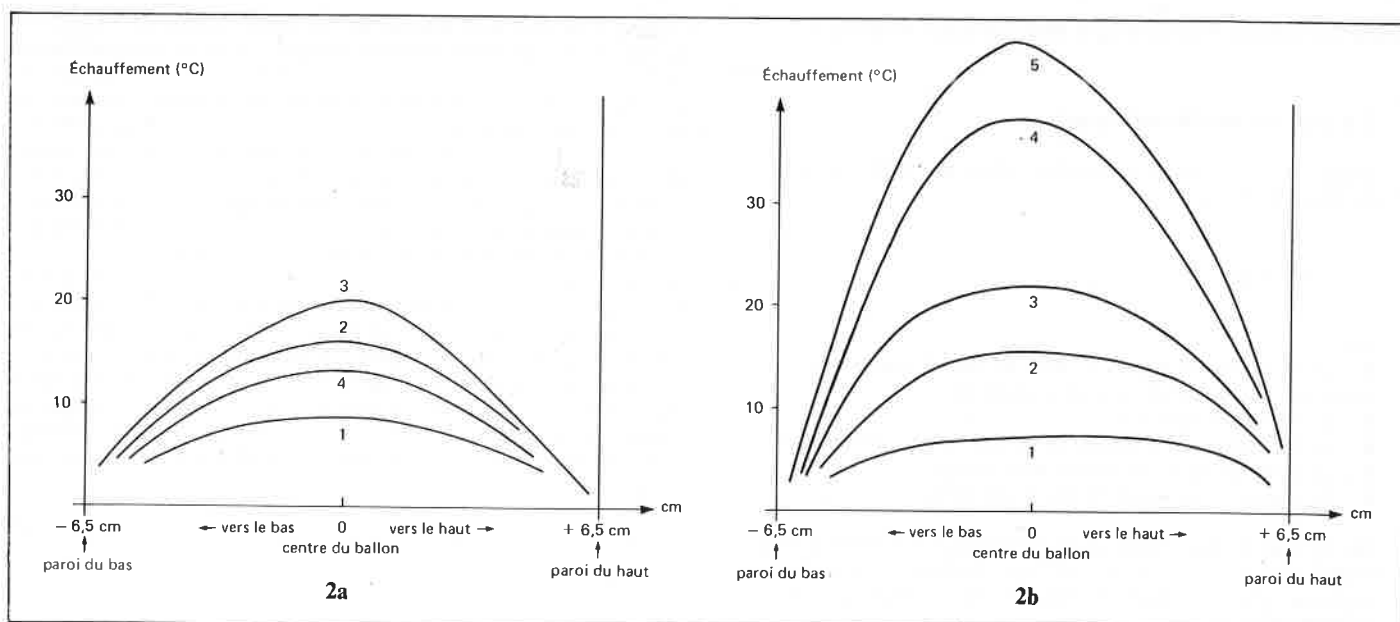
Température initiale : 959 °C.

Réacteur cylindrique de longueur égale à 10 cm et de diamètre intérieur égal à 4 cm.

On voit les courbes se déformer de façon notable sur un très faible intervalle de pression. Leur allure change entre les courbes 3 et 4 ; c'est donc entre les deux qu'on peut situer la pression « limite ».

Sur cette base on peut tracer des figures faisant apparaître les valeurs des paramètres, pression, température et composition du mélange initial qui séparent le *domaine d'auto-inflammation*, où se produit la réaction vive, de celui dans lequel ne se produit que la réaction lente, dans un environnement donné, donc dans une cellule de géométrie donnée. Souvent, mais pas toujours, tant s'en faut, pour un mélange de composition donnée, la valeur de la pression initiale, dite pression limite, qui limite ce domaine, décroît quand la température croît.

Si les conditions requises pour la naissance de la flamme ne sont réalisées que localement et non pas en tout point du milieu



**Figure 2. Profils de température dus à la décomposition, exothermique, du peroxyde d'éthyle pendant la réaction lente qui précède sa décomposition « explosive » (dite inflammation) [d'après la référence (4)].**

**Figure 2a.**

- 1 : 0,250 seconde après le début de la réaction
- 2 : 0,500 seconde après le début de la réaction
- 3 : 1,250 seconde après le début de la réaction
- 4 : 3,000 secondes après le début de la réaction

**Figure 2b.**

- 1 : 0,250 seconde après le début de la réaction
- 2 : 0,340 seconde après le début de la réaction
- 3 : 0,400 seconde après le début de la réaction
- 4 : 0,500 seconde après le début de la réaction
- 5 : 0,537 seconde après le début de la réaction

La température initiale est la même, soit 203,7 °C, dans la figure 2a, où la réaction lente ne conduit pas à la réaction vive, que dans la figure 2b, où c'est le contraire. Par contre la pression initiale est différente : 1,1 torr dans la figure 2a, c'est-à-dire au-dessous de la pression limite à la température considérée, soit 1,25 torr, et dans la figure 2b 1,4 torr, c'est-à-dire au-dessus de la pression limite. On constate, aussi bien dans la figure 2a que dans la figure 2b, que l'échauffement est à peu près nul au voisinage de la paroi. Il est évidemment plus rapide et plus élevé dans la figure 2b que dans la figure 2a.

Dans aucune des deux figures les profils ne sont tout à fait paraboliques comme le prévoirait la théorie. Sans qu'on puisse donner la raison de cet effet, on est cependant sûr qu'aux pressions considérées il ne peut être produit par des phénomènes de convection (4).

réagissant, elle apparaît en un point, puis, le plus souvent, mais pas toujours, elle se propage dans tout le volume réactionnel, par allumage de proche en proche. L'analyse mathématique du phénomène se fait encore sur la base d'équations traduisant des bilans de chaleur et de masse. Par un cheminement analogue à celui décrit plus haut on peut définir des *domaines de propagabilité* qui sont les domaines de valeurs de la pression, de la température et de la concentration initiales telles que la flamme puisse, une fois allumée, se propager dans tout le milieu réagissant.

Laissant de côté les phénomènes de propagation (3), revenons à l'auto-inflammation. En régime de réaction lente ainsi qu'en régime de réaction vive, la chaleur libérée chimiquement n'est pas évacuée sitôt produite ; aussi la température a-t-elle tendance à monter et plus vite en général dans la région centrale que dans les régions périphériques. Cet effet est bien mis en évidence dans une étude relative à la décomposition, éventuellement « vive », de la vapeur de peroxyde d'éthyle,  $C_2H_5 - O - O - C_2H_5$  (4). Des mesures très précises de la température, à différents moments, en différents points,

donnent des profils de température et leur évolution à mesure que le gaz réagit ; on a fait ces mesures dans une cellule sphérique de 6,5 cm de rayon, le long de son diamètre vertical. Dans les cas où ne peut avoir lieu que la réaction lente, ces profils sont à peu près paraboliques (figure 2a). Il en est de même dans les cas où la réaction lente peut conduire à la réaction rapide, mais en réaction lente seulement, donc avant le passage de la réaction lente à la réaction rapide (figure 2b). Tous les profils trouvés peuvent être prévus de façon qualitative et même semi-quantitative sur la base de l'équation de bilan thermique écrite plus haut. Par analyse du mélange gazeux final on voit que sa composition diffère suivant que la réaction lente initiale a conduit ou non à la réaction rapide ; dans le premier cas on trouve de plus petites molécules, comme  $H_2$  et  $CO$ , que dans le second. Comme le passage des plus grosses, comme  $C_2H_5OH$  et  $CH_3CHO$ , aux plus petites consomme de la chaleur, celle dégagée du début à la fin de la réaction est plus petite si la réaction rapide a lieu que si elle n'a pas lieu, ce qui peut paraître paradoxal. Mais évidemment cela n'empêche pas le flux thermique d'avoir des valeurs plus élevées.

**Et après, que se passe-t-il ?**

On a proposé un grand nombre de méthodes pour élucider les mécanismes chimiques de la combustion, tant dans le cas de l'auto-inflammation, donc sans propagation, que dans celui où la flamme se propage dans le gaz frais. Les deux cas sont complémentaires, les variables temporelles dans le premier pouvant être considérées, au moins de manière approchée, comme correspondant aux variables spatiales dans le second. Les meilleures méthodes sont, en principe, celles qui renseignent non pas tant sur les molécules finales, qui ne sont que l'aboutissement de séquences réactionnelles, que sur les espèces transitoires qui réagissent très vite après avoir été produites.

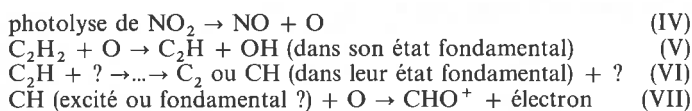
La réaction chimique globale est en effet la résultante des nombreuses réactions élémentaires de ces espèces transitoires. Celles-ci jouent donc le rôle principal, mais, à cause de leur très brève durée de vie, il est souvent difficile de les mettre en évidence et de faire sur elles des mesures significatives ; dans cette affaire, les méthodes spectroscopiques sont souvent les seules possibles ; de plus elles présentent l'avantage de ne pas perturber le milieu réactionnel.

Dans un travail récent (5), qui n'est pas le seul du genre mais qui représente assez bien les tendances des travaux en cours dans ce

domaine, on a suivi l'évolution de la combustion au sein de mélanges  $C_2H_2 + O_2$ , contenant aussi de petites quantités de  $NO_2$ , par analyse de leurs spectres d'émission et d'absorption ainsi que par prélèvement, avec des sondes, des ions libérés par le processus. L'intérêt pratique de ce travail dépasse le seul cas de l'acétylène,  $C_2H_2$ , la combustion en chaîne des hydrocarbures produisant très souvent de l'acétylène, qui réagit ensuite à son tour. L'addition de  $NO_2$  ne joue guère au niveau de l'initiation; par une irradiation du mélange on provoque en effet la photodissociation de  $NO_2$  en  $NO$  et oxygène atomique, lequel initie le mécanisme en chaînes :

- en émission, comme en absorption, les radicaux  $C_2$ ,  $CH$ ,  $CN$  et  $OH$  apparaissent de manière assez groupée, mais pas tout de suite après l'initiation photochimique,
- en émission, les intensités dues aux radicaux  $C_2$ ,  $CH$  et  $CN$  croissent en deux étapes; la première est lente et la seconde rapide. Or, les espèces qu'on peut déceler en émission sont celles qui sont excitées. L'excitation aurait donc lieu en deux étapes; la première pourrait être chimique, avec une émission de chimiluminescence, et la seconde thermique et donc associée à la montée brutale de la température,
- $C_2$ ,  $CH$  et  $CN$  apparaissent en absorption plus tôt qu'en émission. Ces radicaux sont donc produits à l'état fondamental avant d'être excités,
- en absorption, donc dans son état fondamental,  $OH$  apparaît avant  $C_2$  et  $CH$ . Au moment du passage par son maximum, la première étape des émissions de  $C_2$  et  $CH$  est en cours et les ions commencent à proliférer dans le milieu,
- $OH$  est plus intense en émission et en absorption quand la teneur en acétylène du mélange initial diminue; par contre  $C_2$ ,  $CH$  et  $CN$  le sont moins tandis que le courant ionique est au contraire plus élevé.

Sur cette base, les auteurs du travail (5) ont imaginé un mécanisme cinétique dont les principales étapes seraient :



Il est assurément un peu décevant de constater qu'il faille faire tant de mesures pour en savoir si peu... Cela montre bien les difficultés rencontrées. Mais en dépit de ses nombreuses lacunes, le mécanisme proposé fait comprendre :

- pourquoi  $OH$ , dans son état fondamental apparaît en premier,
- pourquoi le courant ionique ainsi que les intensités en absorption et en émission de  $C_2$ ,  $CH$  et  $CN$  chutent quand la teneur en acétylène devient trop grande; la température chute elle aussi, or la réaction (V) qui conditionne toutes les autres, consomme de la chaleur. L'analyse plus détaillée des mesures faites donne beaucoup d'autres renseignements.

Pour citer un travail analogue, mais sur brûleur, citons celui de l'équipe de Göttingen (6) sur la flamme ammoniac/oxygène. Les concentrations des molécules  $NO$ ,  $H_2O$ ,  $N_2$ ,  $NH_3$ ,  $H_2$  et  $N_2O$  en différents points de la flamme sont mesurées par analyse par spectrométrie de masse d'échantillons prélevés par une sonde. Celles des radicaux  $OH$  et  $NH$  dans leur état fondamental sont connues par spectroscopie d'absorption; celles de  $NH_2$ ,  $NO$ ,  $NH$  et  $OH$  excités, par spectroscopie d'émission. La figure 3a montre que les teneurs en molécules initiales  $NH_3$  et  $O_2$  diminuent à mesure que la distance à l'orifice du brûleur croît tandis que celles des molécules finales  $N_2$ ,  $H_2O$  et  $NO$  augmentent, ce qui n'a rien d'étonnant; par contre, il apparaît transitoirement des quantités notables de  $H_2$  et  $N_2O$ , ce qui est un peu inattendu. L'analyse plus détaillée des figures 3a, 3b et 3c donne beaucoup de renseignements dont on peut tirer profit pour la mise au point de brûleurs.

De notre côté, pour étudier l'auto-inflammation (7), nous avons utilisé un spectromètre à balayage rapide (Warner et Swasey, M 501), déclenché par l'émission lumineuse elle-même. A titre indicatif, on trouve dans la figure 4 trois spectres d'émission donnés par un mélange propane/oxygène. Chronologiquement le premier est celui du haut. La durée de chaque balayage (entre A, B ou C et A', B' ou C') est de 1 milliseconde; celle comprise entre la fin de l'un (point A' ou

point B') et le début du suivant (point B ou C) est de 0,25 milliseconde. On voit sur les trois balayages le radical  $OH$ ; par contre on ne voit que sur le premier les radicaux  $CH$ ,  $C_2$  et  $C_3$ . Enfin sur le deuxième et le troisième on voit se soulever la ligne de base du fait de  $CO$  et  $CO_2$  libérés en fin de réaction.

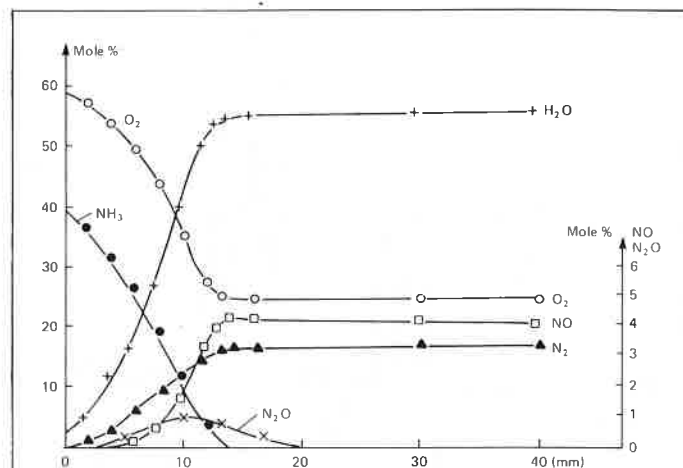


Figure 3a

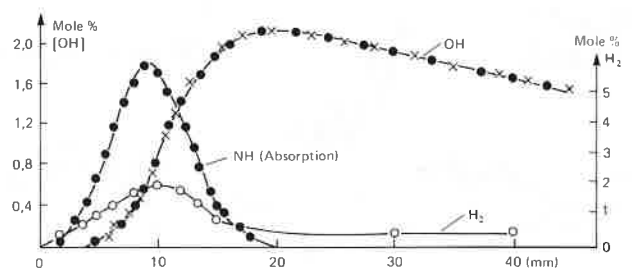


Figure 3b

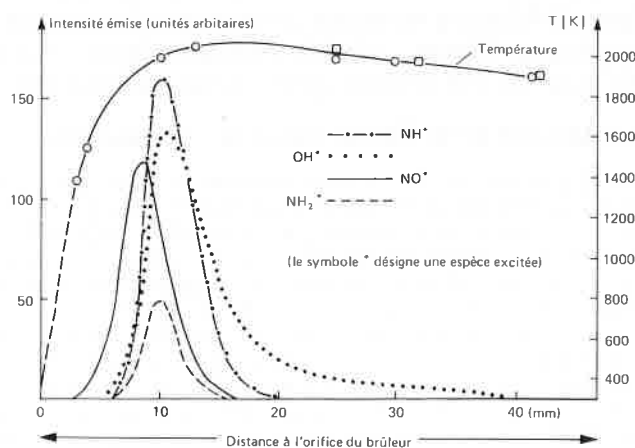


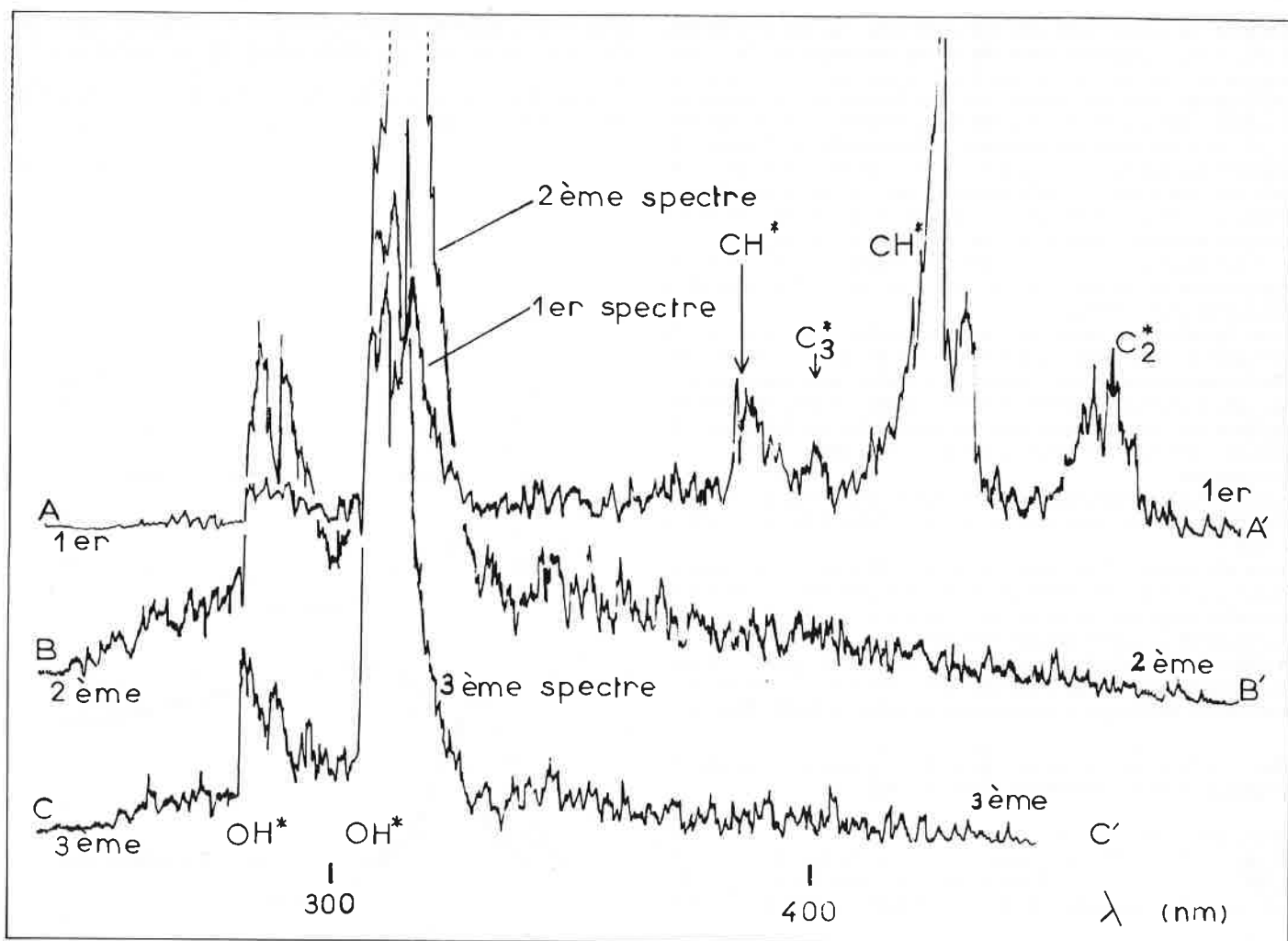
Figure 3c

**Figures 3. Profils de température et de concentrations dans une flamme  $NH_3/O_2$  (à 40 % de  $NH_3$ ) sous 20 torrs et pour un débit de  $80 \text{ cm}^3$  par seconde. Diamètre du brûleur : 8 cm. D'après la référence (6).**

La figure 3a montre que les teneurs en molécules initiales  $NH_3$  et  $O_2$  diminuent à mesure que la distance au brûleur croît tandis que celles des molécules finales  $N_2$ ,  $H_2O$  et  $NO$  augmentent, ce qui n'a rien d'étonnant; par contre l'apparition transitoire de  $N_2O$  n'a rien d'évident.

La figure 3b montre que  $NH$  apparaît avant  $OH$ . De plus en comparant les figures 3b et 3c on voit que  $OH^*$  (soit  $OH$  excité) disparaît bien avant  $OH$  dans son état fondamental.

Ce type de figures peut donner une foule de renseignements utiles pour la mise au point des brûleurs.



**Figure 4. Émission lumineuse produite par la combustion du mélange  $C_3H_8 + 2,5 O_2$ , entre 250 et 450 nanomètres. Température initiale : 620 °C. Pression initiale : 74 torrs.**

Entre le premier et le deuxième spectre, on voit disparaître  $CH^*$ ,  $C_2^*$  et  $C_3^*$ , mais non  $OH^*$ , qui lui est maximum sur le deuxième.

### Phénomènes de pollution dus à la combustion

Pour ne produire qu'une pollution minimale, la combustion dans l'air des hydrocarbures ne devrait produire que  $CO_2$ ,  $H_2O$  et  $N_2$ . Mais en fait, suivant la température, la turbulence, la durée de séjour des gaz dans les régions chaudes et la composition du mélange initial, pour ne citer que les facteurs principaux, il apparaît en outre des imbrûlés, des composés de craquage, des suies, des cétones, des oxydes d'azote, etc. La difficulté c'est que pour diminuer l'émission d'imbrûlés, il y a intérêt à faire brûler des mélanges contenant un excès d'air, ce qui fait croître la teneur en oxydes de l'azote. Le problème ne peut donc pas trouver une solution du jour au lendemain... Il est en outre compliqué par la présence d'impuretés dans le combustible lui-même : des composés soufrés dont la combustion donne  $SO_2$  et  $SO_3$ , dont les propriétés corrosives sont connues, et des composés azotés dont la combustion donne des oxydes de l'azote qui viennent se rajouter à ceux provenant de l'azote de l'air utilisé comme comburant. Tout cela sans compter un certain nombre de composés radioactifs dus à la présence de radioéléments dans les combustibles fossiles.

Il y a deux catégories principales d'imbrûlés solides : les *suies*, connues depuis longtemps, qui proviennent du craquage et de la combustion incomplète des combustibles hydrocarbonés et les « *cénosphères* », ce qui veut dire étymologiquement sphères creuses.

Laissant de côté le problème des suies, que tout le monde connaît au moins un peu, disons que les *cénosphères* sont de fines poussières, sinon tout à fait creuses du moins très poreuses, qui peuvent donc retomber très loin du lieu de leur naissance. Leur durée de vie dans l'air est donc très longue. Or, comme beaucoup de poussières

d'ailleurs, elles peuvent avoir des effets nocifs, ne serait-ce qu'un effet catalytique dans l'évolution en  $SO_3$ , et donc en acide sulfurique, de  $SO_2$  libéré par la combustion de composés soufrés. Le problème est devenu crucial quand, pour des raisons de politique énergétique on s'est mis à brûler dans les centrales thermiques des composés pétroliers de plus en plus lourds. Malheureusement les mécanismes conduisant à l'apparition des *cénosphères* sont encore mal connus, ce qui ne facilite pas la mise au point de remèdes. Néanmoins on pense que les *cénosphères* se font avant la combustion, au sein même de la phase liquide. Dans les gros brûleurs à combustible liquide on commence en effet, pour faciliter le brassage avec l'air, par pulvériser en fines gouttelettes le liquide utilisé. Sous l'effet de la chaleur, au sein de fines gouttelettes peuvent se produire à la fois des phénomènes de polymérisation et de déshydrogénation avec un évidement dû à la vaporisation brutale des fractions les plus volatiles. Le résidu de masse moléculaire élevée a ensuite peu de chance de brûler pendant son séjour dans la chambre de combustion.

Les composés azotés émis par combustion, soit  $NO$ ,  $NO_2$ , etc., sont souvent réunis sous la même formule  $NO_x$ . Ceux-ci ont deux origines principales : l'oxydation de l'azote de l'air comburant et celle des composés azotés qui peuvent se trouver dans le combustible. On a calculé, pour ce qui est du premier cas, que la quantité de  $NO$  produit par combustion du mélange stœchiométrique méthane-air sous la pression atmosphérique, devrait croître jusque vers 3 000 °C à mesure que la température du mélange croît, du moins à l'équilibre thermodynamique (8). Bien qu'en fait cet équilibre ne soit pas réalisé, en pratique plus la température de la combustion est élevée, plus la pollution par les oxydes de l'azote risque de croître. Quant à l'azote



combiné qui peut se trouver dans le combustible lui-même, il a tendance à donner des composés  $\text{NO}_x$  plus facilement encore que l'azote de l'air, au moins le plus souvent.

On conçoit que les recherches faites pour trouver des solutions ne soient pas faciles. Citons un exemple, à titre indicatif, relatif à la diminution des imbrûlés, pris dans un travail récent (9) réalisé au M.I.T. (et choisi parmi beaucoup d'autres...).

Dans la combustion du kérosène, pour une vitesse d'écoulement des gaz frais de 0,96 mètre par seconde, on voit (figure 5) que la masse des suies :

- passe par un maximum pour une certaine distance à l'orifice du brûleur (elles sont donc produites puis, en partie, brûlées),
- et qu'elle diminue (de la courbe 1 à la courbe 3 de la figure 5) quand on améliore le brassage du comburant et du combustible en agissant sur la pression de l'air dit « atomiseur » provoquant la dispersion du kérosène en fines gouttelettes.

Les mêmes conclusions sont valables pour les aromatiques polycycliques. De plus la masse de ces composés passe par un maximum, dans les cas étudiés, à des distances légèrement plus faibles que celles trouvées par la masse des suies. Cela va dans le sens de l'hypothèse que les suies dérivent pour une bonne part de certains aromatiques polycycliques.

Si la vitesse des gaz frais est plus élevée (figure 6), l'effet du brassage du comburant et du combustible est à la fois plus faible et plus complexe. Dans une certaine mesure, le premier cas, celui de la figure 5, est plus proche de celui du chauffage domestique et le second, toutes proportions gardées, de celui de la turbine à gaz. La turbine à gaz est moins sensible aux conditions de brassage et produit moins de suies, mais à grande vitesse peuvent se produire des phénomènes locaux d'extinction qui favorisent évidemment l'émission d'imbrûlés.

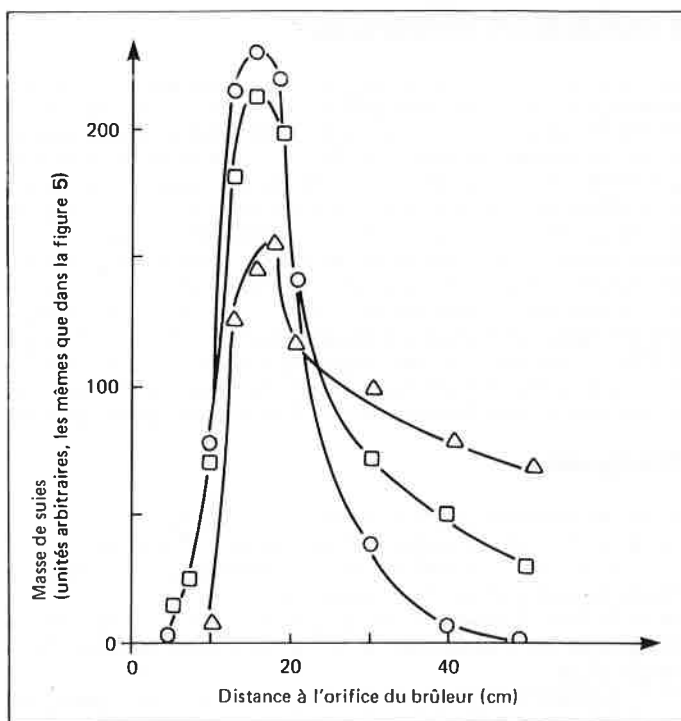


Figure 6. Même légende que dans la figure 5, mais vitesse d'écoulement des gaz frais est de  $2,67 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  [d'après la référence (9)].

Citons un second exemple, relatif celui-ci à l'émission d'oxydes de soufre et d'oxydes de l'azote (10).

On injecte un combustible « propre », c'est-à-dire non polluant, en aval de la zone de combustion primaire. On a réalisé des essais sur une flamme plate, stabilisée sur un brûleur type bec Méker assez conventionnel. On est de ce fait assez loin de la pratique industrielle, mais par contre on maîtrise mieux les principaux paramètres. Le combustible est du méthane auquel on ajoute pour le « salir »  $\text{SO}_2$  ou  $\text{NH}_3$  suivant les cas étudiés. On peut en outre faire une injection secondaire de combustible propre,  $\text{CO}$  ou  $\text{CH}_4$  suivant les cas. On a trouvé, du moins dans ces conditions, que sans injection secondaire de combustible propre le quotient  $\text{SO}_3/\text{SO}_2$  croissait avec l'excès d'air mais que par contre il décroissait quand, par addition de  $\text{SO}_2$ , on faisait croître la teneur en soufre du combustible primaire, c'est-à-dire à mesure qu'on le « salissait » par addition de  $\text{SO}_2$ . L'injection secondaire de combustible propre,  $\text{CO}$  ou  $\text{CH}_4$ , fait tendre vers zéro la quantité de  $\text{SO}_2$  du mélange initial qui est convertie en  $\text{SO}_3$ , dès que l'addition de combustible propre dépasse environ 150 %, en pourcentage de stœchiométrie, l'excès d'air dans la zone primaire.

En utilisant un combustible volontairement « sali » par addition de  $\text{NH}_3$  on trouve de manière analogue que l'injection secondaire de combustible propre fait chuter la production d'oxydes d'azote. Quand le combustible propre est du méthane, la réduction est au mieux de 50 %. Mais en prenant  $\text{NH}_3$  comme combustible primaire elle peut dépasser 90 %. Comme quoi, suivant les conditions,  $\text{NH}_3$  peut être « sale », c'est-à-dire donnant des oxydes d'azote, ou « propre », c'est-à-dire n'en donnant pas.

Malheureusement ce procédé n'est applicable qu'aux brûleurs fonctionnant avec un excès d'air puisque l'injection de combustible propre requiert une certaine quantité de comburant pour en assurer la combustion.

Il y aurait encore beaucoup à dire sur ce sujet, surtout en ce qui concerne la combustion des matériaux spécialement polluants comme les polymères chlorés (PVC...), les ordures ménagères, etc. Il faut dans ce cas prévoir des systèmes compliqués de dépoussiériers, épurateurs, etc. que nous ne pouvons pas décrire ici. Quelquefois il y a intérêt à faire de savants mélanges de déchets polluants de manière à ce que les pollutions produites par les uns et les autres se détruisent mutuellement.

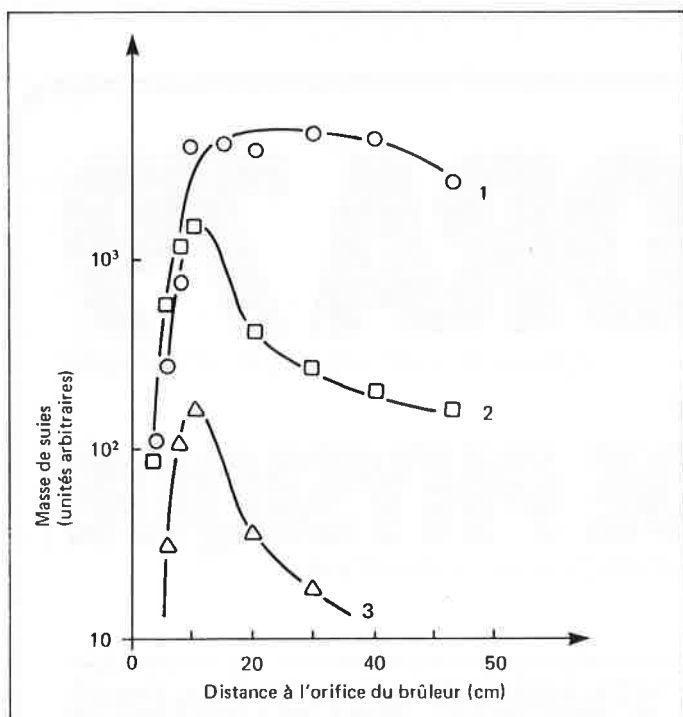


Figure 5. Masse de suies produites par la combustion d'un mélange stœchiométrique kérosène-air pour trois valeurs de la pression de l'air dit « atomiseur » (à peu près 5 % de l'air total), provoquant la division du kérosène en fines gouttelettes.

Courbe 1 : 184 kPa.

Courbe 2 : 205 kPa.

Courbe 3 : 239 kPa.

Vitesse d'écoulement des gaz frais :  $0,96 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  [d'après la référence (9)].

## Conclusions et bibliographie

Les réactions de combustion sont expérimentalement les plus violentes et donc les plus difficiles à maîtriser. Au niveau de l'industrie, on caractérise les mélanges et les conditions expérimentales par les abaques de certains paramètres aisément mesurables mais qui n'ont pas en eux-mêmes de signification précise. Au niveau scientifique, ces réactions sont trop complexes pour être expliquées par un modèle simple universel car les phénomènes chimiques sont modulés par des phénomènes physiques tels que diffusion de matière, de chaleur, courants de convection, etc. Il apparaît des phénomènes de couplage entre la physique et la chimie du processus qui rendent illusoire toute approche purement physique ou purement chimique. C'est peut-être pour les avoir négligés que nous en savons encore si peu sur la combustion malgré l'ancienneté de son utilisation et sa généralisation dans bien des secteurs d'activité du monde moderne.

## Bibliographie

- (1) H. W. Emmons, *Scientific American*, 1974, **231**, 21.
- (2) H. W. Emmons, *Journal of Heat Transfer*, 1973, p. 145.
- (3) B. Lewis et G. von Elbe, *Combustion, Flames and Explosions in Gases*, Academic Press, New York, 1961.
- (4) D. H. Fine, P. Gray et R. Mackinven, *Proceedings of the 12<sup>th</sup> Int. Symposium on Combustion*, p. 545 (Combustion Institute, Pittsburgh, 1969).
- (5) T. Kinbara et K. Noda, *Proceedings of the 15<sup>th</sup> Int. Symposium on Combustion*, p. 993 (Combustion Institute, Pittsburgh, 1975).
- (6) D. I. Maclean et H. G. Wagner, *Proceedings of the 11<sup>th</sup> Int. Symposium on Combustion*, p. 871 (Combustion Institute, Pittsburgh, 1967).
- (7) Travail en cours.
- (8) P. J. Marteney, *Combustion Science and Technology*, 1970, **1**, 461.
- (9) G. P. Prado, M. L. Lee, R. A. Hites, D. P. Hoult et J. B. Howard, *Proceedings of the 16<sup>th</sup> Int. Symposium on Combustion*, p. 649 (Combustion Institute, Pittsburgh, 1976).

(10) J. O. L. Wendt, C. V. Sternling et M. A. Matovich, *Proceedings of the 14<sup>th</sup> Int. Symposium on Combustion*, p. 897 (Combustion Institute, Pittsburgh, 1973).

## Pour en savoir plus

Ouvrages de base sur la combustion :

- B. Lewis et G. von Elbe, *Combustion, Flames and Explosions in Gases*; Academic Press, New York, 1961.  
A. G. Gaydon et H. G. Wolphard, *Flames, their Structure, Radiation and Temperature*; Chapman and Hall, Londres, 1960.  
A. van Tiggelen et coll., *Oxydations et combustions*, Éditions Technip, Paris, 1968.

Sur les mécanismes de la combustion :

- V. N. Kondratiev, *Chemical Kinetics of Gas Reactions* (traduit du russe par J. M. Crabtree et S. N. Carruthers; Pergamon Press, Londres, 1964).  
L. R. Sochet, *La cinétique des réactions en chaînes*; Dunod, Paris, 1971.

Sur les déflagrations :

- P. Laffitte, *La propagation des flammes dans les mélanges gazeux : les déflagrations*; Hermann, Paris, 1939.

Sur les explosifs solides :

- J. Berger et J. Viard, *Physique des explosifs solides*; Dunod, Paris, 1962.

Sur la physique et la chimie de la combustion :

- G. de Soete et A. Feugier, *Aspects physiques et chimiques de la combustion*; Éditions Technip, Paris, 1976.

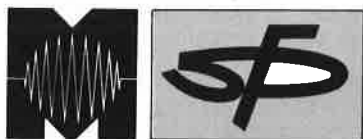
# MESUCORA 79

mesure • contrôle • régulation • automatisation • ingénierie • informatique industrielle

et

# EXPOSITION DE PHYSIQUE

recherche • appareillage et instrumentation scientifiques



**10-15 DECEMBRE 1979 - PARIS**  
PARC DES EXPOSITIONS - PORTE DE VERSAILLES • 9h-18h

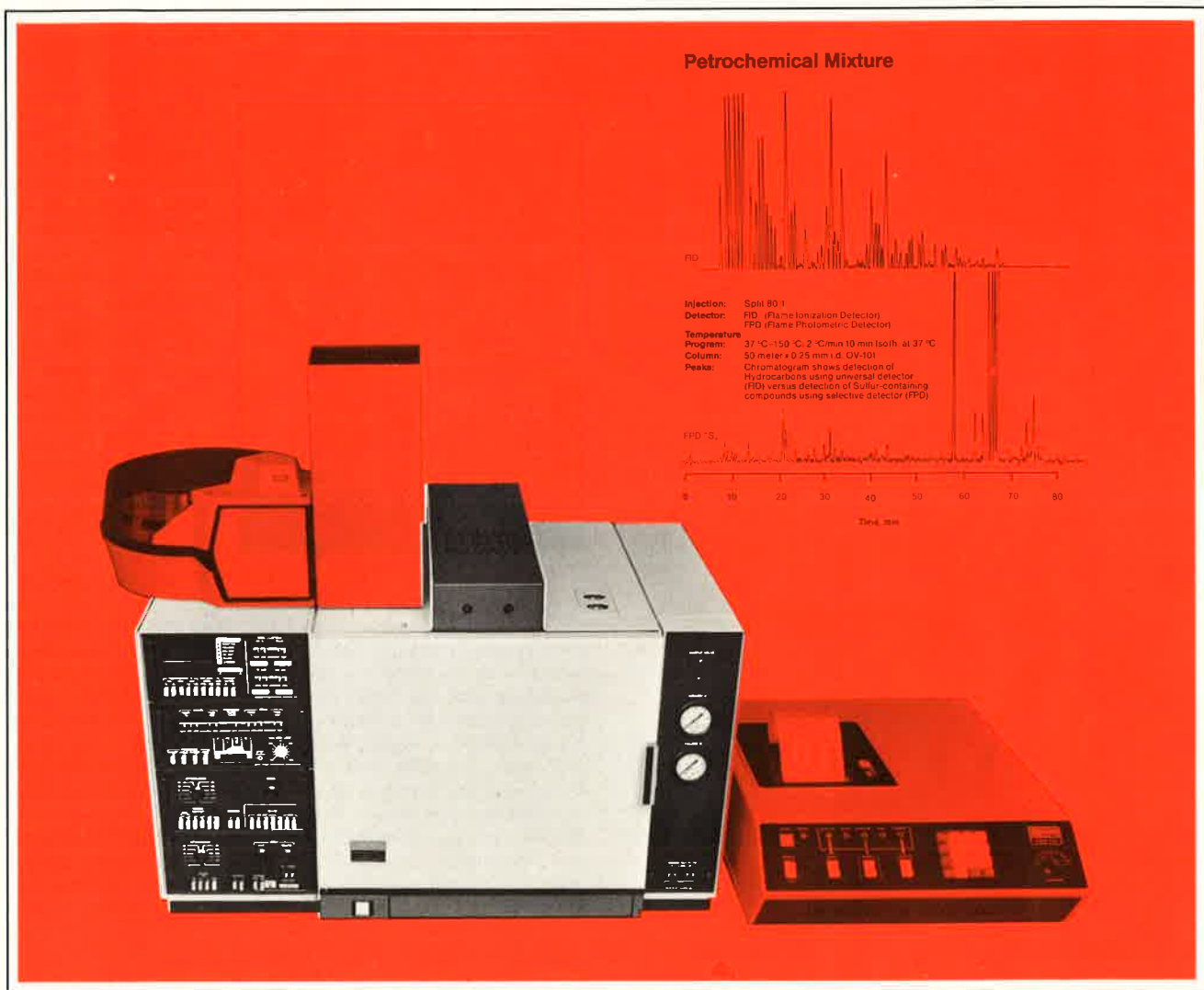
**en 1979, seules expositions européennes dans ces secteurs**

même lieu, mêmes dates :  **ÉQUIPEMENT ÉLECTRIQUE**

Renseignements : SEPIC - 40, rue du Colisée 75381 PARIS Cedex 08 - Tél. : (1) 256.38.94  
Télex Sepic 640450 F

# Varian en CPG

Les qualités des chromatographes en phase gazeuse Varian 3700 les placent au tout premier rang: rapport performance/prix, fiabilité et support technique permanent pour les applications.



**Un détecteur convenant à vos besoins**

Détecteur à conductibilité thermique (haute sensibilité), détecteur à ionisation de flamme (sans contamination), détecteur à capture d'électrons (large gamme de linéarité), double détecteur à photométrie de flamme, nouveau détecteur thermoionique (spécifique des composés azotés).

**Un injecteur adapté à votre application**

Injection flash, injection en tête de colonne, système capillaire polyvalent.

**Mesures plus précises et plus faciles**

Circuit de gaz vecteur thermostaté, four - colonnes à haute stabilité et largement dimensionné.

**Facilité d'expansion du Varian 3700**

Le système peut être complété à tout moment par l'échantillonneur automatique Autosampler 8000, le système de données CDS-111 ou tout autre accessoire.

**Automatisme complet de l'analyse chromatographique**

Le système de CPG 3711/8000 à commande par microprocesseur est entièrement automatique: injection, séparation, mesure des pics, calculs et rapport final.

Utilisez la carte-réponse pour recevoir

- des informations complémentaires
- la visite d'un ingénieur

Veillez me faire parvenir une documentation complète sur les chromatographes Varian 3700

Nom \_\_\_\_\_

Société \_\_\_\_\_

Adresse \_\_\_\_\_

Varian S.A.  
 Quartier de Courtaboeuf / BP. 12 / F-91401 Orsay  
 Tél.: 907 78 36

Varian AG  
 Steinhauserstrasse / CH-6300 Zug / Suisse  
 Tél.: (042) 23 25 75



## La RMN du phosphore en biologie

par C. Chachaty

(Département de physico-chimie, Centre d'Études Nucléaires de Saclay, B.P. n° 2, 91190 Gif-sur-Yvette)



Après avoir rappelé quelques caractéristiques de la RMN des composés organophosphorés, on passe en revue les principales informations que donne la résonance de  $^{31}\text{P}$  sur la conformation de certaines molécules biologiques.

La conformation des groupes phosphoesters des mono- et dinucléotides peut être déduite d'une manière simple des couplages  $^3J_{\text{PH}}$  et  $^3J_{\text{PC}}$  qui donnent les angles dièdres POCH et POCC. La variation de  $^3J_{\text{PH}}$  avec le pH traduit les changements de conformation du groupe phosphoester avec son degré

de protonation. Dans le cas des oligonucléotides et polynucléotides, la variation avec la température du déplacement chimique de  $^{31}\text{P}$  peut être corrélée avec la transition entre une forme hélicoïdale où les bases sont associées, et une forme non ordonnée. La relaxation longitudinale du phosphore ainsi que l'effet Overhauser  $^{31}\text{P}\{-^1\text{H}\}$  donnent également des informations sur la conformation et le comportement dynamique de phospholipides et de polynucléotides en solution. C'est ainsi que l'on peut suivre les différentes étapes de la dénaturation de l'ARN de transfert en fonction de la température. La conformation de complexes de molécules phosphorées telles que l'ATP avec les ions métalliques divalents est également étudiée par la relaxation de  $^{31}\text{P}$  induite par le spin électronique. Enfin, la RMN du phosphore convient particulièrement bien à l'étude de cellules ou de tissus intacts et même d'organes maintenus en activité par perfusion après prélèvement.

### I. Généralités sur la RMN du phosphore

Parmi les noyaux observables par Résonance Magnétique Nucléaire le phosphore-31 se situe immédiatement après le proton et le fluor au point de vue de la sensibilité de détection. Comme ces deux noyaux, il possède un spin de 1/2. Sa fréquence de résonance dans un champ magnétique de 23,5 kgauss est de 40 MHz, contre 100 MHz pour le proton. Bien que l'abondance naturelle du phosphore-31 soit de 100 %, sa sensibilité de détection n'est que 6 % de celle du proton. Elle est cependant bien supérieure à celle d'autres noyaux importants tels que le carbone-13, l'azote-14 ou 15, l'oxygène-17 et le deutérium. Du point de vue expérimental, la RMN du phosphore ne présente pas de difficultés majeures, en particulier depuis la mise en œuvre de la transformée de Fourier. Jusqu'à ces deux ou trois dernières années la plupart des travaux sur la RMN du phosphore ont été effectués à champ moyen, c'est-à-dire dans des champs magnétiques de 14 à 23,5 kgauss. L'usage des spectromètres à haut champ et à aimant supraconducteur pour l'étude de ce noyau tend à se généraliser. L'optimum de sensibilité paraît se situer à une fréquence de 80 MHz, ce qui correspond à un champ d'environ 50 kgauss. A champ plus élevé, la sensibilité se trouve réduite par un élargissement de raie qui augmente comme le carré du champ. Cet élargissement est dû au



mécanisme de relaxation nucléaire par anisotropie du déplacement chimique.

Depuis 1960, un nombre considérable de travaux ont été consacrés à la RMN des dérivés organophosphorés dont une grande partie se trouve résumée dans la monographie de Mavel (1). Grâce aux progrès techniques récents, la RMN du phosphore dans les systèmes biologiques est en plein développement et permet actuellement des observations dans des cellules ou des tissus intacts.

Avant d'aborder cette question, rappelons quelques caractéristiques de la RMN de ce noyau. Tout d'abord, le domaine de déplacement chimique du phosphore est particulièrement étendu puisqu'il varie de + 500 ppm à - 250 ppm par rapport à l'acide phosphorique pris comme référence. Le déplacement chimique de  $^{31}\text{P}$  provient de l'effet d'écran créé par la circulation des électrons  $p$  et  $d$  du phosphore dont les populations respectives varient selon le nombre de coordination de ce noyau qui peut aller de 3 à 6, de l'électronégativité des groupes adjacents et des angles de liaison. Pour les composés phosphorés d'intérêt biologique, qui dérivent tous de l'acide phosphorique, le

domaine des déplacements chimiques n'est que de quelques ppm, mais cette faible variation donne, comme on le verra plus loin, un certain nombre d'informations sur la conformation et l'ionisation des groupes phosphoesters.

De même que le déplacement chimique, le couplage direct  $^1J_{\text{PH}}$  proton-phosphore, qui est toujours positif, dépend considérablement du degré de coordination du phosphore et de la nature des ligands et peut varier d'une centaine à un millier de Hz. Les couplages phosphore-proton à travers deux ou trois liaisons  $^2J_{\text{PCH}}$  et  $^3J_{\text{PCCH}}$  sont stéréospécifiques et dépendent en signe et en grandeur de l'orientation de la liaison C - H par rapport aux autres liaisons qui partent du phosphore.

Dans le domaine de la RMN des composés d'intérêt biologique, nous examinerons successivement les informations que l'on peut extraire du couplage du phosphore avec le proton et le carbone 13, du déplacement chimique du phosphore et enfin, de sa relaxation nucléaire induite par les protons voisins ou par un ion métallique paramagnétique.

## II. Couplages $^{31}\text{P}-^1\text{H}$ et $^{31}\text{P}-^{13}\text{C}$ dans les groupes phosphoesters

### II.1. Dépendance angulaire des couplages $^3J_{\text{PH}}$ et $^3J_{\text{PC}}$

Le couplage phosphore-proton à travers trois liaisons  $^3J$  est particulièrement important car il donne la conformation locale des

groupes phosphoesters. Il a fait l'objet d'une première étude systématique par Tsuboi et coll. (2) qui ont déterminé les couplages protons-phosphore dans les spectres de résonance protonique d'une dizaine d'esters de l'acide phosphorique. Dans de tels composés, le couplage observé peut être considéré comme une moyenne pondérée entre les couplages des conformères *trans* et *gauche* du fragment POCH.

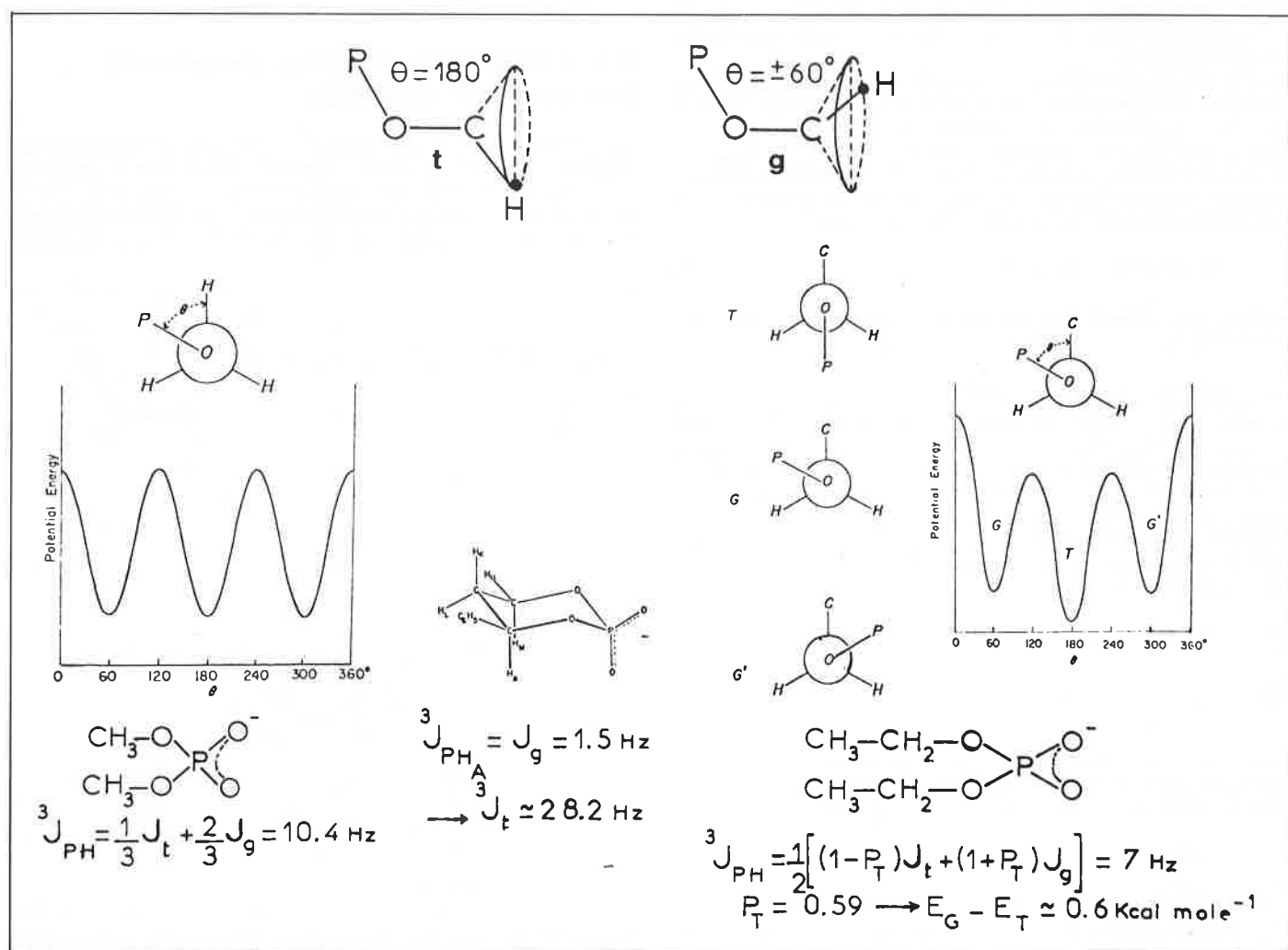


Figure 1. Dépendance angulaire de  $^3J_{\text{PH}}$  dans les groupes phosphoesters (reproduit en partie d'après la référence 2).

On montre facilement que le couplage équivalent des trois protons du phosphate de méthyle est donné par la relation :

$$J_{HP} = \frac{1}{3} J_t + \frac{2}{3} J_g \quad \text{avec} \quad J_{HP} = 10,4 \text{ Hz} \quad (I)$$

La constante  $J_g$  est donnée par le phosphate cyclique de phényl-1 propanediol-1,3 bloqué dans la forme chaise par le groupe phényle : l'angle dièdre H1COP étant de  $60^\circ$ ,  $J_g = J_{H1P} = 1,5 \text{ Hz}$  et la relation I nous donne  $J_t = 28,2 \text{ Hz}$ .

Connaissant  $J_t$  et  $J_g$ , il est possible d'évaluer, d'après le couplage moyen du phosphore avec le proton, la probabilité des conformères *trans* et *gauche* des groupes phosphoesters. Ainsi pour les deux protons  $\alpha$  du phosphate d'éthyle, on a :

$${}^3J_{HP} = \frac{1}{2} [(1 - P_T)J_t + (1 + P_T)J_g] = 7 \text{ Hz} \quad (II)$$

on en déduit que la probabilité de la forme *trans* T est de 0,59 et que son énergie potentielle est de 0,6 kcal . mole<sup>-1</sup> plus basse que celle des formes *gauche* G ou G' (Figure 1).

La dépendance angulaire du couplage  ${}^3J_{PH}$  a été également étudiée par White et Verkade (3) à partir d'une vingtaine de phosphites et de phosphates mono- et polycycliques rigides, de conformation connue, qui donnent des angles dièdres POCH compris entre  $60^\circ$  et  $180^\circ$ . Entre ces deux extrêmes les couplages  ${}^3J_{HP}$  varient de 0,30 à 24 Hz, en accord raisonnable avec les valeurs des constantes données par Tsuboi et coll. (2) qui donnent une variation de 1,5 à 28 Hz. Plus récemment, Smith et coll. (4) ont étudié le couplage  ${}^3J_{PH}$  dans les 3'-5' nucléotides cycliques, en particulier le 3',5' adénosine mono-phosphate cyclique.

On sait, d'après les études aux rayons X des nucléotides cycliques, que le cycle contenant le phosphore est bloqué dans la forme chaise et que, par conséquent, le couplage *trans*  $J_t$  est donné par  ${}^3J_{H5'P} = 20,9 \text{ Hz}$ , le couplage *gauche* par  $J_g = {}^3J_{H3'P}$  ou  ${}^3J_{H5'P} = 1,8 \text{ Hz}$ . Par analogie avec la loi de Karplus qui définit le couplage vicinal de deux protons, Smith et coll. ont proposé pour la dépendance angulaire du couplage  ${}^3J_{PH}$ , la relation :

$${}^3J_{HP} = 16.3 \cos^2 \theta - 4.6 \cos \theta \quad (III)$$

généralement utilisée dans le cas des nucléotides, où  $\theta$  désigne l'angle dièdre POCH.

Ces mêmes auteurs ont également étudié le couplage phosphore carbone 13  ${}^3J_{PC}$  dans les nucléotides 3'-5' cycliques (5). Alors que le couplage P-H peut être étudié en observant, soit le proton, soit le phosphore, le couplage phosphore-carbone 13 ne peut être mesuré qu'en RMN du carbone 13 en raison de la faible abondance isotopique de ce noyau. Étant donné la conformation chaise du cycle à 6 atomes contenant le phosphore il apparaît que le fragment  $POC_3C_2$  est *trans* alors que les fragments  $POC_3C_4$  et  $POC_5C_4$  sont *gauches*. Les valeurs expérimentales donnent :

$${}^3J_{PC}^{trans} = {}^3J_{PC2'} = 8 \text{ Hz}$$

et

$${}^3J_{PC}^{gauche} = \frac{1}{2} {}^3J_{PC4'} = 2,3 \text{ Hz}$$

le facteur 1/2 provenant de ce que le phosphore est couplé au carbone 4' par deux voies différentes (Figure 2). Compte tenu de ces résultats, Smith (5) a proposé la relation empirique :

$${}^3J'_{CP} = 8 \cos^2 \gamma \quad (IV)$$

$\gamma$  étant l'angle dièdre CCOP. Cette relation est très utile pour déterminer la conformation des groupes phosphoesters lorsque les spectres de résonance du phosphore et du proton sont trop mal résolus ou trop complexes pour permettre de déterminer le couplage  ${}^3J_{PH}$ .

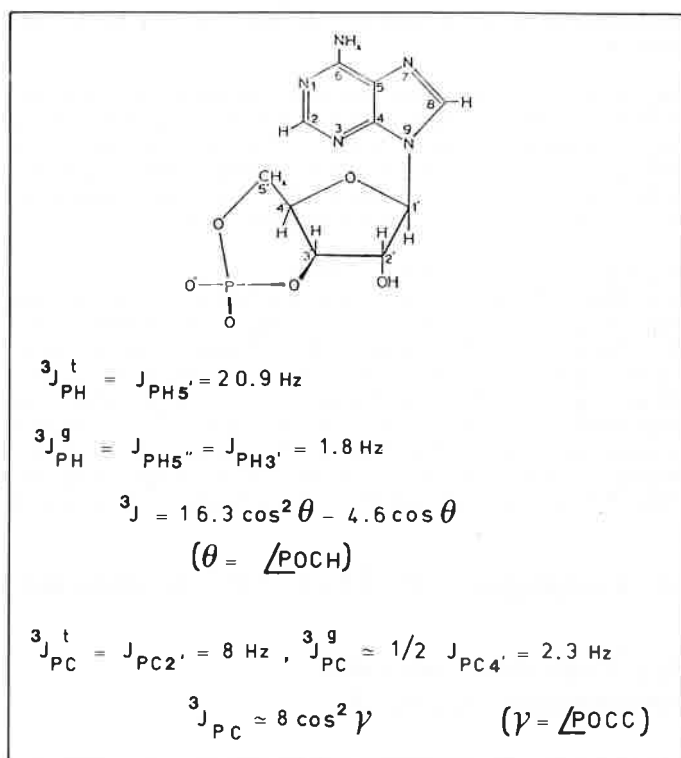


Figure 2. Couplages  ${}^3J_{PH}$  et  ${}^3J_{PC}$  dans le 3' → 5' adénosine monophosphate cyclique.

## II.2. Conformation du groupe phosphoester dans les 3' et 5' nucléotides

Les relations I et II qui donnent la dépendance angulaire des couplages  ${}^3J_{PH}$  et  ${}^3J_{PC}$  ont été utilisées par Danyluk et coll. pour déterminer les rotamères du groupe phosphoester dans les 2', 3' et 5' nucléotides (6, 7) ainsi que dans les dinucléotides (8). Dans le cas des 3' nucléotides, les populations  $P_I$ ,  $P_{II}$  et  $P_{III}$  de ces rotamères

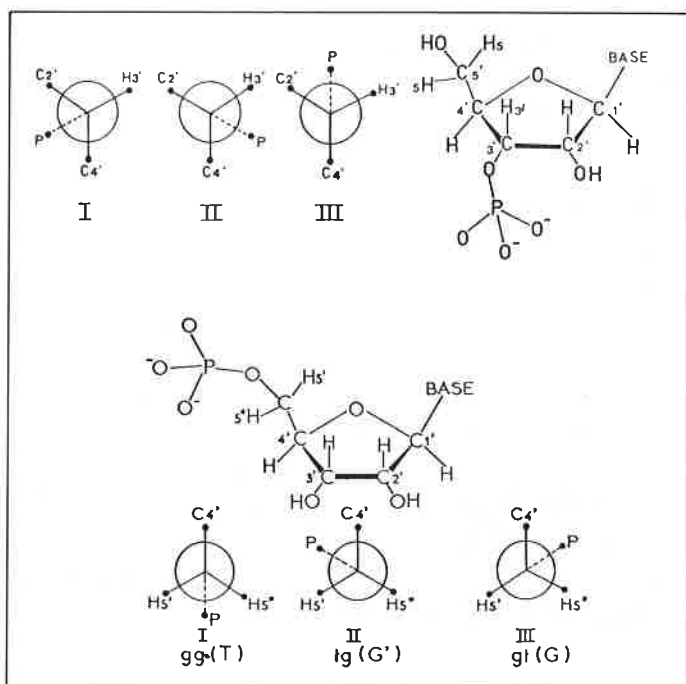


Figure 3. Rotamères du groupe phosphate autour des liaisons C3'-O3' et C5'-O5' des 3' et 5' nucléosides monophosphates.

(Figure 3) sont obtenus à partir des couplages du phosphore avec les carbonés C2' et C4' :

$$P_I = \frac{(J'_t + J'_g) - (J'_{PC2'} + J'_{PC4'})}{J'_t - J'_g} \quad (Va)$$

$$P_{II} = \frac{J'_{PC2'} - J'_g}{J'_t - J'_g} \quad (Vb)$$

$$P_{III} = \frac{J'_{PC4'} - J'_g}{J'_t - J'_g} \quad (Vc)$$

en prenant  $J'_t = 8$  Hz,  $J'_g \approx 2,3$  Hz (relation IV).

On vérifie aisément la compatibilité des relations I et II en calculant à partir des populations ainsi obtenues, le couplage  $^3J_{PH3'}$  :

$$^3J_{PH3'} = 20,9 P_I + 1,8 (P_{II} + P_{III}) \quad (VI)$$

que l'on compare à la valeur expérimentale. Dans le cas du 3' uridine monophosphate, on a par exemple :

$J_{PC2'}$	$J_{PC4'}$	$P_I$	$P_{II}$	$P_{III}$	$J_{PH3'}^{calc.}$	$J_{PH3'}^{exp.}$
2,5 Hz	6,0 Hz	0,32	0,04	0,64	7,7 Hz	8,0 Hz

La population des rotamères du groupe phosphate des 5' nucléotides est donnée de même par les couplages  $^3J_{PH5'}$  et  $^3J_{PH5''}$  :

$$P_I = \frac{(J_t + J_g) - (J_{PH5'} + J_{PH5''})}{J_t - J_g} \quad (VIIa)$$

$$P_{II} = \frac{J_{PH5'} - J_g}{J_t - J_g} \quad (VIIb)$$

$$P_{III} = \frac{J_{PH5''} - J_g}{J_t - J_g} \quad (VIIc)$$

### III. Déplacement chimique de $^{31}P$ dans les nucléotides et polynucléotides Effets du pH et de la température

Le déplacement chimique du phosphore dans les mononucléotides dépend fortement du pH (10). La neutralisation complète du groupe phosphate entraîne une variation d'environ 5 ppm, l'ionisation primaire se situant à pH 1,6-1,7 et l'ionisation secondaire entre pH 5,7 et pH 6,3 selon la nature du mononucléotide. La variation du déplacement chimique en fonction du pH est, par contre, très faible pour les nucléotides 3'-5' cycliques ou pour les dinucléotides. Le déplacement chimique du phosphore en fonction du pH peut être considéré comme résultant de trois facteurs : la densité électronique sur les oxygènes liés au phosphore, la population des orbitales  $d\pi$  du phosphore et l'angle O-P-O. Ce dernier facteur a été plus particulièrement étudié par Gorenstein (11), en déterminant sur une série de phosphoesters la relation entre l'angle O-P-O donné par diffraction de rayons X et le déplacement chimique observé en RMN pour ces mêmes composés en solution.

Gorenstein et coll. (12) ont étudié également la variation en fonction de la température du déplacement chimique du phosphore dans les polynucléotides. Cette variation est liée aux angles de torsion autour

### IV. Déplacement chimique de $^{31}P$ et couplages $^1J_{P,P}$ dans l'ATP

L'un des composés phosphorés les plus importants est l'adénosine triphosphate (ATP) qui intervient dans un grand nombre de réactions biologiques. Il a fait l'objet de nombreuses études en RMN du proton et du phosphore. Parmi ces dernières nous mentionnerons celle, particulièrement originale, de Labotka, Glonek et Myers (13) qui met en œuvre le déplacement chimique du phosphore ainsi que le couplage  $^{31}P$ - $^{31}P$ . Des mesures comparatives de ces deux paramètres ont été effectuées en solution aqueuse ou en milieu polaire anhydre de tétraméthylurée. En effet, les milieux intracellulaires où

avec

$$J_g = 1,8 \text{ Hz}, J_t = 20,9 \text{ Hz}.$$

Pour la plupart des 5' nucléotides, il apparaît que le rotamère I (gauche-gauche) est prédominant avec  $P_I = 0,7-0,8$ .

Le couplage phosphore-proton, à travers 3 ou 4 liaisons  $^3J_{PH}$  et  $^4J_{PH}$ , a été étudié également par Cozzzone et Jardetzky (9) par observation de la résonance du phosphore de plusieurs 3' et 5' nucléosides monophosphates, de leurs analogues 3'-5' cycliques et de dinucléotides, en fonction du pH et de la température.

Pour tous les 5' nucléosides monophosphates, le couplage  $^3J_{PH}$  indique que le rotamère *gg* autour de la liaison C5'-O5' est largement prédominant avec une proportion de 85 % indépendamment du pH et de la température. Pour les 3' nucléotides monophosphates, c'est le rotamère gauche (III) autour de C3'-O3' qui est majoritaire. Le couplage  $^3J_{PH3'}$  diminue lorsqu'on augmente le pH, ce qui indique l'existence d'une interaction entre le groupe phosphate et le groupe OH en position 2' ; en effet, cette variation n'est pas observée pour les 3' désoxyribonucléotides monophosphates où le groupe OH est remplacé par un hydrogène. Les conformères préférentiels du groupe phosphate des dinucléotides autour des liaisons C3'-O3' et C5'-O5' sont les mêmes que pour les mononucléotides, mais avec une plus forte proportion, qui reflète une liberté de rotation plus restreinte au voisinage de ce groupe.

La valeur maximale du couplage  $^4J_{PH}$ , qui est de 2,7 Hz, correspond à une conformation plane en W du fragment P-O-C-C-H. Dans le cas des 5' ribonucléotides, la variation de  $^4J_{PH4'}$  en fonction du pH indique que ce couplage est maximum lorsque le groupe phosphate est biprotoné en dessous de pH 1, et diminue avec les deux ionisations successives du groupe phosphate pour atteindre une limite de 1 Hz vers pH 11. Pour tous les 3' mononucléotides, les couplages  $^4J_{PH}$  avec H2' et H3' sont très faibles, de l'ordre de 0,3 à 0,9 Hz.

des liaisons O-P du groupe phosphoester. Ainsi le déplacement chimique du phosphore d'un phosphodiester monoanion dans la conformation *gauche-gauche* du fragment C3'-O3'-P-O5'-C5' est situé à 10 ppm à plus haut champ que pour le conformère *gauche-trans* (Figure 4).

Cette variation de déplacement chimique donne une information sur la conformation de dinucléotides monophosphates, dinucléotides diphosphates ou d'acides polyribonucléiques autour des groupes phosphoesters. Pour chacun de ces composés on peut définir une température ou zone de température, dite de fusion, qui correspond à une transition entre une structure rigide hélicoïdale avec superposition des bases et une structure « ouverte » où les bases se réorientent indépendamment. La « fusion » des polynucléotides qui se manifeste par un déplacement de la résonance du phosphore vers les bas champs provient d'une augmentation de la population du conformère *gt* du groupe phosphoester aux dépens du conformère *gg*, tous deux représentés dans la figure 4 sur l'exemple de l'UpA (uridilyl 3' → 5' adénosine monophosphate).

s'effectuent la plupart des réactions biochimiques ne se comportent pas toujours comme de simples solutions aqueuses, les surfaces des protéines enzymatiques et des biomembranes peuvent être considérées comme non hydratées et les molécules d'eau, quand elles sont présentes, participent à des structures ordonnées.

La courbe de titration du déplacement chimique en fonction du pH présente pour l'ATP en solution aqueuse un déplacement chimique important du phosphore  $\gamma$  à pH 6,7, moins accentué pour le

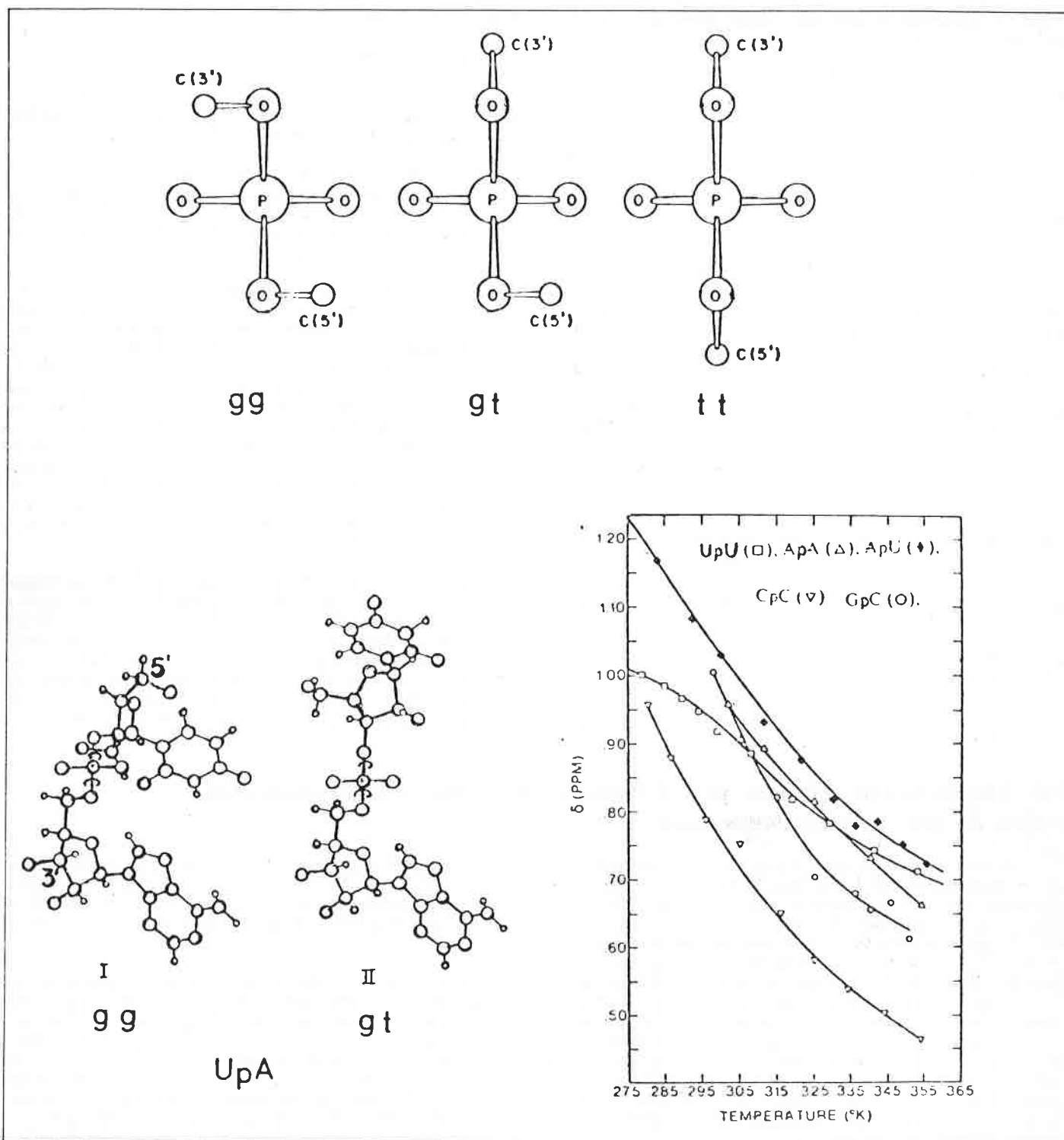


Figure 4. (A) Conformères du fragment C3'-O3'-P-O5'-C5' de dinucléotides.

(B) Conformères gg et gt de l'uridylyl 3' → 5' adénosine monophosphate.

(C) Effet de la température sur le déplacement chimique de  $^{31}\text{P}$  dans les dinucléotides UpU, ApA, ApU, CpC, et GpC (U = uridine, A = adénine, C = cytosine, G = guanine).

(B) et (C) sont reproduits d'après la référence 12.

phosphore  $\beta$  et pratiquement nul pour le phosphore  $\alpha$ . Ces déplacements chimiques correspondent à la protonation du groupe phosphate terminal. En milieu tétraméthyluréé le point d'inflexion de la courbe de titrage n'est pas observé à pH 6,7 mais à pH 4,7 ce qui correspond non plus à la protonation de la chaîne phosphate, mais à celle du cycle, sur l'azote 7. Cette variation correspond à l'interaction de la chaîne phosphate avec l'adénine chargée positivement. La comparaison des deux solvants montre qu'en solution aqueuse, la

chaîne phosphate est hydratée et éloignée de la base alors qu'en milieu polaire anhydre il se produit un changement de conformation de la chaîne phosphate qui s'oriente vers la base lorsque celle-ci est protonnée. Ceci est parfaitement confirmé par l'étude du couplage  $^{31}\text{P}$ - $^{31}\text{P}$ . En milieu aqueux  $J_{\alpha\beta}$  et  $J_{\beta\gamma}$  sont tous deux égaux à 21 Hz quel que soit le pH. En milieu anhydre de tétraméthyluréé ces deux couplages sont assez voisins et de l'ordre de 24 Hz à pH neutre ou basique. Ils divergent au-dessous de pH 6 et tendent vers les limites



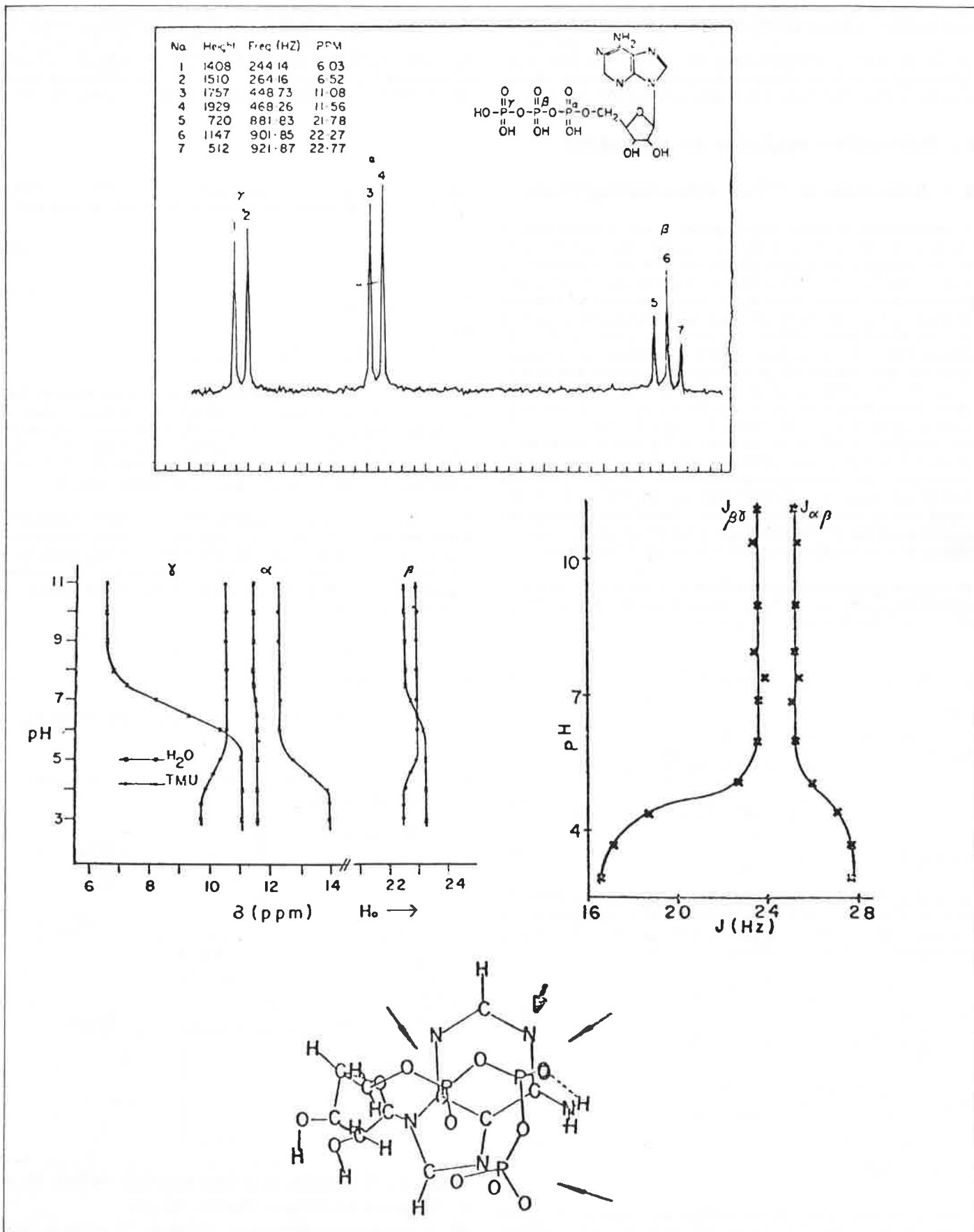


Figure 5. (A) Spectre de  $^{31}\text{P}$  de l'adénosine triphosphate à 40 MHz ( $H_0 = 23,5$  kgauss).

(B) Déplacement chimique et couplage  $^1J_{\text{P-P}}$  de l'ATP en milieux aqueux et dans la tétraméthylurée (TMU).

(C) Conformation de l'ATP en milieu anhydre (TMU) montrant l'interaction entre le groupe triphosphate et l'adénine par liaison hydrogène.

(B) et (C) sont extraits de la référence 13.

$J_{\alpha\beta} = 28 \text{ Hz}$  et  $J_{\beta\gamma} = 16 \text{ Hz}$ , le point milieu de la transition étant situé à pH 4,5 comme pour celle des déplacements chimiques. De ces changements de déplacement chimique et de couplage phosphore-phosphore dans la tétraméthylurée les auteurs déduisent qu'en milieu acide anhydre, la chaîne de phosphate se replie sur l'adénine avec formation d'une liaison hydrogène entre la phosphate  $\beta$  et le

groupe amino en position 6 de la base (Figure 5). Une observation analogue a été faite sur la résonance du  $^{31}\text{P}$  dans un muscle intact de grenouille. Lorsque le muscle est frais les couplages  $J_{\alpha\beta}$  et  $J_{\beta\gamma}$  sont équivalents, lorsqu'il se dégrade et s'acidifie, ces couplages divergent et l'on obtient  $J_{\alpha\beta} = 22,8 \text{ Hz}$ ,  $J_{\beta\gamma} = 14,8 \text{ Hz}$ . Cela indique que dans le muscle l'ATP est en milieu anhydre ou en milieu aqueux structuré.

## V. Relaxation nucléaire du phosphore

### V.1. Relaxation de $^{31}\text{P}$ en milieu diamagnétique

Le déplacement chimique du phosphore et son couplage avec le proton ou le carbone 13 ne donnent que des informations très locales sur les composés biologiques phosphorés. Des informations sur la structure moléculaire à plus grande échelle ainsi que sur la dynamique moléculaire peuvent être fournies par les méthodes de relaxation nucléaire : c'est-à-dire la mesure des temps de relaxation  $T_1$  et  $T_2$  et de l'effet Overhauser nucléaire. Les temps de relaxation  $T_1$  et  $T_2$  définissent la vitesse de retour à l'équilibre de l'aimantation nucléaire après une perturbation telle qu'une impulsion radiofréquence intense. L'effet Overhauser nucléaire est la variation d'amplitude du signal de résonance d'un noyau que l'on observe lorsqu'on sature simultanément la résonance d'un autre noyau qui exerce sur lui un effet dipolaire. Dans le cas des systèmes biologiques la relaxation du phosphore s'effectue par interaction dipolaire avec les protons avoisinants et par anisotropie du déplacement chimique. La séparation de ces deux contributions peut être effectuée soit par des expériences de relaxation à des champs différents, la relaxation par anisotropie de déplacement chimique augmentant comme le carré du champ, ou plus simplement par mesure de l'effet Overhauser.

La vitesse de relaxation longitudinale du phosphore, que l'on obtient généralement avec une meilleure précision que le temps de relaxation  $T_2$  ou l'effet Overhauser, a pour expression :

$$\frac{1}{T_1} = \left[ \frac{1}{T_1} \right]_{\text{dipole}} + \left[ \frac{1}{T_1} \right]_{\text{csa}} = \sum_i \rho_{\text{H}_i} + \rho_{\text{P}} \quad (\text{VIII})$$

avec :

$$\rho_{\text{P H}_i} = \frac{\gamma_{\text{P}}^2 \gamma_{\text{H}}^2 h^2}{r_i^6} \times \frac{\tau_c}{10} \left[ \frac{1}{1 + (\omega_{\text{P}} - \omega_{\text{H}})^2 \tau_c^2} + \frac{6}{1 + (\omega_{\text{P}} + \omega_{\text{H}})^2 \tau_c^2} + \frac{3}{1 + \omega_{\text{P}}^2 \tau_c^2} \right] \quad (\text{IXa})$$

$$\rho_{\text{P}} = \frac{2}{15} (\delta_{\parallel} - \delta_{\perp})^2 \omega_{\text{P}}^2 \times \frac{\tau_c}{1 + \omega_{\text{P}}^2 \tau_c^2} \quad (\text{IXb})$$

La relation VIII n'est valable que pour un découplage complet des protons. Dans ces conditions l'intensité intégrée du signal de  $^{31}\text{P}$  s'accroît d'un facteur  $1 + \eta$  par rapport au signal observé sans découplage de  $^1\text{H}$  (effet Overhauser) avec :

$$\eta = \frac{\sum_i \sigma_{\text{P H}_i}}{\sum_i \rho_{\text{H}_i} + \rho_{\text{P}}} \times \frac{\gamma_{\text{H}}}{\gamma_{\text{P}}} = \frac{2,47 \sum_i \sigma_{\text{P H}_i}}{\sum_i \rho_{\text{P H}_i} + \rho_{\text{P}}} \quad (\text{Xa})$$

$$\sigma_{\text{P H}_i} = \frac{\gamma_{\text{P}}^2 \gamma_{\text{H}}^2 h^2}{10 r_i^6} \tau_c \left[ - \frac{1}{1 + (\omega_{\text{P}} - \omega_{\text{H}})^2 \tau_c^2} + \frac{6}{(\omega_{\text{P}} + \omega_{\text{H}})^2 \tau_c^2} \right] \quad (\text{Xb})$$

Dans ces expressions  $\omega_{\text{H,P}}$  désigne la fréquence de Larmor du proton ou de phosphore dont les rapports gyromagnétiques sont désignés par  $\gamma_{\text{H,P}}$ .  $r_i$  est la distance du phosphore à un proton  $i$ ,  $\tau_c$  le temps de corrélation caractéristique du mouvement de réorientation supposé isotrope de la molécule.  $\delta_{\parallel}$  et  $\delta_{\perp}$  sont les composantes principales du tenseur de déplacement chimique du phosphore exprimées en ppm. Dans le cas où le champ magnétique est peu élevé et où les mouvements moléculaires sont suffisamment

rapides [ $(\omega_{\text{P}} + \omega_{\text{H}})^2 \tau_c^2 \ll 1$ ] les expressions de la vitesse de relaxation et de l'accroissement Overhauser se simplifient notablement :

$$\frac{1}{T_1} = (A + B) \tau_c \quad (\text{XI})$$

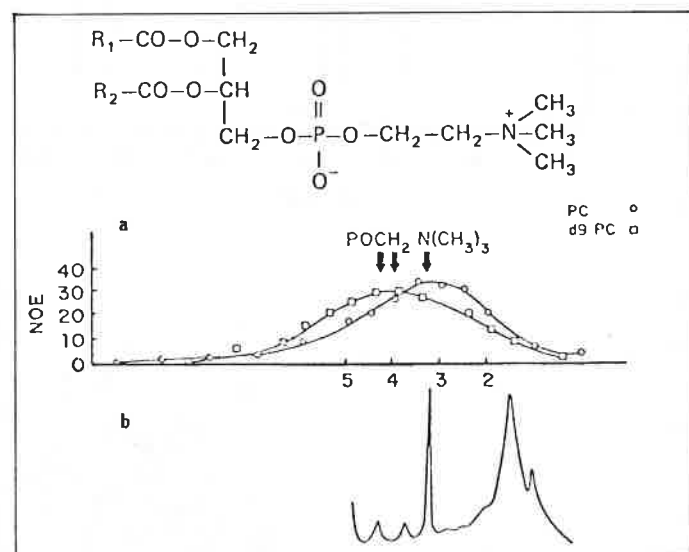
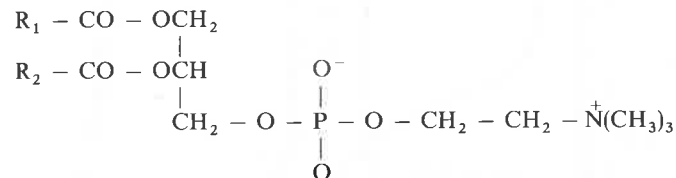
$$\eta = 1,235 \frac{A}{A + B} \quad (\text{XII})$$

avec

$$A = \sum_i \gamma_{\text{P}}^2 \gamma_{\text{H}}^2 h^2 r_i^{-6} \quad \text{et} \quad B = \frac{2}{15} \omega_{\text{P}}^2 (\delta_{\parallel} - \delta)^2$$

Les relations IX et X sont valables par exemple pour les nucléotides et l'ATP en solution aqueuse à température ordinaire, dans un champ magnétique  $H_0 \leq 23,5$  kgauss. Dans ces conditions, dites de « rétrécissement extrême », l'accroissement Overhauser de la résonance du phosphore atteint sa valeur maximale de 124 % si la relaxation de ce noyau est d'origine exclusivement dipolaire.

Un exemple intéressant d'application de l'effet Overhauser phosphore-proton est l'étude de Yeagle et coll. (14) sur la conformation des groupes polaires des phospholipides et leurs interactions intermoléculaires. L'effet Overhauser est mesuré par les variations d'amplitude du signal du phosphore d'une double couche de phosphatidyle-choline :



**Figure 6. (A) Formule de la phosphatidyle choline,  $R_1$  et  $R_2$  désignant les longues chaînes alkyles.**

**(B) a) Accroissement Overhauser  $\eta$  (NOE) de  $^{31}\text{P}$  en fonction de la fréquence de découplage des protons exprimée en ppm par rapport au tétraméthylsilane. POCH<sub>2</sub> désigne les groupes méthylènes adjacents au phosphate.**

**b) Spectre de résonance protonique de vésicules de phosphatidylecholine.**

Ces deux diagrammes sont extraits de la référence 14.

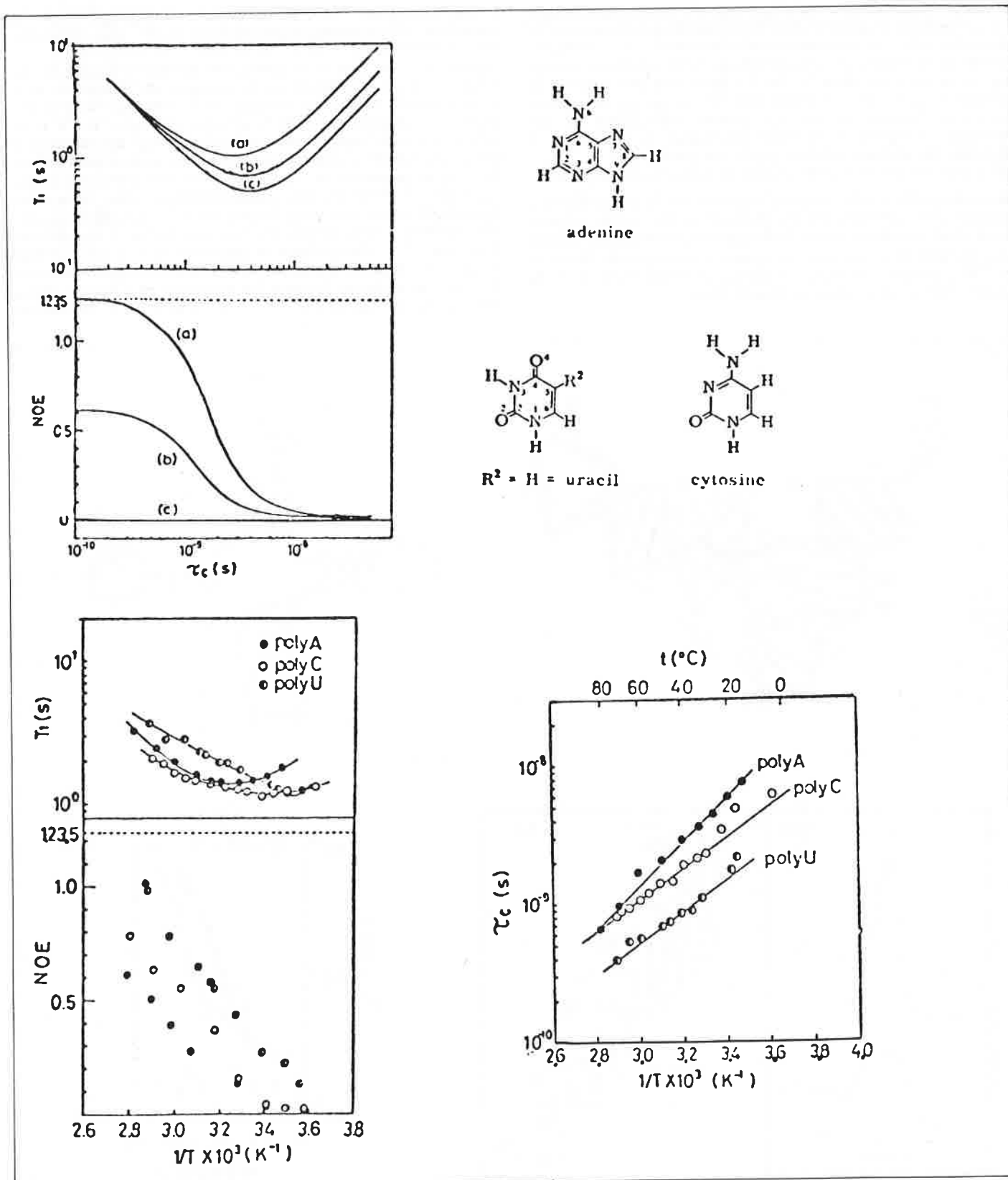


Figure 7. (A) Courbes théoriques de  $T_1$  et de l'accroissement Overhauser (NOE) de  $^{31}\text{P}$  en fonction de  $\tau_c$  relations (8)-(10) pour  $H_0 = 23,5$  kgauss.

- a) Relaxation purement dipolaire.
- b) Contributions égales de la relaxation dipolaire et de la relaxation par anisotropie du déplacement chimique.
- c) Contribution exclusive de l'anisotropie du déplacement chimique.

(B) Valeurs expérimentales de  $T_1$  et de  $\eta$  (NOE) dans les polynucléotides en fonction de la température pour  $H_0 = 23,5$  kgauss.

(C) Temps de corrélation calculés à partir de (B).

Les diagrammes (A), (B) et (C) sont extraits de la référence 15.

en faisant varier linéairement la fréquence d'irradiation des protons. L'accroissement Overhauser de la résonance du phosphore, que l'on détermine ainsi, est inversement proportionnelle à la puissance sixième de la distance proton-phosphore. Cette expérience indique que les protons des méthyles liés à l'azote sont plus proches du phosphore que ceux des méthylènes liés au groupe phosphate. Lorsqu'on remplace en effet des protons méthyliques par des deutérons, le maximum de l'effet Overhauser se déplace de la fréquence des groupes méthyles à celle des méthylènes.

On montre par ailleurs que les groupes cholines s'orientent parallèlement à la double couche de phospholipide et que le groupe  $\text{N}^+(\text{CH}_3)_3$  interagit avec le phosphate d'une molécule voisine. Si l'on remplace en effet la moitié des molécules de phosphatidyle-choline par celles de phosphatidyle-éthanolamine, on observe l'accroissement Overhauser  $^{31}\text{P}\{-^1\text{H}\}$  pour ces dernières lorsqu'on irradie les protons du groupe  $(\text{CH}_3)_3$  de la phosphatidyle-choline.

L'effet Overhauser  $^{31}\text{P}\{-^1\text{H}\}$  et la relaxation longitudinale du phosphore ont été appliqués par Akasaka et coll. (15) à l'étude des polyribonucléotides : acides polyribouridilique, adénylique et cytidylique (poly U, poly A et poly C) en solution aqueuse neutre. L'accroissement Overhauser de la résonance du phosphore, lorsqu'on découple les protons, indique que la relaxation de ce noyau provient en majeure partie de l'interaction dipolaire  $^1\text{H}\text{-}^{31}\text{P}$  (relation X). Les contributions individuelles des protons qui entourent le groupe phosphate ne peuvent être déterminées mais on peut déduire des valeurs minimales de  $T_1$  une distance P-H effective telle que  $r_{\text{eff}} = (\sum r_i^6)^{1/6}$ . Pour les trois polynucléotides étudiés, l'interaction dipolaire d'un phosphore avec les protons de la macromolécule peut être assimilée à celle qu'exercerait un seul proton à une distance d'environ 2,5 Å. Cela indique en particulier que la conformation locale au voisinage du groupe phosphate est à peu près la même pour les trois polymères en question. Le minimum du temps de relaxation  $T_1$ , qui correspond à  $\tau_c = 4 \times 10^{-9}$  s pour  $H_0 = 23,5$  kgauss,

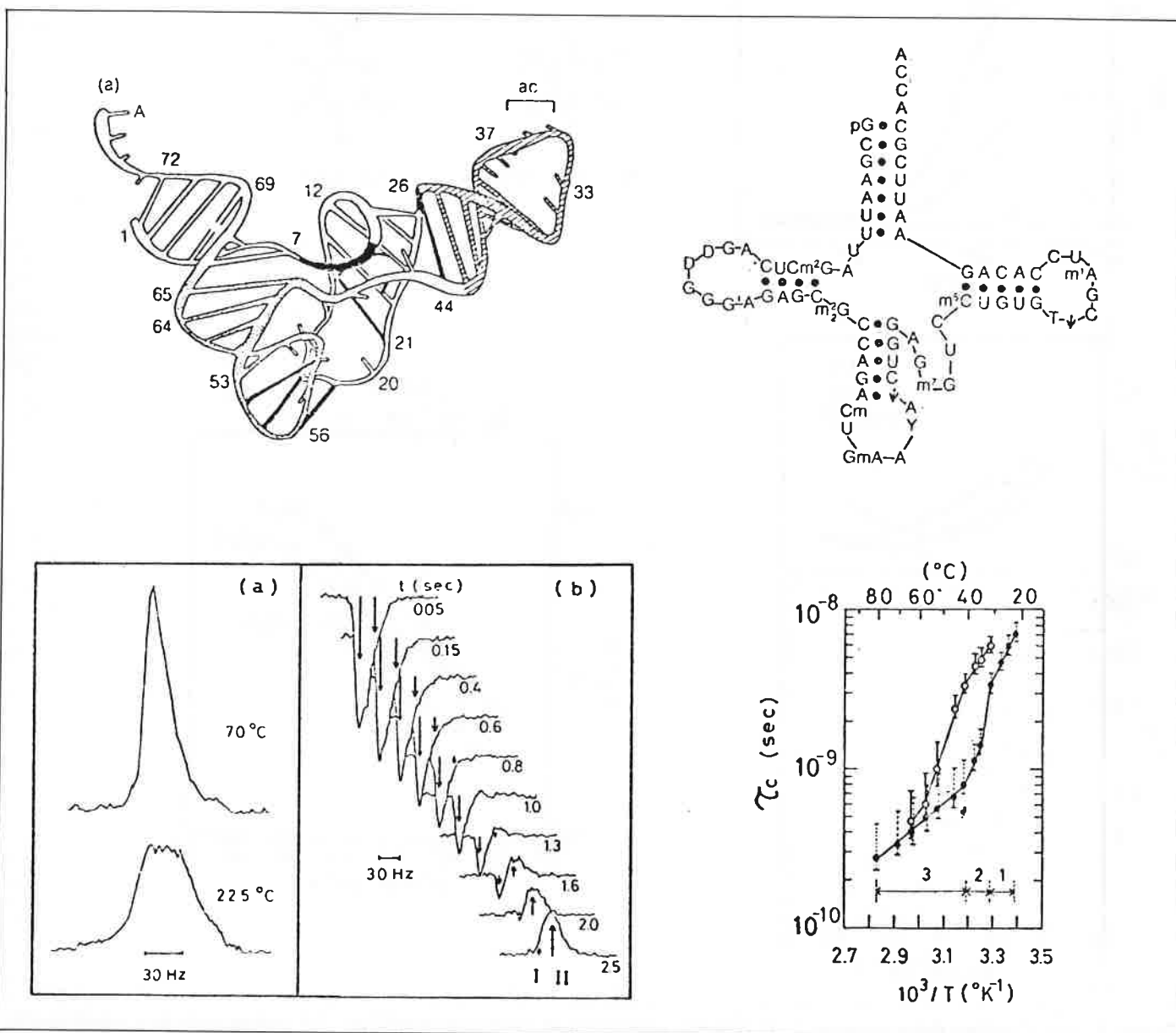


Figure 8. (A) Représentation pliée de l'ARNt de la phénylalanine (structure ternaire).

(B) Représentation plane « en trèfle » de l'ARNt.

(C) a) Résonance de  $^{31}\text{P}$  de l'ARNt.

b) Mesure du  $T_1$  de  $^{31}\text{P}$  par inversion récupération, les temps séparant les impulsions de  $180^{\circ}$  et de  $90^{\circ}$  sont indiqués à côté de chaque spectre.

(D) Temps de corrélation de réorientation  $\tau_c$  des groupes phosphates en fonction de  $1/T$  :

(●) domaines non hélicoïdaux,

(○) domaines en hélice à double brins.

Les diagrammes (C) et (D) sont extraits de la référence 16.

se situe à une température d'autant plus basse que la macromolécule est moins rigide. On observe ainsi que la rigidité croît dans l'ordre poly U < poly C < poly A comme le confirme l'effet Overhauser. L'énergie d'activation des mouvements segmentaires de ces macromolécules, donnée par la variation de  $T_1$  en fonction de  $1/T$ , croît dans le même ordre, qui reflète une tendance croissante à l'association entre les bases des unités monomères et donc à une moindre flexibilité.

Selon les mêmes principes, la relaxation du phosphore a été appliquée par Akasaka et coll. (16) à l'étude de la dénaturation de l'acide ribonucléique de transfert (ARNt) de la phénylalanine. Le spectre RMN du phosphore de cette macromolécule comporte deux raies presque confondues à la fréquence de 40 MHz. Leur différenciation peut être effectuée par une expérience d'inversion récupération (séquences d'impulsion  $180^\circ$ ,  $t$ ,  $90^\circ$  en transformée de Fourier) mettant à profit des temps de relaxation très différents.

La raie de résonance située à plus haut champ correspond aux domaines en double hélice de l'ARNt, où les bases des nucléotides sont associées par paires, l'autre, aux domaines non hélicoïdaux moins rigides. L'analyse de la variation avec la température du temps de relaxation  $T_1$  du phosphore et de l'effet Overhauser  $^{31}\text{P}\text{-}\{^1\text{H}\}$  permet de mettre en évidence les étapes de la dénaturation de l'ARNt. Cette dénaturation se manifeste par un accroissement de la mobilité segmentaire de la macromolécule :

- de 20 à 30 °C l'ARNt existe sous sa forme normale avec une structure globale pliée (structure ternaire) (Figure 8). On observe alors les deux pics mentionnés plus haut.
- entre 30 et 40 °C se produit une transition abrupte qui entraîne une décroissance rapide du temps de corrélation  $\tau_c$  des mouvements segmentaires des domaines non hélicoïdaux de l'ARNt. Cette transition est attribuable à la disparition de la structure ternaire de la macromolécule.
- au-dessus de 40 °C on observe une coalescence progressive des deux résonances du phosphore, due à la disparition des domaines en double hélice (structure secondaire de l'ARNt).

## V.2. Relaxation paramagnétique de $^{31}\text{P}$ Application aux complexes ATP-ions divalents

Une autre application importante de la relaxation du phosphore est l'étude des complexes de molécules biologiques avec les ions métalliques, en particulier ceux de l'ATP avec les ions divalents qui sont des activateurs de réactions enzymatiques. Parmi les nombreux travaux dans ce domaine, nous citerons celui de Sternlicht, Shulman et Anderson (17) qui ont étudié les complexes de l'ATP avec les ions  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$  et  $\text{Cu}^{2+}$  en fonction de la température, du pH et de la concentration de ces ions. Nous nous limiterons au cas le plus simple du complexe ATP- $\text{Mn}^{2+}$ . Les vitesses de relaxation nucléaires longitudinales ( $T_{1P}^{-1}$ ) et transversales ( $T_{2P}^{-1}$ ), induites par un ion paramagnétique, sont données par les expressions (simplifiées) (18) :

$$T_{1P}^{-1} = \frac{2}{5} S(S+1) (\gamma_S \gamma_P \hbar)^2 r^{-6} \tau_c \quad (\text{XIII})$$

$$T_{2P}^{-1} = \pi \Delta\nu_{1/2} = \frac{7}{15} S(S+1) (\gamma_S \gamma_P \hbar)^2 r^{-6} \tau_c + \frac{1}{3} S(S+1) A^2 T_{1e} \quad (\text{XIV})$$

S est le spin électronique total de l'ion,  $\gamma_S$  et  $\gamma_P$  sont les rapports gyromagnétiques de l'électron et du phosphore,  $r$  la distance phosphore-ion métallique.  $\tau_c$  est un temps de corrélation défini par  $\tau_c^{-1} = T_{1e}^{-1} + \tau_R^{-1}$ ,  $T_{1e}$  étant le temps de relaxation longitudinale de l'électron et  $\tau_R$  le temps de corrélation de réorientation du complexe. Dans le cas du complexe  $\text{Mn}^{2+}$ -ATP,  $\tau_c$  est pratiquement égal à  $\tau_R$ . A désigne la constante de couplage hyperfin du phosphore (exprimée en radians  $\cdot \text{s}^{-1}$ ) proportionnelle à la densité de spin dans l'orbitale 2s de ce noyau. Cette constante est en général donnée par le déplacement de contact de la résonance d'un noyau en présence d'un ion paramagnétique.

A température ambiante, les temps de relaxation longitudinale des trois phosphores de l'ATP sont à peu près équivalents avec  $T_{1\beta} \sim T_{1\gamma} \sim 0,75 T_{1\alpha}$ , ce qui implique que l'ion  $\text{Mn}^{2+}$  est presque équidistant des trois groupes phosphates. On sait par ailleurs que la distance  $\text{Mn}^{2+}$ -P dans les phosphates de manganèse est de 3,3 Å et l'on en déduit un temps de corrélation  $\tau_R$  de l'ordre de  $10^{-9}$  s pour le complexe ATP- $\text{Mn}^{2+}$  en solution aqueuse (relation XIII). La grande différence entre les vitesses de relation  $T_{1P}^{-1}$  et  $T_{2P}^{-1}$  des phosphores indique que la contribution scalaire à  $T_{2P}^{-1}$  est prédominante. La largeur de raie  $\Delta\nu_{1/2}$  quasi-équivalente des trois phosphores correspond à un couplage hyperfin de  $1,5$  à  $2 \cdot 10^7$  radians  $\cdot \text{s}^{-1}$ . La position de  $\text{Mn}^{2+}$  par rapport au groupe triphosphate étant connue, la géométrie globale du complexe a été déterminée à l'aide de mesures complémentaires de relaxation protonique. En appliquant les relations XIII et XIV à la relaxation des protons H8, H2 et H1' de l'ATP, on déduit que l'ion manganèse est lié également à la base adénine par l'azote N7 (Figure 9).

Cette méthode d'analyse conformationnelle mettant en œuvre des ions paramagnétiques est fréquemment appliquée à l'élucidation des conformations de composés biologiques beaucoup plus complexes que l'ATP ainsi que de macromolécules (voir par exemple réf. 20).

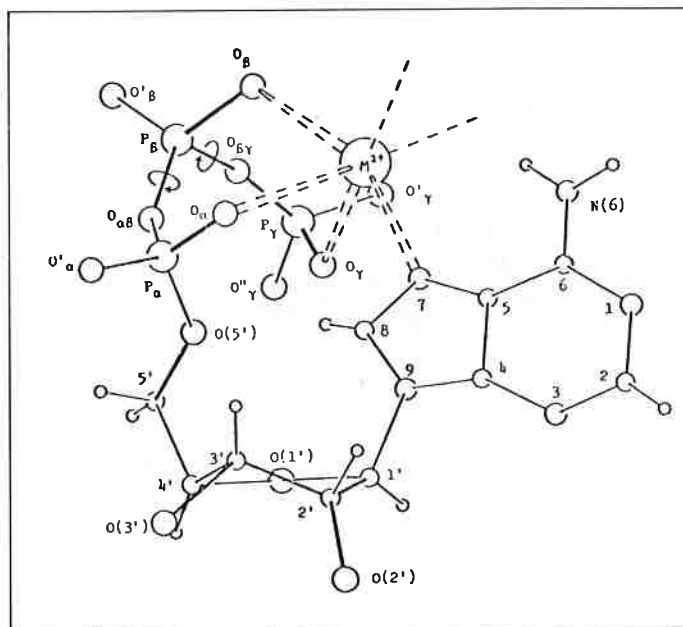


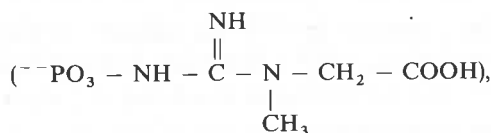
Figure 9. Complexe de l'ATP avec un ion métallique divalent  $\text{M}^{2+}$  (d'après la référence 19).

## VI. $^{31}\text{P}$ dans les cellules et les tissus intacts

Une application récente de la résonance nucléaire du phosphore en biologie est l'étude des cellules et tissus intacts. A cet égard le phosphore est privilégié par rapport à d'autres noyaux tels que le proton et le carbone 13, car il donne des spectres relativement simples et facilement identifiables, correspondant à un nombre limité de composés.

C'est ainsi qu'en 1974, Radda et coll. (21) ont montré que le spectre de RMN du phosphore dans un muscle intact peut être obtenu en quelques minutes par accumulation en transformée de Fourier. Ce

spectre est constitué des signaux de l'ATP, du phosphate de créatine



des phosphates de glucose et des ions phosphate minéraux. La position des pics de l'ATP indique que ce composé est en grande



partie complexé par un ion divalent, probablement le magnésium. Le déplacement chimique de l'ion phosphate donne par ailleurs une mesure du pH intracellulaire. On constate ainsi qu'un défaut d'oxygénation du tissu entraîne une diminution du pH par suite de la libération d'acide lactique par glycolyse. Radda et coll. (22, 23) ont également effectué des expériences de RMN du phosphore sur le muscle cardiaque de souris maintenu en activité dans la sonde du spectromètre par perfusion. Les mesures ont été effectuées à 37 °C, dans un champ magnétique de 76 kgauss à une fréquence de 129 MHz.

Le premier spectre de la figure 10 correspond à l'état stationnaire en

cours de perfusion : on distingue les trois résonances de l'ATP, ainsi que deux pics correspondant respectivement au phosphate de créatine et à l'ion phosphate. Les spectres (a) à (d) ont été successivement enregistrés pendant des intervalles de temps de 200 secondes après arrêt de la perfusion. On note une décroissance rapide du phosphate de créatine, une disparition plus lente de l'ATP et un déplacement de la résonance de l'ion phosphate vers les hauts champs, lié à une diminution de pH. Lorsque la perfusion est reprise (spectres A et B), on observe une réapparition rapide du phosphate de créatine et une augmentation plus lente de la concentration de l'ATP. Ce type d'expérience peut être effectué sur n'importe quel organe maintenu en activité par perfusion, après prélèvement.

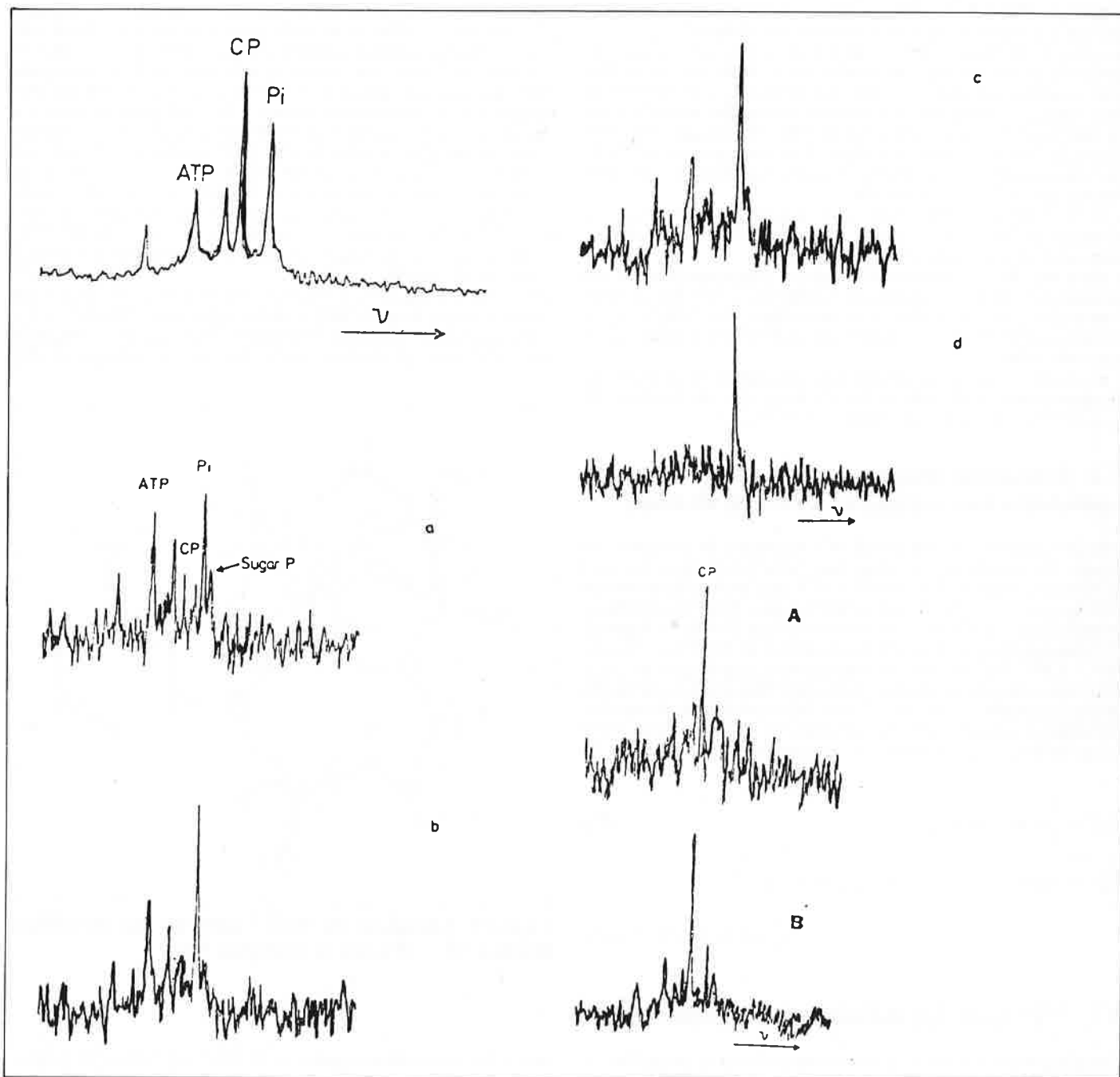


Figure 10. En haut : spectre de <sup>31</sup>P du muscle cardiaque de souris (fréquence 129 MHz, T = 37° C) en état stationnaire sous perfusion. ATP : adénosine triphosphate ; CP : phosphate de créatine ; Pi = ions phosphate.

Les spectres (a), (b), (c) et (d) sont obtenus en transformée de Fourier par périodes de 200 secondes après arrêt de la perfusion.

(A) Spectre obtenu immédiatement après reprise de la perfusion.

(B) Quinze minutes après.

Ces spectres sont extraits de la référence 23.

## VII. Conclusion

Ces quelques exemples montrent la diversité des informations que donne la RMN du phosphore sur les conformations de certaines molécules biologiques et leur évolution en fonction de facteurs tels que le pH ou la température.

Parmi ces informations, les plus précises sont fournies par les couplages du phosphore avec le proton ou le carbone 13, mais elles concernent essentiellement les petites molécules pour lesquelles la résolution spectrale est suffisante. Pour les molécules biologiques complexes et les macromolécules, on se réfère le plus souvent au déplacement chimique du phosphore dont la théorie est loin d'être parfaitement établie, mais qui donne des informations importantes quoique essentiellement qualitatives.

La relaxation nucléaire du phosphore s'applique à la dynamique

moléculaire plutôt qu'à l'étude de conformation, sauf dans les cas où l'on peut utiliser des ions métalliques comme sonde paramagnétique. Elle nécessite généralement des études complémentaires de relaxation du proton ou du carbone 13.

Enfin, par rapport aux autres noyaux, la RMN du phosphore a l'avantage presque exclusif de se prêter à l'étude de systèmes biologiques complexes tels que des cellules ou des tissus intacts et l'on peut s'attendre à des progrès importants dans ce domaine.

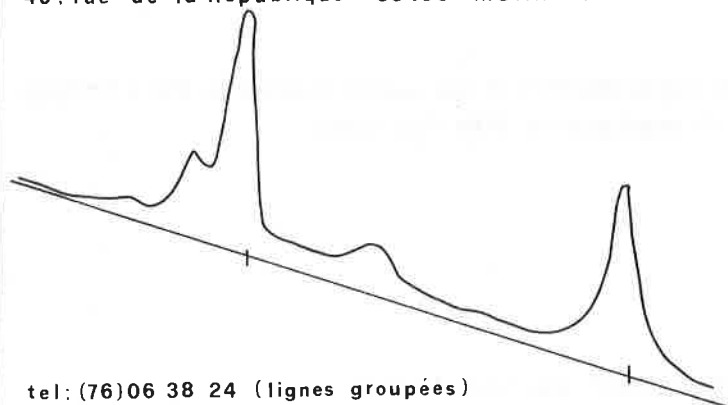
Les figures extraites de références citées dans les légendes ont été reproduites avec l'autorisation des éditeurs que nous remercions ici : American Chemical Society (12, 13, 14), The Chemical Society of Japan (2, 15), Academic Press Inc. (23), John Wiley and Sons (16, 19).

## Bibliographie

- (1) G. Mavel, *Ann. Report NMR Spectroscopy*, 1973, **5B**, 1.
- (2) M. Tsuboi, F. Kuriyagawa, K. Matsuo et Y. Kyogoku, *Bull. Chem. Soc. Japan*, 1967, **40**, 1813.
- (3) D. W. White et J. G. Verkade, *J. Mag. Res.*, 1970, **3**, 111.
- (4) B. J. Blackburn, R. D. Lapper et I. C. P. Smith, *J. Amer. Chem. Soc.*, 1973, **95**, 2873.
- (5) R. D. Lapper, H. H. Mantsch et I. C. P. Smith, *J. Amer. Chem. Soc.*, 1973, **95**, 2878.
- (6) D. B. Davies et S. S. Danyluk, *Biochemistry*, 1975, **14**, 543.
- (7) D. B. Davies et S. S. Danyluk, *Biochemistry*, 1974, **13**, 4417.
- (8) N. S. Kondo et S. S. Danyluk, *Biochemistry*, 1976, **15**, 756.
- (9) P. J. Cozzone et O. Jardetzky, *Biochemistry*, 1976, **15**, 4860.
- (10) P. J. Cozzone et O. Jardetzky, *Biochemistry*, 1976, **15**, 4853.
- (11) D. G. Gorenstein, *J. Amer. Chem. Soc.*, 1975, **97**, 898.
- (12) D. G. Gorenstein, J. B. Findlay, R. K. Momii, B. A. Luxon et D. Kar, *Biochemistry*, 1976, **15**, 3796.
- (13) R. J. Labotka, T. Glonek et T. C. Myers, *J. Amer. Chem. Soc.*, 1976, **98**, 3699.
- (14) P. L. Yeagle, W. C. Hutton, Chin-Hsien Huang et R. B. Martin, *Biochemistry*, 1977, **16**, 4344.
- (15) K. Akasaka, A. Yamada et H. Hatano, *Bull. Chem. Soc. Japan*, 1977, **50**, 2858.
- (16) F. Hayashi, K. Akasaka et H. Hatano, *Biopolymers*, 1977, **16**, 655.
- (17) H. Sternlicht, R. G. Shulman et E. W. Anderson, *J. Chem. Phys.*, 1965, **43**, 3123.
- (18) N. Bloembergen et L. O. Morgan, *J. Chem. Phys.*, 1961, **34**, 842.
- (19) M. Sundaralingam, *Biopolymers*, 1969, **7**, 821.
- (20) R. A. Dwek, *Nuclear Magnetic Resonance in Biochemistry*, Chapitre X, Clarendon Press, Oxford, 1973.
- (21) D. U. Hoult, S. J. W. Busby, D. G. Gadian, G. K. Radda, R. E. Richards et P. G. Seeley, *Nature*, 1974, **252**, 285.
- (22) P. B. Garlick, G. K. Radda, P. J. Seeley et B. Chance, *Biochem. Biophys. Res. Comm.*, 1977, **74**, 1256.
- (23) M. K. Battersby, P. B. Garlick, P. J. Seeley, P. A. Sehr et G. A. Radda, dans « *Biomolecular Structure and Function* », p. 175-205, édité par P. F. Agris, Academic Press, New York, 1978.

# THERMAAnalyse

49, rue de la République 38430 MOIRANS



tel: (76)06 38 24 (lignes groupées)

analyseurs thermiques

microcalorimètres A-T-D

températures de transition

enthalpies de transition

cinétiques de réaction

regulateurs de température

programmeurs "

mesures "

microanalyseurs  
gaz liquides solides...



**R. M. N.**

## WM 250

Spectromètre de Résonance Magnétique Nucléaire  
Haut Champ, Transformée de Fourier, Multinoyaux



### Performances :

- Résolution  $^1\text{H} < 0.2 \text{ Hz}$   
 $^{13}\text{C} < 0.3 \text{ Hz}$
- Sensibilités garanties
  - $^1\text{H}$  (250 MHz) 0.1% EB  
5 mm S/N > 40/1
  - $^{13}\text{C}$  (62.86 MHz) 10% EB  
10 mm S/N > 45/1
  - $^{15}\text{N}$  (25.35 MHz)  
90% Formamide (abond. nat.)  
15 mm S/N > 12/1 (sans NOE)

### Caractéristiques du WM 250

- Aimant supraconducteur (5,875 T) Diamètre des tubes échantillons 2,5, 10 ou 15 mm
- Autonomie en Hélium: plus de 2 mois (moins de 180 l/an)
- Console compacte intégrant toutes les commandes et contrôles du spectromètre: terminal, visualisation, enregistreur grand-format, floppy-disque ou disque haute densité, émetteur, récepteur, découpleur, température variable, etc. \_ \_ \_
- Calculateur "ASPECT 2000" 40K/24 bits: le plus performant des systèmes de traitement de données RMN actuels (programme FFT, simulation, itération, double dimension, \_ \_ \_)
- Conception électronique modulaire: fiabilité accrue, facilité d'intervention et d'accès sur toute partie du système
- Multinoyaux intégral avec synthétiseur de fréquences et 2 sondes large bande couvrant la gamme de l' $^{109}\text{Ag}$  au  $^{31}\text{P}$

7 ans d'expériences dans la construction de spectromètres supraconducteurs et une gamme complète de 200 à 500 MHz permet à BRUKER d'être le premier constructeur mondial de spectromètres RMN Haut Champ.

**Stand**

**MESUCORA**

**503 AB**

Pour tout renseignement, adressez-vous à

**SADIS BRUKER SPECTROSPIN**  
34. rue de l'Industrie 67160 WISSEMBOURG  
Tél. (88) 94 98 77

# De la RMN à la Physique Nucléaire

Depuis 1971, à Wissembourg, l'usine BRUKER SPECTROSPIN, avec ses ateliers, ses bureaux d'études et ses laboratoires d'applications, n'a cessé de se développer. Sur une superficie de bientôt 6 000 m<sup>2</sup>, pour un effectif de plus de 180 personnes, sont regroupés plusieurs domaines d'activités :

- RMN** Spectromètres de Résonance Magnétique Nucléaire, Haute Résolution, Multinoyaux, Onde Continue, et/ou, transformée de Fourier, de 60 à 500 MHz.  
Spectromètres RMN Haute Puissance, pour l'étude des solides.
- RPE** Spectromètres de Résonance Paramagnétique Électronique, en bandes X, Q, K, S. Mesures en adsorption et dispersion. Nombreux accessoires : cavité mode TM, température de 3 à 1 300 °K, ENDOR, large bande avec triple résonance, calculateur.
- IR** Spectromètres Infra-Rouge, transformée de Fourier, couvrant les gammes de 4 000-400 cm<sup>-1</sup>, 4 000-10 cm<sup>-1</sup>, et 1 000-10 cm<sup>-1</sup>. Interféromètre piloté par calculateur, changeurs automatiques de séparatrices, d'échantillon, de filtres.
- Polarographie** Potentiostats, galvanostats, bipotentiostats. Polarographes classiques DC pour l'enseignement. Polarographes à impulsions, à tension alternative, pour voltamétrie cyclique.
- Susceptibilités magnétiques**  
Équipements complets pour l'application des méthodes de Gouy et Faraday, avec aimant 4" à 12", microbalance, température variable 3°-1 000 °K.
- Aimants** Electro-aimants de laboratoire classiques, de 4" à 18", à entrefer variable ou fixe. Aimants spéciaux sur demande (pour spectrométrie de masse).
- Alimentations stabilisées :**  
Alimentations classiques 1,2 à 40 kW, classe de stabilité en courant 10<sup>-5</sup> et 10<sup>-6</sup>.  
Alimentations spéciales jusqu'à 500 kW, pilotables par calculateur.  
Alimentations bipolaires et alimentations pour bobines supraconductrices.
- Gaussmètres** Appareils de mesure et de régulation de champ, avec sonde à effet Hall thermostatée, ou sonde RMN (1 à 22 kG).
- Physique Nucléaire :**  
Fabrication d'aimants dipolaires, quadrupolaires, sextupolaires, d'ensemble doublet, triplet, de spectromètres avec QDD et QDQ.  
Installation complète de lignes de faisceau avec aimants, alimentations et régulateurs de champ pilotés par calculateur.
- Électronique médicale :**  
Défibrillateur cardiaque, portatif. Électrocardioscope portatif à mémoire, avec défibrillateur, stimulateur, enregistreur.
- Océanographie** Sous-marin de la série MERMAID, pour travaux offshore jusqu'à 600 m de profondeur.

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

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

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

## UNE VOLONTÉ DE COOPÉRATION ÉTROITE ET DURABLE.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

### Conditions du crédit.

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

Montant : de 25.000 F à 400.000 F.

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

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

Garanties : adaptées selon le financement demandé.

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

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



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

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



## Enseigner la chimie et former des chimistes

par B. Montfort

(Département Chimie, I.U.T., 30, avenue de l'Observatoire, 25042 Besançon Cedex)



Le but de l'enseignement en Institut Universitaire de Technologie (I.U.T.) est la formation de techniciens se situant entre l'ingénieur et le laborantin ; malgré une origine différente (baccalauréats C, D, F<sub>6</sub>, F<sub>7</sub>) les étudiants doivent après deux ans d'études

pouvoir :

- effectuer sous la direction d'un ingénieur un travail expérimental suivi ;
- s'intégrer parfaitement dans une équipe de fabrication ;
- après une période d'adaptation, diriger quelques laborantins.

Pendant la première année les objectifs de l'enseignement pratique sont très importants, il faut :

- familiariser l'étudiant avec les techniques élémentaires qui permettent d'acquérir une telle formation.
- Développer une « discipline de laboratoire », cette notion correspondant à la mise en valeur des qualités les plus appréciées pour un chimiste, habileté, ordre, propreté, rigueur et honnêteté.

En synthèse organique, cerner le premier point ne semble pas à première vue très difficile tant sur le programme de l'enseignement que sur l'évaluation des progrès effectués. En revanche, comment sensibiliser les étudiants aux qualités requises pour faire un collaborateur avec qui il est agréable de travailler n'est écrit dans aucun manuel, faire admettre leur évaluation n'est pas chose facile.

### Familiarisation avec la synthèse organique

L'enseignement se déroule dans un laboratoire contenant 4 paillasse équipées pour faire fonctionner 14 postes de travail simultanément. Chaque poste possède un équipement de base rigoureusement identique (environ 120 pièces de verrerie et de petit matériel ; cf. Annexe 1).

Le programme se répartit en 20 séances, de 4 h 30 chacune, complétées par une quinzaine d'heures de cours ou de travaux dirigés (tableau ci-dessous). Il se divise en quatre parties :

#### 1. Introduction

Deux séances de travaux pratiques pendant lesquelles l'enseignant expose ses objectifs, ce qu'il attend des étudiants, ce qu'ils pensent attendre de lui. Les critères utilisés pour l'évaluation du travail et la notation sont définis sans ambiguïté.

Le matériel contenu dans les postes de travail fait l'objet d'explications (la plupart des élèves n'ont jamais fait de synthèse) l'inventaire précis est copié au début du cahier de laboratoire, les appareils les plus fréquemment utilisés sont présentés (réfractomètres, appareils pour la détermination

des points de fusion, agitateurs magnétiques chauffants...).

Un exposé sur les problèmes de sécurité et les risques relatifs aux produits chimiques termine cette première partie.

#### 2. Premiers contacts avec la synthèse. Initiation

Pendant cette série de travaux pratiques (8 séances), chaque étudiant occupe toujours le même poste et tous font la même manipulation.

Le travail est défini oralement en début de séance, chaque étudiant prend des notes, pose des questions sur les points incompris puis effectue à son poste le travail demandé, une discussion allant parfois jusqu'à l'interprétation collective du sujet étudié permet de conclure. On aborde ainsi les techniques élémentaires utilisées en synthèse organique (distillation, recristallisation, chromatographie) et une ou deux synthèses sont réalisées.

Simultanément à cet ensemble, des cours et travaux dirigés permettent d'enseigner les éléments de nomenclature, la tenue du cahier

de laboratoire, les diverses étapes de l'élaboration d'un produit, un aperçu très simple de chromatographie et la recherche des renseignements dans un ouvrage ou un « Hand-book ».

### 3. Manipulations

L'ensemble des notions enseignées dans la partie précédente est mis en application

## Le chimiste

### Développement des qualités importantes pour un chimiste

L'enseignement des notions de synthèse est certainement nécessaire. Il ne sera cependant utilisé que par une minorité de techniciens, la plupart d'entre eux seront employés en fabrication ou en chimie analytique.

En revanche, posséder de « bonnes méthodes de travail » est indispensable quelle que soit son activité ou sa fonction.

En faire prendre conscience aux étudiants est difficile. Pour eux, cette notion semble très accessoire et trop souvent seul le résultat chiffré compte. Pour l'enseignant les progrès dans ce domaine sont également difficilement appréciables.

Il ne peut pas exister de programme ou de « modèle à suivre » mais simplement une prise de conscience au niveau de l'enseignant qui agira en fonction de sa personnalité, de la motivation des élèves, du contexte de son enseignement. Nous allons montrer, à l'aide d'exemples, comment nous cherchons à développer les qualités qui nous semblent primordiales.

#### Habilité. Assurance

L'étudiant arrivant en 1<sup>re</sup> année n'a pas ou peu manipulé. Il se sent désemparé devant un matériel très souvent inconnu et relativement coûteux. Il a peur de casser ou de se tromper en cours d'expérience. Il faut progressivement (par des expériences de plus en plus complexes) l'amener à une attitude réfléchie et consciente du travail demandé. Le binôme ou le trinôme est volontairement banni du travail de laboratoire, chacun doit apprendre à compter sur lui-même, prendre des notes, manipuler, rédiger.

L'étudiant doit apprendre à choisir dans le matériel mis à sa disposition celui qui sera nécessaire et le mieux adapté à l'expérience qu'il doit réaliser. Il préparera, chaque fois qu'il lui sera possible, les solutions et réactifs

pendant 8 séances. Chacun des postes est équipé du matériel complémentaire nécessaire à une manipulation bien définie. Chaque étudiant effectue une rotation et travaille individuellement.

### 4. Conclusion et rangement du laboratoire

La dernière partie de ce programme annuel consiste en deux séances : une conclusion

simples indispensables à celle-ci à partir des produits commerciaux.

#### Ordre

Une des qualités les plus appréciées dans l'industrie.

L'ordre en cours de manipulation s'impose. Il permet de travailler rapidement avec efficacité. L'enseignant insistera tout particulièrement sur l'organisation et le rangement de la paillasse. Il n'hésitera pas à faire remarquer à chaque étudiant ce qui lui donne une impression de désordre. Ce n'est pas toujours chose agréable.

Le matériel, en fin de séance, est rangé par catégorie dans deux placards situés sous les paillasses. Il doit être intact et propre.

Après chacune des séances l'état de celui-ci est vérifié par l'enseignant (20 minutes environ pour 14 postes).

La verrerie de chacun des postes est numérotée de façon indélébile (encre Regafix-C n° 444, Regafix M.M ; Harlequin ave, Brentford, MDX, G-B). Chaque étudiant est de ce fait, responsable de son matériel et ne peut se retrancher derrière un anonymat souvent commode.

#### Propreté

Un chimiste qui ne travaille pas proprement est-il vraiment un chimiste ? Que penser de ceux qui se destinent à la biochimie ou à la fabrication pharmaceutique ? L'enseignant doit être attentif dans ce domaine.

La verrerie ne doit être rangée que lorsqu'elle est propre et sèche ; le matériel mouillé en fin de séance reste à l'étuve et n'est rangé qu'à la séance suivante. Il n'est pas concevable qu'un étudiant commence par faire la vaisselle de son prédécesseur.

En cours de manipulation la paillasse doit rester propre, tout débordement ou liquide renversé doit être immédiatement nettoyé, il ne faut pas attendre l'heure du départ. Tout

sous forme de discussion relative aux diverses difficultés rencontrées pendant l'année permet de préciser ce qui a été mal compris ou mal enseigné. On essaye de dégager les points importants ; le rangement du laboratoire et l'entretien du matériel utilisé pendant l'année sont effectués en totalité par les étudiants.

est fini lorsque tout est propre (paillasses, éviers, terrines à déchets).

#### Rigueur

Par sa nature, le travail expérimental ne peut être approximatif, dès le début l'étudiant doit, dans toutes les matières, apprendre à être, le plus possible, précis et rigoureux.

Chaque fois qu'il en a la possibilité il doit se placer dans des conditions de travail reproductibles, faire des tests de contrôle et utiliser des essais témoins.

Toute manipulation est consignée dans un cahier de laboratoire sous forme de compte rendu, sa rédaction doit être très précise (volumes de solvants, temps, débit, modifications d'aspect, etc...).

Lorsque des produits sont préparés et rendus, une étiquette indique sans ambiguïté le contenu du flacon (nom du fabricant, du produit, formule, constantes physiques mesurées, masse, date).

#### Honnêteté

L'exactitude des résultats est fondamentale. Il faudra amener l'étudiant à prendre conscience qu'il ne doit pas tricher même pour avoir une bonne note ou pour obtenir un résultat identique aux autres.

Le cahier de laboratoire reste au laboratoire, sa rédaction est simultanée à la manipulation, elle n'a pas lieu à la maison en s'inspirant du cahier d'un camarade, en recopiant un polycopié ou un manuel.

Le compte rendu doit décrire les conditions exactes du travail expérimental, même s'il ne répond pas à ce qui était demandé.

Le produit rendu doit correspondre à ce qui est mentionné sur l'étiquette en qualité et en quantité. L'enseignant se fera un devoir de vérifier l'exactitude des renseignements portés sur les flacons même si cette tâche lui semble fastidieuse et longue.

## Encouragements, évaluation et conclusion

Le rôle de l'enseignant est de transmettre un savoir ou un ensemble de techniques qui seront assimilés puis utilisés par l'élève. La réussite ou l'échec de cette assimilation est bien souvent appréciée par un contrôle chiffré sous forme de notes, leur moyenne donnant la possibilité d'obtenir un diplôme ou le passage dans un niveau supérieur.

L'acquisition d'une « discipline de laboratoire » nous semble indispensable à la formation d'un chimiste aussi avons-nous cherché à l'évaluer, simultanément aux connaissances.

Une notation répétée et suivie permet à l'étudiant de prendre conscience de ses insuffisances et de ses progrès.

Elle ne doit pas être perçue comme une contrainte ni par l'enseignant ni par l'enseigné.

#### Évaluation de la technicité

Sur l'ensemble des manipulations proposées à l'étudiant, seules les dix dernières font l'objet de notes (sur 20 points chacune). Différents critères, très habituels à la chimie organique sont utilisés : compte rendu pour

les manipulations générales et remise d'un produit (qualité-quantité) pour les synthèses.

#### Évaluation d'une « discipline de laboratoire »

D'emblée nous avons éliminé l'attribution d'une note de travail annuelle ou trimestrielle, insuffisante pour apprécier les progrès réalisés par chacun des étudiants. Chaque séance est notée sur cinq points, toute maladresse a un effet dégressif suivant un barème bien établi et connu de tous (Annexe II), la note restante est commentée à la séance suivante.

Pour l'enseignant ce système est fastidieux, il nécessite une comptabilité continue, il demande une attention suivie pendant toute la séance et il impose une vérification obligatoire du matériel. Pour l'étudiant, contraignant et désagréable au début, il est facilement admis, parfois apprécié : il doit être appliqué en permanence avec beaucoup de franchise.

### Conclusion

Nous avons voulu dépasser l'enseignement d'une technique en essayant d'atteindre la manière de l'appliquer. Ces deux objectifs sont, semblent-ils, très différents. Si les difficultés rencontrées dans la transmission de connaissances sont surtout du domaine de la

## Tableau

### Introduction

- 1 Présentation du travail
- 2 Matériel Sécurité

(9 h de TP)

### Initiation

- 3
- 4 Recristallisations
- 5 Distillations
- 6 Extractions
- 7 Chromatographie sur couche mince
- 8
- 9 Synthèses simples
- 10

(36 h de TP)

Nomenclature  
Déroulement d'une synthèse  
Rôle et tenue du cahier de laboratoire  
Application à la chimie organique de la spectroscopie (IR, RMN et UV) et de la Chromatographie

(15 h de cours)

### Application

- 11 Identification
- 12 Détermination de points de fusion
- 13 Distillation/vide
- 14 Application de la C.C.M.
- 15 Chromatographie sur colonne
- 16 Montage
- 17 Entraînement à la vapeur
- 18 Bibliographie (simple)

(36 h de TP)

### Conclusion

- 19 Conclusions
- 20 Rangement du laboratoire

(9 h de TP)

compréhension, l'acquisition d'une discipline de travail se heurte à d'autres obstacles qui dépendent beaucoup de la personnalité de chacun.

Nous cherchons depuis plusieurs années à

former des chimistes et espérons que les efforts entrepris n'ont pas été vains. De nombreuses discussions avec les élèves ou anciens élèves nous incitent à poursuivre dans cette voie.

## Annexe 1 : Liste du matériel composant un poste de travail

### A) Verrerie à col rodé CN 19/26 (14 pièces)

ballon fond rond de 100 ml (2)  
ballon fond rond de 100 ml à 2 cols  
erlenmeyer de 100 ml  
réfrigérant droit, l = 30 cm  
colonne à garnissage  
gaine thermométrique  
tube à dégagement à 3 rodages  
tube de recette à prise de vide  
tube de recette sans prise de vide  
tube de séchage  
bouchon rodé  
torion® soudé à un rodage CN/M  
ampoule à brome rodée

### B) Verrerie non rodée (60 pièces)

ampoules à décanter (2)  
250-125 ml  
ampoule à brome de 50 ml  
ballons à fond rond (5)  
100, 250, 500 ml  
ballon à fond plat de 100 ml  
fioles d'Erlenmeyer (8)  
50, 100, 250, 500 ml  
fioles à filtres sous vide (3)  
250 ml × 2, 100 ml  
bêchers (8)  
400, 250, 100, 50 ml  
cristallisoirs (3)  
Ø 70 mm × 2, Ø 90, Ø 150  
entonnoirs coniques (3)  
Ø 50 mm × 2, Ø 90 mm

tulipe et joint de tulipe  
entonnoirs de Büchner (2)  
Ø 50 et Ø 90 mm  
éprouvettes graduées (3)  
250, 100, 50 ml  
pipette graduée de 10 ml  
verres de montre (6)  
Ø 40, 60, 80 mm  
thermomètre (3)  
● de laboratoire × 2  
● industriel  
tubes à essais (12) et support  
colonne d'absorption

### C) Matériel de laboratoire (45 pièces)

bec Bunsen (2) et toile métallique (2)  
support de bec avec centrage  
anneaux métalliques (3)  
noix universelles (6)  
pinces à mâchoires (3)  
pinces à 3 doigts (4)  
pince à creuset  
support entonnoir en 3 éléments  
jeu de cales en bois (5)  
valets de liège (3)  
clamps (3)  
pinces à rodage (3)  
pissette en polyéthylène  
caoutchouc à vide  
caoutchouc à gaz  
caoutchouc feuille anglaise (3)  
cuvette en PVC  
statifs (3)  
trompe à eau

## Annexe 2 : Liste des « fautes » qui diminuent la note de travail

Par séance on enlève pas plus de 3 points pour une maladresse si celle-ci est répétée.

Paillasse non nettoyée en fin de séance (1 pt).  
Placards en désordre (de 1 à 2 pts).  
Matériel non rangé en fin de séance (1 pt par pièce).  
Matériel rangé sale (de 1 à 3 pts).  
Matériel rangé mouillé (2 pts).  
Rodages non dégraissés (de 1 à 3 pts).  
Verrerie cassée en cours de séance non remplacée (3 pts), non marquée (2 pts).  
Clef de robinet à l'étuve (2) elles ne sont pas encore toutes normalisées.

Paillasse sale ou en désordre en cours de manipulation (1 pt).  
Montage présentant une faute pouvant être dangereuse (1 à 3 pts).  
Montage pas stable (de 1 à 2 pts).  
Travail sous une hotte sans la faire fonctionner (1 pt).  
Manipulation de produits toxiques ou dangereux sans précautions (1 à 3 pts).  
Rejet à l'évier de produits organiques (2 pts).

Utilisation de verrerie cassée (1 à 2 pts).  
Chauffage à sec en fin de distillation (2 pts).  
Recristallisation (solvant organique) sans condenseur (2 pts).  
Erreur sur une étiquette (1 à 2 pts par erreur).  
Utilisation inutile de l'eau, du gaz, etc... (2 pts).  
Manipulation de la verrerie 1/4 d'heure après la fin de la séance (2 pts).

Prismes du réfractomètre non nettoyés après utilisation (5 pts).  
Cahier absent du laboratoire (5 pts).

**Matériel collectif (paillasse) :** barème pour chaque étudiant concerné

Évier sale en fin de séance (de 1 à 2 pts).  
terrine à déchets non vidée (1 pt).  
Jerrican à eau permutée non remplie en fin de séance (1 pt).  
Gaz non fermé (3), matériel collectif non rangé (1 pt par pièce).  
Étudiant laissant systématiquement aux autres ce travail (de 1 à 5 pts).

## Utilisez-vous l'informatique dans votre enseignement ?

### Si OUI, le Centre Documentaire Coopératif « Informatique - Enseignement Chimie » vous intéresse !

Ce centre fait partie du réseau ReCoDic (Recherches Coopératives en Didactiques de la Chimie, Secrétariat général : M. André Marchand Université de Bordeaux I, 351, cours de la Libération, 33405 Talence).

Ce centre se propose :

1. de rassembler et de tenir à jour une documentation sur toutes les applications de l'informatique dans l'enseignement de la chimie,
2. de répondre à toute demande de renseignements portant sur cette documentation,
3. de faire connaître le contenu de son fond documentaire par la publication d'un catalogue.

Pour compléter le fond de documentation, nous serions très heureux de recevoir toute information (références d'ouvrages ou d'articles, noms et adresses de collègues ayant une expérience, etc.) dans le domaine 1 et plus précisément :

- l'enseignement assisté par ordinateur,
- l'enseignement programmé,
- le contrôle informatisé des connaissances,
- les simulations d'intérêts didactique,
- les programmes de calcul utilisables dans l'enseignement.

Si vous désirez nous aider dans notre projet et que vous avez déjà développé des applications informatiques dans votre enseignement, pouvez-vous remplir une fiche descrip-

tive ci-jointe (utiliser une fiche distincte par application).

Il va de soi que tous les programmes et les fiches descriptives qui nous parviennent garderont la marque de leurs auteurs. Le Centre Documentaire vise à être un trait d'union permettant de mettre en relation des collègues intéressés par un même type d'application de l'informatique dans leur enseignement. De même, nous nous refuserons à porter tout jugement sur les applications qui seront ainsi recensées.

Le catalogue faisant l'inventaire du fond documentaire (publication prévue courant 78) et l'analyse de ce fond viseront à dégager les tendances dans ce domaine, nouveau en France, de la pratique pédagogique.

---

## Appel d'offres du Centre documentaire 3C

### « Banque d'exercices-tests » pour l'enseignement en français de la chimie en premier cycle.

Les animateurs du Centre documentaire 3C \* prient tous les membres ReCoDic, et plus généralement tous les chimistes, de leur faire parvenir :

#### Les textes d'exercices originaux :

- Exercices brefs, précis et bien définis, permettant une notation sans ambiguïté.
- Exercices portant sur des points assez généraux pour être communs à la plupart des 1<sup>er</sup> Cycles, en France.

#### 2) Les recueils de sujets d'examens

- Sujets donnés dans votre Université pour

les sections de premier cycle, ces dix dernières années.

#### 3) D'une façon générale, tout document ou information concernant ce centre sera la bienvenue.

Rappel : Cette collecte est effectuée dans le respect des principes qui animent les centres documentaires ReCoDic :

- ces documents gardent la marque de leur propriétaire,

- aucun jugement critique n'est porté sur ces travaux,

- les noms de toutes les personnes qui participent à la collecte seront mentionnés sur les catalogues réalisés.

\* Claude Dubois, (Chimie minérale), Laboratoire de chimie générale; Joël Vebrel, (Chimie organique), Laboratoire de chimie appliquée; Jean-Louis Janier-Dubry (Chimie physique), Laboratoire de chimie générale, Faculté des Sciences, La Bouloie, 25030 Besançon-Cedex.

---

## BANQUEXAM

Le groupe « Docimologie et enseignement par Objectifs » lance « BANQUEXAM ».

« BANQUEXAM » est une banque de questions évaluées de type Q.C.M. (Questions à Choix Multiples) ou Q.R.O.C. (Questions à Réponse Ouverte et Courte) conçue par R. Lefèvre et M. Chastrette.

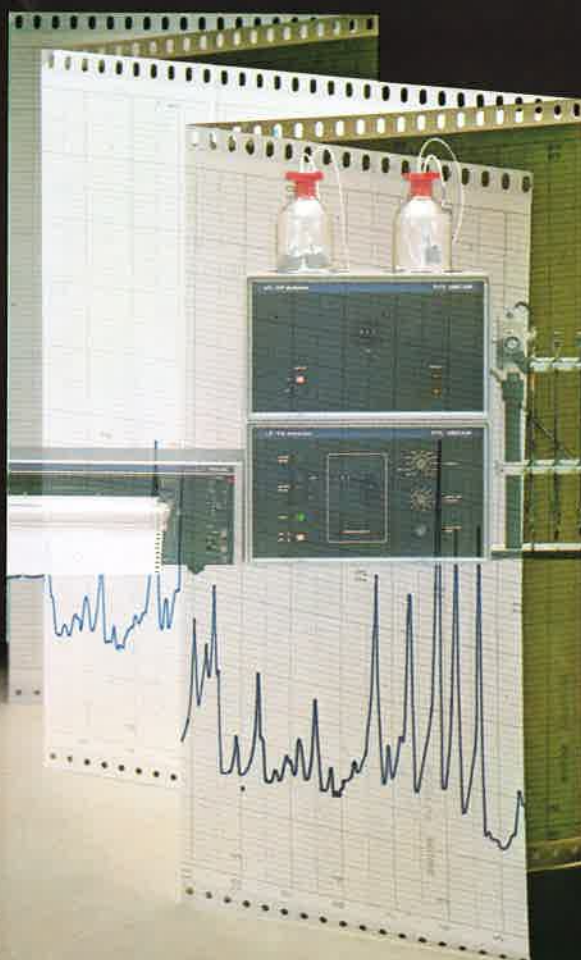
Un ensemble de ces questions permet de construire une épreuve de contrôle.

Pour chaque question l'objectif spécifique, le niveau taxonomique, l'indice de facilité et l'indice de discrimination sont indiqués.

Grâce à ces données il est possible d'établir une table de spécification qui permet de mettre en évidence l'importance attribuée à tel objectif ou à tel niveau taxonomique.

La note explicative à l'attention des usagers de BANQUEXAM ainsi que les fiches pour le dépôt des questions sont à demander à Marcelle Berçot, Centre Universitaire de Perpignan, Laboratoire de synthèse organique, Avenue de Villeneuve, 66025 Perpignan Cedex.

# Des Solutions pour la LC et la GC



Analyse

# PHILIPS



## Le Chromatographe LC-XP Isocratique

Voici enfin la percée tant attendue de la Chromatographie Liquide; maintenant, hautes performances ne signifient plus obligatoirement prix élevé. Le chromatographe LC-XP Isocratique est composé de la nouvelle pompe simple piston LC-XPS et du détecteur à longueur

d'onde variable LC-UV. La LC-XPS est un système compact qui, grâce à la rapidité de remplissage de la chambre du piston et à un circuit électronique de contre réaction très sophistiqué, élimine pratiquement toutes les pulsations normalement inhérentes aux pompes simple piston.

Les qualités de cette pompe ajoutées aux performances du détecteur LC-UV font du chromatographe LC-XP Isocratique un appareil très attrayant.



## Le Chromatographe LC-XP "Développement de Méthodes"

Ce nouveau système apporte une aide très importante à l'utilisateur ayant à effectuer des "mises au point" d'analyse. La tâche fastidieuse de préparation des solvants d'éluion à la main fait maintenant partie du passé; simplement en affichant la composition désirée avec le commutateur digital, le Dialamix fournit à la pompe la phase mobile

qui sera utilisée. Le Dialamix est équipé d'un système de dégazage en continu (barbotage d'hélium) est d'une chambre de mélange munie d'un agitateur magnétique. Couplé avec la pompe LC-XPS et le détecteur LC-UV, le Dialamix forme un système très utile pour l'optimisation des séparations.





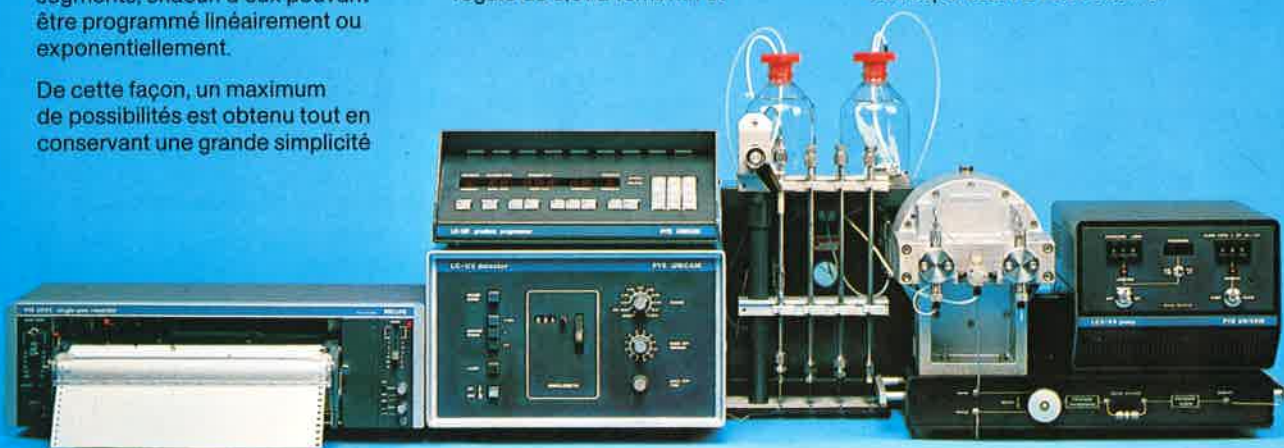
## Le Chromatographe LC-XP Gradient D'éluion

Grâce à son microprocesseur, le Chromatographe LC-XP Gradient d'éluion permet la génération de programmes de mélange de solvants très sophistiqués. Le profil du gradient peut être découpé en neuf segments, chacun d'eux pouvant être programmé linéairement ou exponentiellement.

De cette façon, un maximum de possibilités est obtenu tout en conservant une grande simplicité

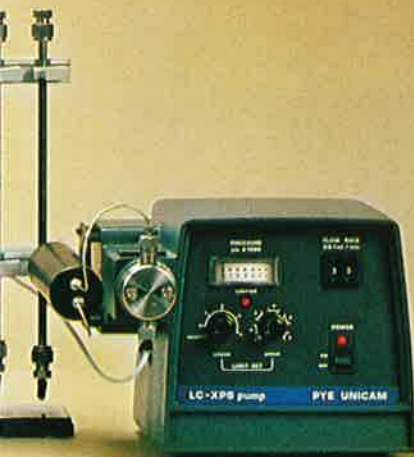
d'emploi; il n'est pas nécessaire d'être un expert en programmation pour travailler avec cet appareil. Ce système bénéficie également des performances de la pompe double piston LC-XPD qui permet un débit régulé de 0,01 à 10ml/mn et

l'amortissement électronique des pulsations. En choisissant soit le détecteur LC-UV à longueur d'onde variable ou le détecteur fluorescence LC-FL, vous obtenez un chromatographe complet correspondant à vos besoins.



## La Série des Chromatographes Liquide LC-XP

La nouvelle série de chromatographes liquide LC-XP permet à l'utilisateur de choisir le système qui correspond exactement à ses besoins; ces appareils sont conçus aussi bien pour les analyses de contrôle de qualité que les études complexes en recherche. Cette série d'appareils est constituée de chromatographes isocratiques ou gradient d'éluion qui bien que modulaires sont conçus comme des systèmes. Les appareils modulaires sont la clé de la flexibilité, un concept très important pour les appareils modernes. Un chromatographe liquide ne doit pas seulement être adapté à un budget, il doit aussi pouvoir s'adapter au moindre coût pour suivre l'évolution des besoins analytiques.





## La Chromatographie en Phase Gazeuse

### La Série des Chromatographes 204

Un véritable système en Chromatographie doit pouvoir s'adapter aux problèmes présents, mais il doit aussi pouvoir s'adapter pour suivre l'évolution des besoins futurs.

Un appareil réellement modulaire utilisé dans sa version la plus simple doit pouvoir offrir la même qualité de performance que s'il est utilisé dans sa version la plus sophistiquée. Avec les 204 vous avez le choix entre cinq types de détecteurs, trois d'entre eux pouvant être utilisés simultanément.

### Les Chromatographes GCD

Un seul appareil, cinq versions différentes conçues pour un type de détection. Ces appareils conçus pour des analyses répétitives de qualité sont disponibles dans les versions suivantes: Ionisation de flamme Isotherme, Ionisation de flamme programmation de température, Ionisation de flamme programmation de température automatique, Capture d'électrons et Catharomètre Isotherme.

### La nouvelle unité de commutation de débit

Cette unité indépendante est utilisée pour la Chromatographie multidimensionnelle pour effectuer facilement des analyses par "backflush, heartcut ou by-pass". La technique de commutation utilisée: différence de pression, permet d'éviter les problèmes de pollution et de limites de température rencontrés quand les vannes de commutation sont placées à l'intérieur du Chromatographe. Cette unité fonctionne en automatique grâce, soit à une horloge, soit à un interface intégrateur.

### La Chromatographie et les colonnes capillaires (CG)<sup>2</sup>

Grâce à leur conception, les Chromatographes de la Série 204 peuvent facilement utiliser les colonnes capillaires et leurs accessoires d'injection.

Tous les systèmes d'injections spéciaux (Splitter, Splitless injector... ) peuvent être montés sans modification dans le bloc standard d'injection, tandis que les colonnes sont connectées directement



à l'entrée du détecteur pour minimiser les volumes morts ou via une cage pour les protéger contre les risques de casse.

Nous vous proposons toute une gamme de colonnes: les WCOT pour une efficacité et une séparation maximum ou les colonnes SCOT pour un temps d'analyse rapide.

Pour plus d'informations, consulter notre brochure spécifique.

### Philips Science et Industrie

BOBIGNY 93002 - 105, rue de Paris - (1) 830.11.11  
LILLE 59014 - 47, rue Barthélemy Delespaul - (20) 06.92.24  
LYON 69009 - 25, avenue des Sources - (78) 35.70.00

Division de la S.A. PHILIPS INDUSTRIELLE et COMMERCIALE - R.C. Paris B 622 051 738 - Cap. 120 millions de F  
MARSEILLE 13266 - 101, avenue du Prado - (91) 79.90.11  
NANCY 54001 - 3, place Godelroy de Bouillon - (83) 96.81.96  
NANTES 44470 - rue du Danemark - ZI de Carquefou - (40) 49.11.27  
STRASBOURG 67000 - 6, rue de Niederbronn - (88) 36.18.61  
TOULOUSE 31017 - 25, boulevard Silvio Trentin (61) 47.75.52  
AFRIQUE et OUTRE-MER: PARIS 75008 - 33, rue La Boétie - (1) 225.00.80



## S. A. PHILIPS INDUSTRIELLE ET COMMERCIALE

Division Science et Industrie

105, Rue de Paris 93002 BOBIGNY

Tél. 830-11-11 - R.C. Paris B 622051738

## Apport de l'informatique à l'analyse industrielle pour le contrôle et la conduite des procédés

La Section Centre-Est et les Groupes Chimie analytique et Informatique et automatisation en génie chimique de la Société de Chimie Industrielle ont organisé, les 18 et 19 septembre 1979, à l'Institut National des Sciences Appliquées de Villeurbanne, un colloque

consacré à l'apport de l'informatique à l'analyse industrielle pour le contrôle et la conduite des procédés.

On trouvera, ci-dessous, cinq communications présentées au cours de cette manifestation.

## Exploitation du couplage d'un calculateur Tektronix 31 avec un spectromètre d'absorption atomique

par F.-X. Deloye, I. Voïnovitch, Mlle M. Chatelier \*  
et J.-M. Bergue \*

(Laboratoire central des Ponts et Chaussées, Paris et \* Laboratoire régional des Ponts et Chaussées, Rouen.)

### Introduction

Au cours du 3<sup>e</sup> CISAFA, qui s'est tenu à Paris, en septembre 1971, des groupes de mesures allant jusqu'à 110 valeurs ont été présentés par I. Voïnovitch et coll. (1) sur des dosages de calcium par absorption atomique avec interprétation statistique des résultats. Un examen détaillé des valeurs obtenues avait montré qu'un écart type choisi d'avance (0,20), voisin de l'écart type global pouvait être obtenu par prélèvement au hasard de 7 à 21 mesures parmi le lot des 110.

Cette remarque a eu pour conséquence première de limiter le nombre de passages d'une solution donnée tout en étant assuré que la précision du dosage d'un élément était maintenue.

La deuxième conséquence fut de faire germer dans les esprits l'idée d'optimiser le nombre de passages à effectuer pour chaque série de façon à obtenir une précision donnée; les temps d'intégration de l'époque étant de l'ordre d'une demi-minute à une minute, l'accélération des analyses pouvait être considérable sans perte de précision. C'est le concept de la variance imposée.

Il faut remarquer que dans la pratique la variance imposée n'a d'intérêt que si le calcul statistique est effectué en temps réel pour comparer la variance obtenue à la valeur

fixée d'avance de façon à décider ou non de la poursuite des mesures.

### Couplage calculateur-spectromètre

Si l'application manuelle de la variance imposée était théoriquement possible avec des temps d'intégration de l'ordre de la minute, elle n'a pas été utilisée dans la pratique en raison de la contrainte que cela aurait représenté pour le manipulateur.

L'apparition d'une nouvelle génération de spectromètres travaillant avec des temps d'intégration beaucoup plus courts et susceptibles d'être couplés à un calculateur programmable a donné un regain d'intérêt au traitement statistique en temps réel des résultats d'intégration en absorption atomique. En effet, avec des temps d'intégration de l'ordre de la seconde, il n'est même plus concevable de demander à l'opérateur le relevé manuel « à la volée » des valeurs numériques.

En raison de ce qui précède, le couplage a été réalisé en 1978 entre le spectromètre IL 351 du Laboratoire régional des Ponts et Chaussées de Rouen et un calculateur de bureau Tektronix 31 à 512 pas de programme en configuration standard par l'intermédiaire d'un interface Tektronix 152. Dans la configuration actuelle, le calculateur fonctionne exclusivement pour l'acquisition et le traite-



ment statistique des valeurs d'intégration obtenues par le spectromètre.

## Programmation

Comme l'indique V. V. Nalimov dans son traité sur l'application des statistiques mathématiques à l'analyse chimique (2), la seule notion qui ne fasse pas appel intuitivement à une loi de répartition est la « variance ». C'est une fonction dont l'emploi n'est pas commode car elle n'est même pas liée linéairement aux valeurs numériques des  $x_i$ , aussi est-il plus pratique d'utiliser le coefficient de variation en se gardant bien de lui donner une interprétation de statistique physique et en le définissant exclusivement comme le quotient de la racine carrée de la variance par la moyenne arithmétique  $\bar{x}$  des valeurs  $x_i$  de la variable aléatoire :

$$CV = \frac{1}{\bar{x}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

Le coefficient de variation ainsi défini présente de nombreux avantages pour la programmation :

- il est défini indépendamment de toute loi de répartition ;
- c'est un nombre pur qui n'est lié qu'à la variation des résultats et non à leur valeur numérique.

Cette dernière caractéristique est très importante du point de vue de l'utilisateur qui n'a pas à se soucier lors du lancement du programme de la valeur numérique attendue de son dosage.

Deux programmes ont été initialement réalisés :

- l'un à variance imposée suivant le principe énoncé dans l'introduction arrête les intégrations quand le coefficient de variation prend une valeur inférieure à un point de consigne donné par l'opérateur au départ ;

- l'autre intitulé « Coefficient de variation dynamique » indique au-dessous de chaque valeur le coefficient de variation cumulatif calculé à partir du début des intégrations. Ceci permet de suivre seconde après seconde, si on le désire, la variation des valeurs numériques et de leur écart-type. Ce second programme avait pour but initial d'aider la mise en application de la variance imposée en déterminant d'une façon simple les précisions que l'on pouvait attendre pour le dosage de chaque élément dans une configuration précise du spectromètre (monofaisceau, double faisceau, double canal, etc.).

## Résultats

Après quelques tâtonnements pour trouver le coefficient de variation qu'il était raisonnable de demander *a priori* pour chaque élément, le programme « à variance imposée » a été mis en application avec succès pour le dosage du calcium et de l'aluminium dans les ciments. En effet, le nombre d'intégrations nécessaires pour obtenir pratiquement le même coefficient de variations qu'avec 11 mesures se situe en général entre 5 et 8, ce qui représente malgré tout un gain appréciable pour des temps unitaires d'intégration de 4 secondes (3).

Parallèlement, la représentation graphique du coefficient de variation dynamique en fonction du nombre de mesures a fait apparaître d'une façon générale une courbe en dents de scie asymétriques à pas constant qu'il serait difficile d'attribuer au hasard. Naturellement, le caractère cumulatif de la fonction utilisée entraîne un amortissement progressif qui se traduit par la diminution de la pente de chaque dent par rapport à la précédente, mais n'affecte en aucune manière la constance du pas observé (figure 1).

L'examen des valeurs brutes obtenues a montré des périodes de stabilité entrecoupées de brusques variations plutôt qu'une dérive continue ; cette dernière n'apparais-

sant pas toujours et ne se manifestant de toute façon que pour un nombre très important de mesures (plusieurs centaines). On est donc en présence d'un phénomène de « polystabilité » du bruit de fond dont la maîtrise serait de nature à réserver la fourchette de variance des résultats.

Pour mettre en relief d'une façon plus spécifique ce phénomène, un programme dit à estimateur dynamique glissant a été écrit. Il effectue le calcul statistique sur les  $n$  dernières intégrations de la série ( $n$  pouvant varier de 3 à 60).

Avec un tel traitement, si  $n$  est inférieur au nombre d'intégrations correspondant à une période de stabilité cette dernière se traduira par une variance très basse (voire nulle) alors que le passage d'une perturbation fera apparaître une crête hautement significative.

L'étude de la courbe estimateur dynamique glissant-temps est donc un révélateur qui permet l'analyse fine du bruit de fond de l'appareil. Un plan d'expérience s'appuyant sur ce dernier programme a été échafaudé en vue de localiser la provenance des perturbations non aléatoires.

Le dépouillement correspondant est loin d'être achevé mais ce que l'on peut dire, dès à présent, c'est que le programme à estimateur dynamique glissant joue pleinement son rôle de détecteur de perturbations.

Les programmes présentés ici ne sont qu'un aspect des possibilités offertes par le couplage du calculateur avec le spectromètre mais il convient de remarquer que l'introduction de la variable « temps » dans le calcul statistique et l'analyse du bruit de fond qui en découle n'ont été possibles que grâce aux microprocesseurs qui permettent le traitement en temps réel des valeurs brutes obtenues.

On dit fréquemment que la fonction crée l'organe, il arrive aussi que l'organe crée la fonction !

## Bibliographie

- (1) I. Voïnovitch, G. Legrand et J. Louvrier, Dosage du calcium par absorption atomique en mono ou double faisceau et en double faisceau avec ou sans étalon interne, 3<sup>e</sup> CI-SAFA, Paris (septembre 1971).
- (2) V. V. Nalimov, The application of mathematical statistics to chemical analysis, Pergamon Press, London (1963).
- (3) F. X. Deloye, I. Voïnovitch, J. M. Bergue et D. Chatelier, Sur l'utilisation de la variance imposée en spectrométrie d'absorption atomique, *C. R. Acad. Sci.* (séance du 16.7.1979, à paraître).

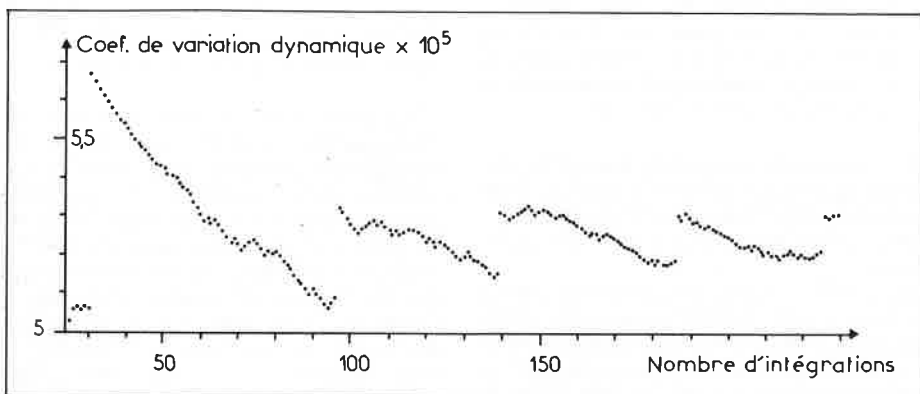


Figure 1.



# Étude comparative de l'automatisation de chromatographes en ligne et de chromatographes pour analyses répétitives en laboratoire

par **A. Isambert** (*Laboratoire de génie et informatique chimiques, École Centrale des Arts et Manufactures, 92290 Chatenay-Malabry.*)

## Introduction

Nous présentons ici une étude comparative des problèmes que nous avons rencontrés dans l'automatisation de deux séries de chromatographes en phase gazeuse destinés, respectivement, à l'analyse des produits à 3 niveaux de soutirage d'une colonne de distillation, et à l'analyse des produits (liquides et gazeux) provenant de fours de craquage thermique de produits pétroliers.

Le premier cas correspond à une analyse « en ligne » ; le second est du type « analyse répétitive en laboratoire ». La comparaison que nous proposons a été facilitée par le choix que nous avons fait, de réaliser l'automatisation des chromatographes d'analyse des produits de craquage en s'appuyant sur l'expérience acquise à partir de chromatographes « en ligne », les deux études étant réalisées sur un même ordinateur : un IBM 1800

## Trois chromatographes « en ligne »

Notre laboratoire dispose d'une unité-pilote semi-industrielle de distillation sur laquelle une étude d'automatisation en mode « guide-opérateur » a été réalisée pour des mélanges binaires. Pour de tels mélanges, la seule connaissance des températures suffisait au calcul des concentrations des produits aux différents niveaux. Nous avons depuis entrepris l'extension du modèle existant à la distillation de mélanges multiples. Dans ces conditions, la mesure des compositions par chromatographie était un outil indispensable pour avoir une précision suffisante. Nous avons donc réalisé l'automatisation en ligne de 3 chromatographes analysant les mélanges en tête et en fond de colonne ainsi qu'au niveau d'un soutirage latéral situé à proximité du plateau d'alimentation.

Le fonctionnement « en ligne » de ces chromatographes rendait obligatoire un degré élevé d'intégration dans leur automatisation : d'où la commande automatique de l'injection. Les produits sont récupérés à la sortie des condenseurs des soutirages dans une boucle d'échantillonnage à faible débit qui les recycle au même niveau après passage dans la chambre d'injection du chromatographe. L'injection est à commande pneumatique, actionnée par un relais directement reliés aux sorties digitales de l'ordinateur.

La collecte des données se fait à l'aide des entrées analogiques de l'ordinateur par l'intermédiaire d'interfaces organisées autour d'amplificateurs à gains commutables. Les gains de ces amplificateurs sont commandés par les sorties digitales de l'ordinateur, de manière à situer constamment les valeurs

expérimentales dans la plage efficace de tension des entrées analogiques.

L'automatisation et le traitement des données sont gérés par un ensemble de programmes organisé autour d'un programme rapide, SCANE, qui effectue les tâches essentielles de validation et de traitement des données.

Le principe général de fonctionnement est celui d'analyses cadencées (ici toutes les 5 minutes). Mais l'opérateur dispose de la faculté de lancer une analyse à tout moment en provoquant une interruption de haut niveau de priorité.

## Deux chromatographes d'analyse répétitive de laboratoire

Dans le cadre de ses recherches sur l'étude et la modélisation du craquage thermique d'hydrocarbures pétroliers, notre laboratoire dispose de plusieurs fours de petite taille destinés à l'obtention de valeurs expérimentales. Les produits obtenus en sortie de ces fours sont analysés sur des chromatographes affectés respectivement aux mélanges gazeux et liquides. Le caractère strictement répétitif de ces analyses a conduit à en automatiser le processus. La réalisation est en cours de finition, mais les premiers tests ont permis d'en valider les conclusions.

L'injection a été maintenue sous sa forme manuelle, étant donné le caractère aléatoire de la présentation des échantillons (aléatoire dans le temps, mais aussi du fait des quantités disponibles ou du mode de présentation). Par contre, l'essentiel des éléments relatifs à la collecte des données et aux programmes de gestion de l'automatisation a pu être repris, avec un certain nombre de modifications dont nous parlerons plus loin.

L'analyse se fait à la demande de l'opérateur. Elle s'arrête soit dès que le nombre de pics annoncés a été traité, soit à la demande de l'opérateur. Les temps de rétention et les surfaces des pics sont affichés de manière à laisser à l'opérateur la plus large marge d'interprétation des résultats.

## Étude comparative

1. Les principales différences qui apparaissent, selon notre expérience, entre ces deux types de réalisation sont très liées aux fonctions que doivent réaliser les chromatographes dans les deux cas. Dans l'analyse en ligne, ils effectuent une analyse répétitive cadencée d'un mélange de produits connus ; la précision demandée n'est pas exigeante ; l'objectif est le contrôle de la qualité des produits obtenus et l'obtention de données destinées à établir les bilans de fonctionnement. Il s'agit donc principalement d'une analyse quantitative.

Dans le cas de l'analyse en laboratoire, les conditions expérimentales rendent difficile et non nécessaire un fractionnement cadencé. Leur plus grande exigence de précision conduit aussi souvent à la recherche de produits présents en petites quantités, parfois absents. Dans notre cas, par exemple, un temps de séjour trop important conduit à la formation en quantités non négligeables de composés cycliques ou de noyaux benzéniques ; leur détection est indispensable à la connaissance des mécanismes réactionnels. On a donc affaire à une analyse partiellement qualitative et plus exigeante en précision quant au quantitatif.

Ces différences de fonctions recoupent celles qui avaient conduit au choix des appareils lors de leur installation : robustes et fiables pour les appareils « en ligne » ; sensibles et souples d'utilisation pour les appareils de laboratoire.

2. La première remarque principale porte sur les choix de l'automatisation : dans l'analyse « en ligne », l'automatisation doit être intégrée (ici injection automatique) ; dans le cas de l'analyse en laboratoire, le rôle de manipulateur reste fondamental.

3. L'analyse « en ligne » est, dans la mesure où elle est effectuée sur un procédé continu, nécessairement cadencée, à un rythme compatible avec les temps de réponse du processus. Au laboratoire au contraire, c'est le manipulateur qui lance la manipulation. Dans les deux cas, toutefois, il doit avoir la possibilité d'intervenir (demande d'analyse de confirmation par exemple pour une analyse « en ligne »).

4. Les mélanges analysés « en ligne » sont connus qualitativement (en principe). En laboratoire, par contre, le fonctionnement doit être plus souple pour aider le manipulateur et non le gêner : nous avons choisi pour notre part de laisser au manipulateur la possibilité soit d'annoncer le nombre de corps attendus (avec arrêt du traitement lorsque tous ont été détectés), soit de décider lui-même de l'arrêt du traitement des données (dans la limite du nombre de corps maximal prévu actuellement, soit 20 corps). Les résultats fournis sont beaucoup plus explicites puisqu'ils indiquent, outre les compositions, les temps de rétention et les surfaces des pics, permettant ainsi au manipulateur une interprétation manuelle directe en cas, par exemple, d'absence d'un des corps attendus.

## Conclusion

Ces expériences nous ont montré le caractère spécifique de chaque automatisation, malgré les apparences très semblables. Nous en

tirons la conclusion, à l'heure où les appareils automatiques (avec microprocesseur intégré) se multiplient sur le marché, qu'il est difficile, dans un domaine pourtant aussi connu que la chromatographie en phase gazeuse, d'offrir un mode d'automatisation unique quelle que soit la fonction effectuée par l'appareil. Nous sommes arrivés pour notre part à conserver une architecture

commune à nos différentes expériences, mais avec trop de différences au niveau du traitement de détail pour pouvoir unifier totalement nos systèmes. Des systèmes automatisés « multi-usages » doivent donc, nous semble-t-il, être envisagés avec prudence surtout s'ils se présentent sous une forme non modulaire, non adaptable par l'utilisateur en fonction de ses besoins.

Signalons pour terminer que cette expérience nous aura été très utile sur le plan de l'enseignement, puisqu'une part importante de l'étude a été réalisée avec la collaboration successive de groupes d'élèves-ingénieurs, dans le cadre de projets d'initiation à l'informatique industrielle.

## Automatisation du contrôle de la composition et du calcul des caractéristiques des gaz naturels Système COCAGNE

par M. Charron, J.-P. Coquand et J.-J. Chéron

(Centre d'Essais et de Recherches sur les Installations Gazières, Direction des études et techniques nouvelles, Gaz de France, La Plaine Saint-Denis).

Dans le cahier des charges type pour la concession des distributions publiques de gaz sont définis les droits et obligations de l'autorité concédante (en général une municipalité) et de l'établissement public concessionnaire (Gaz de France). On trouve au chapitre IV une clause « qualité du gaz distribué » qui définit les paramètres à contrôler. Ils sont au nombre de quatre :

- la pression, dont on fixe la fourchette de variation ;
- le pouvoir calorifique,
- les caractéristiques de combustion, qui doivent rester sensiblement constantes dans un appareil d'utilisation conforme aux normes françaises et en bon état de fonctionnement,
- l'odeur, qui doit toujours être suffisante et caractéristique pour que les fuites soient immédiatement perceptibles à l'odorat et qui doit disparaître par la combustion complète du gaz.

L'esprit du texte est d'assurer la régularité de la transaction commerciale et la sécurité du public.

Établi à l'époque où l'on distribuait essentiellement du gaz de houille, le cahier des charges est le reflet des soucis de l'industrie gazière de l'époque. Malgré la profonde mutation de celle-ci, il n'en demeure pas moins valable à quelques aménagements ou mises à jour près.

La pression liée à la qualité de la distribution ne nous intéressera pas dans la suite, qui concernera uniquement les trois autres facteurs, représentant réellement la qualité du gaz.

Au départ, pouvoir calorifique et caractéristiques de combustion ont été mesurés par des appareillages normalisés simples. Dans certaines petites exploitations, par exemple pour contrôler le pouvoir calorifique, on mesurait le volume de gaz nécessaire pour évaporer une masse d'eau connue dans un système brûleur - récipient bien défini. Ces déterminations rendaient compte de la

conformité aux spécifications mais ne constituaient pas de véritables mesures.

Les appareils de mesure, cependant, existent, mais leur coût et les contingences qu'ils imposent les ont réservés pendant longtemps aux exploitations importantes.

Avec le calorimètre automatique Cutler-Hammer, on mesure le pouvoir calorifique en transférant la chaleur obtenue par la combustion du gaz à un courant d'air et en mesurant l'élévation de température de cet air. Les débits de gaz et d'air sont dans un rapport fixe, à une température qui est celle d'un bain d'eau. Les gaz de combustion sont isolés de l'air chargé d'absorber la chaleur et refroidis de façon à être à une température à peine supérieure de quelques degrés à la température de l'air et du gaz entrants. Dans ces conditions, l'eau formée dans la combustion se condense et l'élévation de température est proportionnelle au pouvoir calorifique du gaz. Celle-ci est mesurée par un thermomètre à résistance.

Cet appareil nécessite une climatisation soignée car, si sa lecture est une fonction linéaire de la résistance du thermomètre, cette dernière est, elle, une fonction quadratique de la température ; par conséquent, en ambiance non contrôlée, la réponse ne sera pas une fonction linéaire du pouvoir calorifique. De même, lorsque la température extérieure se modifie, les débits de gaz et d'air entrants changent ainsi que leur teneur en vapeur d'eau. Enfin, la maintenance d'un tel matériel impose une visite hebdomadaire. Il s'agit cependant là d'un appareil de base de l'industrie gazière.

Les caractéristiques de combustion (indice de Wobbe \* essentiellement peuvent être

\* L'indice de Wobbe repère le débit calorifique d'un appareil donné alimenté sous pression constante auquel il est proportionnel. Il s'exprime en kilowatts-heures par mètre cube normal.

mesurées à l'aide du brûleur-contrôleur, type Gaz de France. La détermination est précise, certes, mais délicate pour les gaz naturels, avec lesquels de multiples précautions sont nécessaires pour éliminer les erreurs dues aux conditions ambiantes. Une forme analytique, issue d'études théoriques, a été trouvée pour l'indice de Wobbe : ce dernier est égal au pouvoir calorifique divisé par la racine carrée de la densité du gaz :

$$W = \frac{PCS}{\sqrt{d}}$$

On préfère donc aujourd'hui, pour l'obtenir, associer au calorimètre dont il a été question plus haut un densimètre.

En ce qui concerne l'odeur, le contrôle se faisait par des équipes spécialement entraînées. La mesure a d'abord été celle d'un pouvoir odorant, puis celle d'une intensité d'odeur.

En dehors de ces paramètres qu'elle a obligation de contrôler, l'industrie gazière a également ses propres besoins : elle souhaite disposer des caractéristiques physiques des gaz qu'elle achète, transporte, stocke et distribue, ne serait-ce que pour établir ses bilans. Les caractéristiques essentielles sont le facteur de compressibilité (Z) pour le calcul des débits, la viscosité qui intervient dans le calcul des pertes de charge, le rapport des chaleurs spécifiques à pression et à volume constants pour la compression, les températures de rosée eau et hydrocarbures pour la sécurité du transport.

En fait, chacun des paramètres envisagés ci-dessus est fonction de la composition des gaz. Il importe donc, dans un premier temps, de faire l'analyse du gaz de façon simple. Comment se pose le problème ? La composition d'un gaz naturel épuré est donnée dans le tableau I.

A l'examen de ce tableau, on se rend compte que seule la chromatographie permettra

**Tableau I. Composition d'un gaz naturel épuré.**

Constituants	Concentration				
He	0-0,07 mole %	Inertes			
H <sub>2</sub>	0-0,05				
A	0-0,004				
O <sub>2</sub>	0-0,002				
N <sub>2</sub>	0,2-15				
CO <sub>2</sub>	0-2				
CH <sub>4</sub>	80-97				
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	1,5-10				
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0,1-4				
<i>i</i> -C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,05-1,5				
<i>n</i> -C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,05-1,5				
néo-C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0,001-0,2				
<i>i</i> -C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0,002-0,4				
<i>n</i> -C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0,002-0,4				
C <sub>6</sub> et +	<i>i</i> -C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> <i>n</i> -C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> benzène cyclohexane		0-0,05	Caractéristiques physiques et de combustion	
	<i>i</i> -C <sub>7</sub> H <sub>16</sub> <i>n</i> -C <sub>7</sub> H <sub>16</sub> toluène <i>n</i> -C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>	0-0,07 mole %			
H <sub>2</sub> O	0-300 mg/m <sup>3</sup> ( <i>n</i> )	Température de rosée eau. Risque de formation d'hydrates (sécurité du transport sous pression)			
MeOH	0-2 000 mg/m <sup>3</sup> ( <i>n</i> )				
S <sub>T</sub>	H <sub>2</sub> S	0-5 mgS/m <sup>3</sup> ( <i>n</i> )	0-150 mg/m <sup>3</sup> ( <i>n</i> ) (Utilisation industrielle)		Odeur (sécurité du public)
	CH <sub>3</sub> SH	0-6			
	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> SH	0-4			
	<i>i</i> -C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> SH	0-4			
	<i>n</i> -C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> SH	0-4			
	<i>t</i> -C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> SH	0-4			
	<i>sec</i> -C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> SH	0-4			
	<i>i</i> -C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> SH	0-4			
	<i>n</i> -C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> SH	0-4			
	T.H.T.	0-15			
COS	0-30				
CS <sub>2</sub>	—				

l'analyse d'un pareil mélange et que, suivant le paramètre à contrôler, on ne s'intéressera pas aux mêmes constituants.

### Analyse en vue du calcul des caractéristiques physiques et des caractéristiques de combustion

Quatre solutions ont été définies en fonction de la nature du gaz et de la définition recherchée :

- analyse des constituants majeurs du gaz (inertes, CO<sub>2</sub>, C<sub>1</sub> à C<sub>3</sub>) en quinze minutes (cas des gaz naturels ayant subi une liquéfaction), solution de base ;
- même analyse que précédemment plus estimation des hydrocarbures lourds par l'utilisation de la technique de l'inversion de débit (cas général) ;
- solution de base, accompagnée de l'analyse de la fraction C<sub>4</sub>-C<sub>10</sub> ;

- solution de base, accompagnée de l'analyse de la résolution des inertes.

### Analyse en vue de contrôler l'odorisation (\*)

Les composés sulfurés sont les seuls concernés et parmi eux on ne considère que les thiols et le tétrahydrothiophène (THT), ce dernier étant un composé destiné à odoriser les gaz ne présentant pas d'odeur propre. Dans ce cas, la mise au point d'un détecteur électrochimique spécifique a simplifié le problème analytique (appareil Medor).

Dans chacun des cas, on a cherché une solution chromatographique simple en s'at-

\* Pour assurer la sécurité du transport, on s'intéresse seulement à la présence d'eau, de méthanol et d'H<sub>2</sub>S dans le gaz.

tachant particulièrement à travailler à température constante au niveau du four, à éliminer les commutations. Seule la technique d'inversion de débit a été conservée car, moyennant le remplacement de la vanne d'injection à six voies par une vanne à dix voies, elle ne nécessite pas l'introduction d'une vanne supplémentaire.

Là, se termine le rôle de l'analyse. Parallèlement, en laboratoire, des méthodes de calcul ont été élaborées pour calculer les différentes variables mentionnées. Des expériences très fines, avec les meilleurs méthodes de mesure dans les conditions les plus rigoureuses, ont permis d'établir la validité des modèles établis. La jonction entre les deux se fait par l'informatique.

La chromatographie se prolonge en effet par son système d'acquisition de données. Aux intégrateurs à logique câblée ont, dès 1974, succédé des appareils à microprocesseurs d'une souplesse et d'une puissance infiniment plus grandes. La possibilité, sur ces derniers, de programmer les paramètres d'intégration, de forcer l'intégration tangentielle, de forcer la ligne de base, de grouper des pics, permet à l'opérateur d'imposer à l'appareil la façon dont il doit intégrer les pics. Des séquences d'étalonnage et d'analyse peuvent être aisément définies. Le système, après avoir identifié les constituants, va jusqu'au calcul des concentrations, suivant les méthodes classiques utilisées en chromatographie. Enfin, il peut aller jusqu'à transformer n'importe quel chromatographe en un chromatographe automatique. En effet, on dispose de temporisations qui, moyennant un coffret électronique, permettent :

- de commander la vanne d'injection,
- de commander un échantillonneur.

Plusieurs analyseurs peuvent être connectés sur un système centralisé.

Cependant, en ce qui concerne les problèmes gaziers, le fait d'avoir la composition même de façon automatique ne nous suffit pas. C'est en effet des variables gazeuses que l'exploitant a besoin.

La solution passe donc par l'adjonction à ces ensembles de capacités de calcul internes ou externes, ce qui correspond à la définition dans notre industrie de systèmes COCA-GNE.

Ayant ressenti un besoin que nous n'étions pas les seuls à avoir, les constructeurs offrent ces possibilités de calcul ; réduites pour certains appareils, elles ne permettent que le calcul de forme linéaire ; plus complètes sur d'autres, elles vont jusqu'à la disponibilité du langage BASIC. Ces appareils préprogrammés ne permettent cependant pas, en général, de mettre en œuvre une programmation économique. Par ailleurs, sur les modèles ayant une capacité réduite, on peut noter certaines erreurs systématiques susceptibles de se révéler gênantes, au niveau par exemple des arrondis et des sommes (fig. 1).

Une autre solution passe donc par l'addition au système d'un calculateur. Les possibilités deviennent alors quasi infinies et l'on restreint ainsi le rôle de l'intégrateur-

ANALYSE.G.N.		1979 JUN 29 11:01:03					
CHANNEL	1	RUN	12	FILE	1	METHOD	1
INDEX	12	SAMPLE	BEYNES.17(31.05.79)				
NAME	CONC	RT	AREA	KF	RRT		
O2AZOTE	5.204	147	291059	.859	.936		
O1METHANE	86.97	157	4177158	1	1		
O3CO2	4.013	183	211109	.913	1.166		
O4ETHANE	2.981	208	186154	.769	1.325		
O5PROPANE	.555	287	42529	.627	1.828		
O6IBUTANE	.087	383	7445	.562	2.439		
O7NBUTANE	.109	453	10121	.516	2.885		
O8NEOC5	.001	489	116	.57	3.115		
O9IC5	.03	676	2931	.498	4.306		
10NC5	.029	773	2966	.478	4.923		
12C6+...1	.022	1409	2692	.4	8.974		
13C6+...1	.03	1511	3590	.4	9.624		
TOTALS	99.98		4937870				
		100.031					
ANALYSE.G.N.		1979 JUN 29 11:01:03					
INDEX	12	SAMPLE	BEYNES.17(31.05.79)				
CONSTITUANTS...	CONC	PCS(MJ)	PCS(WH)				
O2AZOTE	5.204						
O1METHANE	86.97	34.7	9635				
O3CO2	4.013						
O4ETHANE	2.981	2.104	584.1				
O5PROPANE	.555	.565	157.1				
O6IBUTANE	.087	.115	31.95				
O7NBUTANE	.109	.146	40.51				
O8NEOC5	.001	.002	.65				
O9IC5	.03	.052	14.34				
10NC5	.029	.05	13.93				
11C6+...1	.052	.096	27.36				
TOTALS	99.99	37.81	10500				

Figure 1.

calculateur à celui d'un périphérique spécialisé, parmi d'autres périphériques (calorimètres, densimètres, débitmètres...). Le logiciel adapté à chaque problème permet, outre la sortie des variables gazières :

- l'édition des résultats, suivant des formats,
- la prise en compte d'informations prioritaires (par exemple, présence d'un méthanier en cours de déchargement dans un terminal),
- l'établissement de bilans,
- le redémarrage automatique de l'ensemble de l'installation,
- la transmission à distance des résultats.

Une illustration des performances de ces systèmes peut être faite à l'aide du pouvoir calorifique. En kilowatts-heures, le pouvoir calorifique par mètre cube normal est pour le gaz naturel de l'ordre de 11 800. La répétabilité de la détermination de ce paramètre par l'analyse et le calcul est meilleure que  $\pm 5 \text{ kWh/m}^3 (n)$ . La justesse, qui fait intervenir la justesse du mélange pour étalonnage et la qualité de l'approximation, est inférieure à  $\pm 15 \text{ kWh/m}^3 (n)$ . Une comparaison systématique faite avec la mesure directe dont la justesse donnée par le constructeur est de  $\pm 20 \text{ Wh/m}^3 (n)$  montre que l'écart entre les deux méthodes est inférieur à  $10\text{-}15 \text{ Wh/m}^3 (n)$  lorsque les appareils sont en bon état de marche. Un écart supérieur est l'indice d'un mauvais fonctionnement le plus souvent imputable au calorimètre automatique.

Dans le tableau II sont donnés quelques exemples de réalisation.

L'expérience acquise lors de la mise en route de tels ensembles nous fait dire, qu'après une période d'adaptation au site qui n'a jamais

Tableau II.

	Stockage souterrain de Tersanne	Terminal méthanier du Havre	Stockage souterrain de Chemery	Station de compression de Roussines
Date de mise en service	Avril 1977	Nov. 1977	Fév. 1978	Fév. 1979
Échantillonneur	16 voies	5 voies	1 voie	3 voies
Nombre d'analyseurs chromatographiques	1	1	5	2
Système d'acquisition de données chromatographiques	HP 3385	SP 4000	SP 4000	SP 4000
Autres capteurs	non	oui	non	oui
Calculateur	HP 9825	HP 9825	—	HP 9825
Télétransmission ou liaison calculateur	oui	non	non	oui
Personnel sur place	oui	oui	oui	non
Coût du système analytique (matériel)	140 000 F	165 500 F	240 000 F	200 000 F

excédé quelques mois, le système devient opérationnel et on peut noter que cette adaptation est d'autant plus rapide que le personnel chargé de la maintenance et de l'exploitation aura été mieux formé. Cette formation, dont la durée sera variable en fonction de qualification des agents, est une étape essentielle qu'il convient de ne pas sous-estimer si l'on veut pouvoir tirer de tels systèmes les satisfactions qu'on est en droit d'en attendre. Un point important est également le contact étroit entre les concepteurs et exploitants du système.

Il est assez difficile de définir une installation COCAGNE type ainsi que le montre le tableau II ; c'est pourquoi il est malaisé de parler prix. Cependant, si on se limite au calcul des caractéristiques des gaz, il faut opposer au système « Tersanne » le coût d'un calorimètre automatique et d'un densimètre. Sur ce plan, aucune des deux solutions n'a d'avantage, les coûts étant identiques. L'installation COCAGNE est par contre très avantageuse :

- sur le plan des frais d'installation,
  - sur le plan des frais de maintenance,
- et, ce qui est encore plus difficilement chiffrable, sur le plan de la richesse de l'information fournie.

En conclusion, nous espérons avoir montré que, grâce à l'informatique, d'un capteur à vocation universelle, nous avons fait un capteur parlant le langage de l'industrie gazière pour un coût équivalent à celui des appareils traditionnels et avec une qualité de service bien supérieure. Cependant, nous insistons sur le fait qu'il est nécessaire d'ouvrir la voie à de tels systèmes par un réel effort de formation du personnel concerné. Ce n'est qu'à ce prix qu'on pourra en tirer les satisfactions qu'on est en droit d'attendre.

# Deux approches de la conduite de procédé : automate contre ordinateur

par M. Brayard (Division Automation, Société Générale pour les Techniques Nouvelles (S.G.N.), B.P. n° 30, 78184 Saint-Quentin-en-Yvelines Cedex.)

## Introduction

Depuis plus de 10 ans, nous assistons à un développement assez spectaculaire de l'utilisation des ordinateurs pour la conduite des procédés industriels. Cet accroissement correspond au souci des industriels d'améliorer la productivité des installations, mais aussi à la baisse importante du coût des matériels informatiques que le progrès technologique a entraînée. Les fonctions confiées au ordinateur sont multiples et souvent complexes, mais leur réalisation demande une équipe d'informaticiens compétents.

Plus récemment, sont apparus sur le marché les automates programmables, dans une gamme très large de possibilités et de coûts. Construits pour la plupart autour d'un microprocesseur, ces appareils doivent leur succès à la facilité avec laquelle ils peuvent être mis en œuvre, puis modifiés, par l'utilisateur non informaticien. Leur langage de programmation, simple et accessible à l'automaticien, est la principale raison de leur grande utilisation dans le domaine des automatismes séquentiels, aussi peu standardisés que les procédés qu'ils contrôlent.

Longtemps considérés comme la solution de tous les problèmes, les microprocesseurs trouvent maintenant leur place comme simples composants d'une boîte noire destinée à répondre à des besoins spécifiques. Les systèmes modernes de régulation sont un bon exemple où le microprocesseur réalise la fonction de régulation, la simulation des faces avant de régulateur sur écran de télévision, et permet à un coût marginal faible des tracés de courbes d'historique et de tendance, au sein d'un système aux possibilités figées.

L'augmentation sensible des performances des automates programmables (notamment calculs et traitements numériques), les autorise maintenant à traiter aussi bien les variables logiques qu'analogiques, les automatismes séquentiels que les régulations, avec le même langage simple de programmation.

Nous tentons ici de dégager les grandes lignes d'une comparaison entre ordinateur et automate, en nous appuyant sur notre expérience dans la conduite des fours de verre textile, que nous avons eu la chance de réaliser dans les 2 approches aux États-Unis et en Espagne, après qu'une première installation à Chambéry ait permis l'identification et la modélisation du procédé. Nous comparerons TOPICS (Table Oriented Process Information and Control System), logiciel fonctionnant sur ordinateur General Automation à APILOG, automate programmable développé et construit par SGN (Société Générale pour les Techniques Nouvelles).

## I. Constitution des systèmes

### I.1. Approche ordinateur (TOPICS)

Le système TOPICS a pour fonctions principales l'acquisition et le traitement des mesures, la détection et l'édition des alarmes, le contrôle en boucle fermée et le dialogue opérateur. Il fonctionne bien entendu sur toute la gamme des ordinateurs General Automation (SPC. 16 et GA. 16), dont il utilise tous les périphériques « informatiques » (disque, imprimante, console, etc.) et « industriels » (entrées-sorties analogiques et logiques), dont la liste apparaît sous le repère 1, dans la figure 1.

Il se compose, au plan du logiciel, d'un ensemble de modules qui sont soit des programmes intégrés au système temps réel RTOS qui gère leur exécution, soit des tables contenant les données des programmes ou assurant les transmissions entre tâches.

La figure 1 explique de façon simplifiée le fonctionnement de TOPICS : pour les traitements analogiques, qui sont le cœur du système et pour lesquels des fonctions standards sont fournies, le constructeur a prévu l'enchaînement suivant :

a) Le système temps réel déclenche, à intervalles fixes, le programme AIDOX (repère 4). Celui-ci examine la table des voies et construit la table des voies à traiter (fonction des fréquences indiquées pour chacune), avec en particulier leur adresse et leur gain. Il active ensuite le système d'entrée-sortie (IOS) qui gère les échanges avec tous les périphériques.

b) IOS (repère 1 à gauche de la figure) se charge de l'acquisition des voies et de la mémorisation des valeurs brutes dans la table ARPT (Analog Raw Point Table) 5.

c) Dès qu'une valeur est stockée dans ARPT, le traitement PMS 6 (Process Monitoring System) est lancé : son but est principalement le filtrage, la linéarisation et la détection des alarmes, les valeurs physiques sont stockées dans la table AIPT (Analog Input Point Table) 7.

d) Lorsqu'une action est à entreprendre après le traitement d'une voie (ou à fréquence fixe sur option), les programmes DDC (Direct Digital Control) sont alors activés (repère 8) : ils se chargent du calcul de l'écart entre consigne (dans la table CSPT Control Set Point Table, repère 13) et mesure, des algorithmes PI, PID, PIDI, PII et de la mémorisation dans la table AOPT (Analog Output

Point Table, repère 9) de la correction incrémentale ou absolue à appliquer au procédé.

e) Le système d'entrée-sortie IOS se charge enfin de l'envoi des corrections aux actionneurs, par l'intermédiaire des périphériques industriels de sortie (repère 4).

En parallèle, une structure identique peut accueillir tous les programmes que l'utilisateur voudrait écrire pour le traitement de voies tout ou rien, aucun module de traitement n'étant fourni.

Enfin, un système complexe de communications (Console Communication System, repère 28) assure la gestion des périphériques de dialogue et la relation entre les questions-réponses des opérateurs et les paramètres de traitement.

La construction du système est facilitée par 3 « compilateurs » qui assurent la conversion d'ordres sources en tables nécessaires au traitement PMS-DDC (compilateur DBASE repère 3), aux formats d'affichage sur les consoles (FORMAT repère 26) et aux relations entre affichage et paramètres (OPCON repère 25).

Pour les 32 voies d'acquisition et les 34 régulations (y compris cascades internes), il a fallu :

- une unité centrale de 32 K mots de 16 bits ;
- un disque 2,5 M octets, non complètement utilisé mais nécessaire pour le dialogue opérateur (et uniquement pour lui) ;
- une console de dialogue ;
- les coupleurs industriels ;
- une imprimante semi-rapide et un lecteur de carte pour le développement et la mise au point (voir § II).

### I.2. Approche automate programmable (APILOG)

La structure de l'automate APILOG de SGN, est finalement peu différente de celle d'un ordinateur : une unité centrale (processeur de la figure 2) dialogue avec une mémoire (ferrite ou semi-conducteur), des cartes d'entrées-sorties industrielles (jusqu'à 8 bacs de 16 cartes ; 16 voies par carte) et une console de programmation. Divers coupleurs peuvent être adjoints pour la gestion de périphériques divers.

Une première différence essentielle concerne les cartes d'entrées-sorties : la large gamme permet d'accommoder tous les cas particuliers (voir figure 3). Toutes les cartes sont équipées de visualisation de l'état de chaque

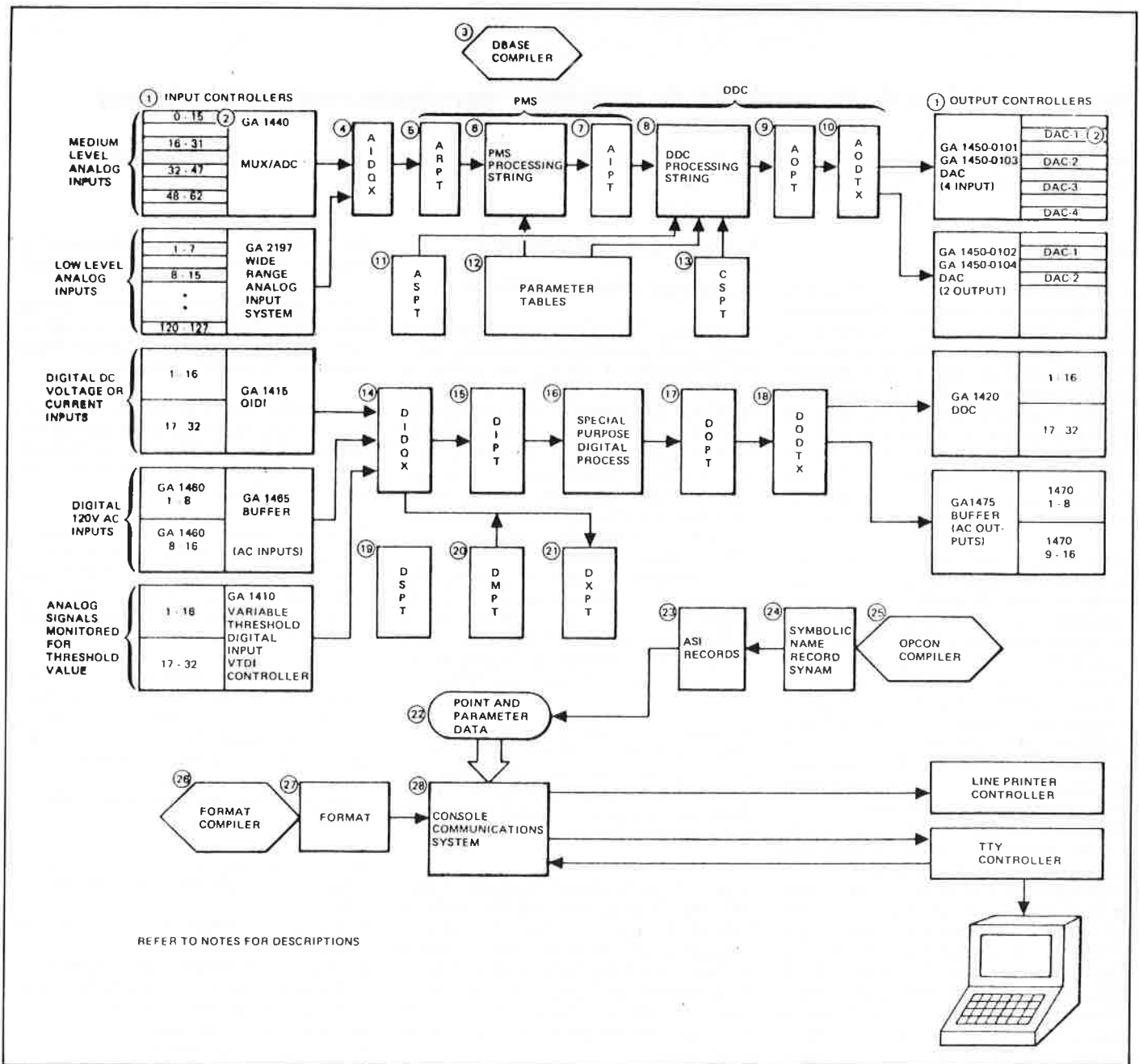


Figure 1. Constitution et fonctionnement de TOPICS.

voie et d'une prise permettant la mise en place d'une « carte test » bien utile pour vérifier le câblage, mettre au point une partie de programme sans le procédé, ou pallier la défaillance d'un capteur TOR. Le raccordement de chaque voie se fait par 2 fils à câbler sur des bornes à vis, de diamètre de serrage fonction de la puissance. Filtrage symétrique et isolement galvanique participent bien sûr au caractère industriel des entrées-sorties.

Mais c'est le langage qui distingue le plus l'automate programmable : plus de système temps réel à « générer », plus de compilateur, plus de disque. A la place, un catalogue d'ordres simples (logique combinatoire et séquentielle) ou puissants (calcul simple ou double précision, linéarisation et PID, messages, etc...) que l'homme de l'art (non infor-

maticien) compose au clavier de la console de programmation, en une suite d'instructions remplissant les fonctions de logique ou de régulation. Il peut ensuite modifier une ligne ou une partie de son programme de façon interactive, sans avoir besoin ni de « recompiler », ni même d'arrêter l'exécution du reste du programme.

La figure 4 illustre la facilité de programmation. Soulignons simplement qu'il n'y a plus à se soucier de l'adressage et de la lecture d'une voie, et que la 8<sup>e</sup> voie raccordée sur une carte occupant l'emplacement 3 du premier bac a pour adresse 138, qu'elle soit logique (accès par l'ordre SI 138) ou analogique (accès par l'ordre APL 138). La simplicité avec laquelle il est possible de faire appel en nombre illimité à des fonctions complexes

telles que files d'attente, temporisations, retards, compteurs, variables numériques, messages, linéarisations ou PID, permet un mélange aisé de logique, de calcul, d'édition et de régulation, donc une programmation évidente à partir de n'importe quel schéma.

## II. Mise en œuvre

Trois étapes méritent d'être distinguées dans la mise en œuvre d'une conduite de procédé : le raccordement, la programmation du schéma et le démarrage de l'application.

### II.1. Raccordement au procédé

Presque immédiat pour l'automate pourvu que les cartes correspondent bien aux si-



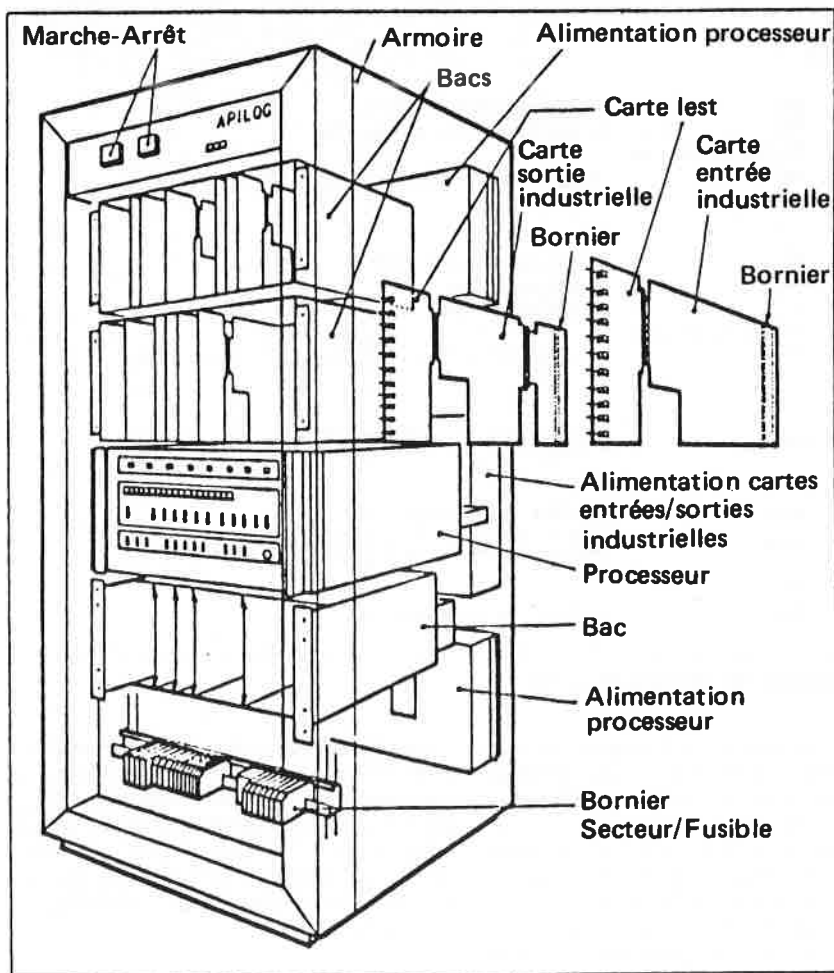


Figure 2. Configuration de l'armoire APILOG utilisée.

gnaux, le raccordement des capteurs ne pose plus de problème majeur à un calculateur bien choisi qui accepte tous les niveaux présents dans une application industrielle. Encore, ne faut-il pas, sous peine de remaniement sérieux du système d'entrée-sortie, acquérir la moitié des voies analogiques en analogique et l'autre moitié à travers un système externe de régulation numérique !

Il n'en est pas de même du raccordement des stations de transfert ou régulateurs de secours dont le mode de dialogue (analogique

ou numérique, liaisons individuelles ou balaïsées, etc...) n'est jamais supporté de manière standard par le calculateur. Et il est bien plus aisé d'avoir un accès direct au niveau de chaque bit de l'échange par les ordres simples d'un automate, que d'écrire et de mettre au point un driver spécifique compatible avec le système informatique.

### II.2. Programmation du schéma

Nous avons dit plus haut que la construction des diverses tables de TOPICS nécessitait la

compilation par 3 compilateurs différents d'ordres sources écrits dans un langage spécifique dont il faut apprendre grammaire et syntaxe. Le processus de compilation étant extrêmement complexe, le temps de traitement est imposant : on peut estimer à 1/2 journée de travail d'un opérateur averti le temps nécessaire à l'introduction d'une boucle de régulation avec toutes les liaisons la rendant accessible au dialogue ; ceci sans tenir compte de la virgule oubliée dont l'effet ne sera perçu qu'à la fin. Pour illustrer la facilité de programmation avec l'automate APILOG, considérons la boucle complexe (bien que déjà simplifiée) de régulation du niveau de verre :

Le mélange est introduit de chaque côté du four par 2 enfourneuses de vitesses V10 et V20 (sorties analogiques 040 et 050). Une mesure de niveau No (entrée analogique 010) est comparée à la consigne V0 : l'écart doit jouer sur la somme des vitesses V10 + V20. Les températures de part et d'autre du four doivent se maintenir dans un écart constant : toute variation de la différence de température T10-T20 (entrées analogiques 011 et 012) doit agir sur la différence des vitesses V10-V20.

La partie droite de la figure montre la programmation APILOG correspondante utilisant l'ordre PID certains ordres de calcul et de lecture-écriture analogique (la partie filtrage et linéarisation n'est pas représentée ; il conviendrait d'ajouter un ordre par fonction et par voie de mesure).

### II.3. Démarrage de l'application

Le procédé étant continu, il faut que sa conduite soit permanente. Chacun sait bien qu'il n'est pas évident de faire fonctionner 24 h sur 24 un logiciel temps réel : il faut régler les uns après les autres tous les conflits entre tâches, qui apparaissent à intervalles de durée croissante avec le degré de mise au point. L'automate assure au contraire un démarrage immédiat puisque tout ordre composé de manière interactive n'est accepté que s'il est correct. Cette caractéristique importante permet de ne s'intéresser qu'à la conduite du procédé en oubliant totalement son support d'exécution.

	TENSION	CONTACT	PUISSANCE	ANALOGIQUE	SPECIALE
ENTREES	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 24 V</li> <li>• 5 → 48 V } 5 mA</li> </ul>	Idem tension mais Apilog alimente le contact	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 110 V ~</li> <li>• 220 V ~ } statique</li> <li>• 50 V =</li> </ul>	16 voies par carte 11 bits + signe 40 mV → 10V 4 → 20 mA TMC = 100 V	Comptage rapide 20 KHz  Positionnement numérique
SORTIES	Idem contact mais 1 seule alimentation externe à câbler par carte de 16	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relais Reed 24V 100 mA</li> <li>• Relais Siemens 48V → 1A</li> <li>• Statique 50V 40mA</li> <li>• statique 60V 1A</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relais 220V ~ 5A</li> <li>• 250V ~ 4A } statique</li> <li>• 55V = 4A</li> </ul>	1 voie par carte 0-10V ou -5+5V 0-20 mA	Communication inter-automates  Couplage bac à distance

Figure 3. Les cartes d'entrées-sorties APILOG.

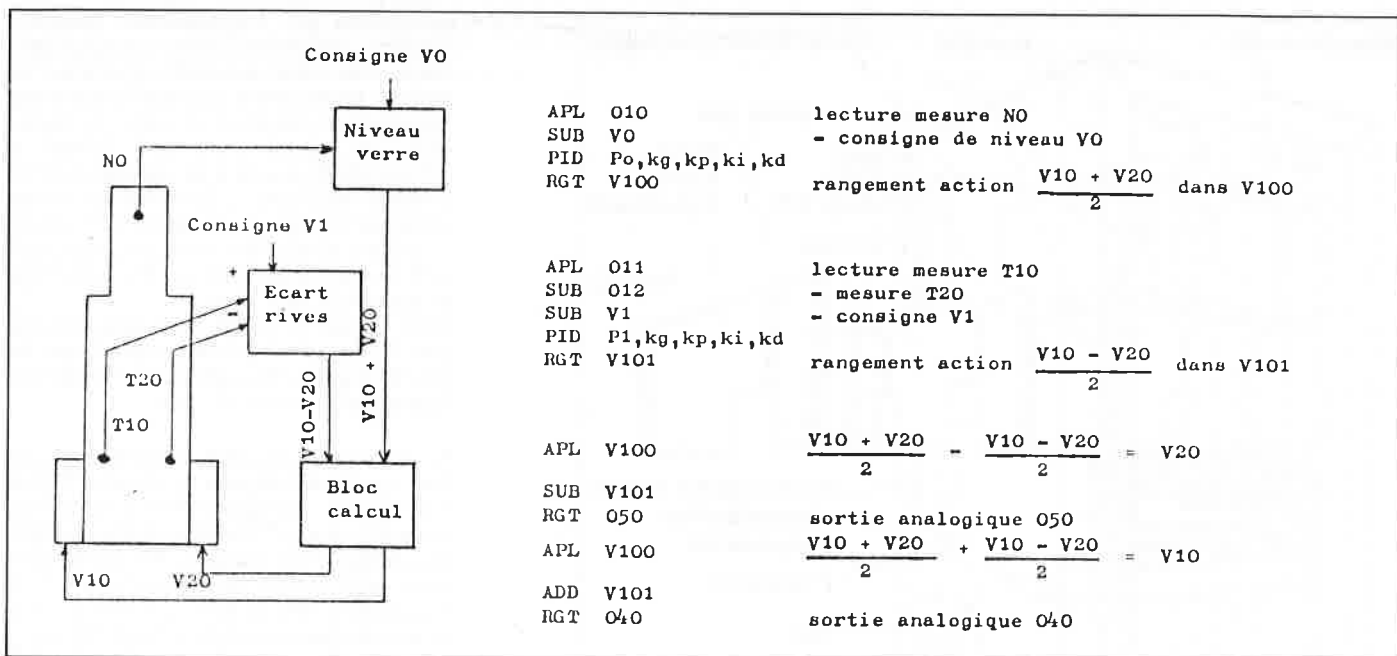


Figure 4. Schéma et programmation de la régulation du niveau de verre.

Dans les 2 approches, les mises au point des cadences de traitement, des divers coefficients de régulation et de linéarisation, se font avec la même facilité, mais l'automate prend encore l'avantage par la souplesse qu'il offre pour les *modifications en ligne* du schéma de régulation ou pour l'introduction de blocs de traitement non prévus dans le logiciel du calculateur (retards, blocages, conditions logiques, etc...).

### III. Exploitation

Qu'ils concernent les arrêts, les démarrages, les changements de fabrication ou l'ajustement des paramètres de conduite, les besoins de l'exploitation sont satisfaits aussi bien par l'automate que par le calculateur. Console de mise au point pour l'automate, ou dialogue console pour le calculateur, sont 2 moyens identiques pour la modification d'une ou de plusieurs variables. Quant aux arrêts et démarrages, ils nécessitent un mélange de séquentiel et de régulation mieux appréhendé par l'automate.

Le seul domaine où le calculateur affirme sa supériorité est celui du *format* auquel obéit le dialogue machine-exploitant, lorsque celui-ci a lieu à travers des moyens informatiques (console écran clavier par exemple); il autorise le raccordement d'une gamme importante de périphériques, et des langages évolués permettent une gestion facile des échanges, au prix néanmoins d'un effort non négligeable de développement de logiciel.

Il est pourtant presque certain (c'est en tout cas notre avis à la lumière de nos multiples installations) que la console « informatique » avec son clavier de machine à écrire n'est pas un bon support pour les besoins de l'exploitation. Il faut résister à la tentation d'un investissement faible et préférer un pupitre d'exploitation donnant aux opérateurs une vision « en parallèle » et non sérialisée des paramètres importants du procédé qu'ils conduisent, ce pupitre peut alors être raccordé très facilement à l'automate, qui dispose de tous les ordres pour le gérer (impulsion, transcodages, etc.).

Quant aux besoins d'exploitation différée comme le journal de bord ou les historiques qui peuvent être traités par logiciel dans le calculateur, nous sommes convaincus, en tant qu'installateurs devant faire face à des demandes toujours différentes, que la solution passe par le raccordement d'une console

« intelligente » à un automate comme API-LOG : elle reçoit et transmet des données sur une liaison asynchrone et décharge l'automate de toutes les fonctions annexes, qu'elle traite dans un langage évolué. Plusieurs réalisations récentes, dans d'autres domaines, nous ont montré toute la puissance de cette approche.

### IV. Conclusion

En guise de conclusion, nous nous bornerons à établir une comparaison du prix des matériels et des temps passés en programmation de schéma et en démarrage, dans 2 applications strictement identiques de conduite de four de verre textile, l'une réalisée par calculateur + TOPICS, l'autre par API-LOG. Chacune comporte 32 voies d'acquisition, 16 sorties sur station de transfert et 34 régulations imbriquées dans un schéma très complexe.

	Matériel FHT	Programmation du schéma (heures)	Démarrage (heures)
Calculateur	170 000	600	300
APILOG	90 000	300	200

Figure 5. Comparaison calculateur-automate APILOG.

# Évolution de l'informatique industrielle : de la mini à la microinformatique

## Conséquences sur la formation des utilisateurs de l'informatique industrielle

par **D. Depeyre** (*Laboratoire de génie et informatique chimiques, École Centrale des Arts et Manufactures, 92290 Chatenay-Malabry.*)

### Introduction

Avant de développer les arguments qui, à notre avis, ont marqué l'évolution de l'informatique industrielle de la mini-informatique à la micro-informatique, et d'examiner les conséquences de cette évolution sur la formation des utilisateurs de l'informatique industrielle, il peut être intéressant de faire un bref rappel historique sur certains faits marquants des trois dernières décennies :

- 1951 : invention de la chromatographie en phase gazeuse, technique de base des principaux capteurs de composition actuellement utilisés dans le monde industriel ;
- 1954 : fabrication en série des ordinateurs de calcul scientifique et de gestion, matériels qui ont permis l'essor de l'informatique ;
- 1962 : installation des premiers ordinateurs industriels dans des usines européennes de type chimique ou pétrolier ;
- 1968 : généralisation de l'enseignement des bases de l'informatique dans les écoles d'ingénieurs françaises et européennes ;
- 1971 : diffusion des méthodes modernes d'optimisation en milieu industriel, ce qui a conduit à un essai de rationalisation des problèmes d'optimisation industrielle, basés sur une bonne approche des bilans massiques ;
- 1972 : fin de l'apogée de l'utilisation des ordinateurs industriels pour effectuer une commande numérique directe d'ateliers chimiques ;
- 1973 : début du développement du contrôle optimal en ligne sur ordinateur industriel, procédure reconnue par le monde industriel pour son efficacité ;
- 1974 : premières fabrications de micro-processeurs ;
- 1976 : apparition de la microinformatique en contrôle-commande industriel ;
- 1978 : généralisation de l'emploi des micro-ordinateurs en informatique industrielle et apparition d'enseignements spécialisés pour ingénieurs et techniciens du monde industriel ;
- 1979 : mise en évidence du rôle de la micro-informatique pour les petites et moyennes industries.

Nous aurons l'occasion de revenir sur ce bref rappel historique tout au long de l'exposé. Rappelons enfin que la « crise du pétrole » a conduit le monde industriel à optimiser efficacement la marche de ses ateliers en améliorant sa connaissance des bilans énergétiques de chaque unité prise séparément et aussi de chaque atelier et de chaque usine, chacune de ces entités étant considérée comme un système indépendant.

Cet exposé sera structuré selon le plan suivant :

- mise en évidence des fonctions de l'infor-

matique industrielle et examen particulier de l'analyse industrielle en ligne ;

- examen de l'évolution du matériel et du logiciel de l'informatique industrielle ;
- présentation de cycles de formation déjà réalisés par notre laboratoire à l'École Centrale des Arts et Manufactures ;
- conclusion sur l'évolution rapide des techniques et sur la nécessité, de plus en plus grande, pour les ingénieurs et techniciens du monde industriel de se tenir au courant de cette évolution et de son influence sur le travail de tous les jours.

### Les fonctions de l'informatique industrielle

Un ordinateur, quel que soit son type et sa taille (gros, petit, mini ou micro), se compose essentiellement :

- d'une unité centrale, permettant la fonction de stockage et de traitement d'informations numériques,
- de mémoires périphériques, pour stocker des informations en plus grand nombre,
- d'éléments d'entrées-sorties, pour communiquer tant avec d'autres ordinateurs ou terminaux qu'avec l'homme.

Ce qui distingue l'ordinateur industriel, outil de l'informatique industrielle, des autres ordinateurs, qu'ils soient de gestion ou de calcul scientifique, ce sont essentiellement de nouveaux types d'entrées-sorties et les possibilités d'interruptions en fonction d'événements extérieurs à lui-même, c'est-à-dire la possibilité de travailler « en temps réel ». Un ordinateur de calcul scientifique, ou de gestion, de type classique, est autonome vis-à-vis du processus industriel ; en revanche, un ordinateur industriel est directement branché au processus industriel (colonne de distillation, réacteur chimique, analyseur de composition, etc...) et il dépouille les informations émanant du processus au fur et à mesure de leur saisie.

Un ordinateur industriel comprend des entrées-sorties, dites entrées-sorties industrielles, qui lui permettent de communiquer directement avec le processus industriel, et des niveaux de priorité associés aux possibilités d'interruptions. Dans un ordinateur de calcul scientifique ou de gestion un seul programme se déroule à la fois dans un ordre défini au moment de sa conception et les éléments d'entrée-sortie n'ont aucune influence sur son déroulement ; ces derniers sont sous la commande de l'unité centrale de l'ordinateur, qui ne s'arrête que lorsque le programme a été entièrement exécuté. Dans le cas d'un ordinateur industriel plusieurs programmes peuvent se trouver simultanément en mémoire interne. Un événement

extérieur, qui a été classé comme ayant une priorité donnée, peut interrompre le déroulement d'un programme d'une priorité inférieure en créant une interruption, qui est prise en compte et traitée par un programme, mis en mémoire centrale, chargé de répondre à l'interruption. On ne reviendra au programme de priorité inférieure qu'après avoir exécuté tous les ordres qui se rapportent à des opérations plus urgentes. Il est rappelé que le niveau de priorité de toute application industrielle traitée par un ordinateur industriel est à définir au moment de l'élaboration du programme.

Avant l'utilisation de l'outil informatique, la conduite de processus avait subi l'évolution suivante :

- le contrôle manuel,
- le contrôle manuel avec enregistrements,
- le contrôle avec régulateurs locaux,
- le contrôle avec régulateurs centralisés en salle de contrôle.

En 1958, au moment où les premiers ordinateurs industriels apparurent sur le marché international, le contrôle avec régulateurs analogiques automatiques centralisés en salle de contrôle était la forme la plus évoluée de la conduite de processus de type chimique ou pétrolier. Cette forme de conduite présentait certains inconvénients :

- manque d'intégration des informations,
- difficulté de la conduite globale de l'unité industrielle,
- manque de cohérence dans les résultats, due en particulier à l'intervention directe des opérateurs,
- coût important des enregistrements de données,
- impossibilité quasi-absolue de compléter une conduite d'atelier par un contrôle optimal pour atteindre certains objectifs technico-économiques.

La plupart de ces difficultés ont pu être levées par l'introduction des ordinateurs industriels dans les boucles de régulation des ateliers industriels.

L'ordinateur industriel, grâce à ses caractéristiques propres, peut effectuer les différentes fonctions suivantes :

- l'acquisition des données,
- le traitement des données,
- le guide-opérateur,
- le contrôle de supervision,
- la commande numérique directe,
- et, actuellement, le contrôle optimal.

Dans la phase d'acquisition des données, l'ordinateur industriel reçoit du processus des informations, les convertit si cela est nécessaire en informations numériques et les imprime pour fournir des enregistrements

facilitant la surveillance du processus industriel ou simplement pour enregistrer des résultats expérimentaux (températures, pressions, niveaux, etc...).

La phase de traitement des données a pour objet de rendre exploitable les données acquises dans la phase précédente pour leur utilisation, soit pour remplacer le journal de quart, soit pour établir des bilans en masse et en énergie, soit enfin pour effectuer une simulation du processus sur ordinateur. Rappelons que toutes les données émanant de capteurs de composition comme les chromatographes en phase vapeur ne sont pas directement exploitables à l'issue de la phase d'acquisition des données.

Pendant l'étape de guide-opérateur, l'ordinateur détermine, grâce à la connaissance des données du processus acquises en temps réel et à la disposition d'un programme de simulation mis en mémoire de l'ordinateur, les changements éventuels de conditions opératoires et c'est à l'opérateur d'assurer lui-même les consignes, en particulier de positionner sur les régulateurs analogiques les nouveaux points de consigne.

Au cours de l'étape, dite de contrôle de supervision, c'est l'ordinateur qui commande les valeurs de consigne des différents régulateurs analogiques existant dans le processus industriel.

Au cours d'une commande numérique directe, l'ordinateur commande directement les organes de commande sans passer par l'intermédiaire de régulateurs analogiques.

En résumé, nous pouvons dire que si l'on dispose d'un ordinateur qui sait effectuer une acquisition et un traitement des données du processus en temps réel l'ordinateur peut élaborer des ordres à trois niveaux différents :

- au niveau de la machine à écrire : c'est le guide-opérateur ;
- au niveau du point de consigne d'un régulateur analogique : c'est le contrôle de supervision ;
- au niveau de l'organe de commande, telles que les vannes : c'est la commande numérique directe.

Depuis quelques années se développe une nouvelle fonction de l'ordinateur industriel : c'est le « contrôle optimal ». Cette phase de contrôle optimal correspond à un guide-opérateur, dans lequel la mémoire de l'ordinateur comportera non seulement un programme de simulation du processus industriel, mais aussi un programme permettant d'exécuter une procédure numérique d'optimisation sur une fonction économique dans un cadre de contraintes définies. Devant les difficultés rencontrées par le développement de la commande numérique directe dans l'industrie et dans la nécessité reconnue de laisser à l'opérateur du processus une marge de manœuvre, c'est cette phase de contrôle optimal qui est aujourd'hui la plus étudiée et la plus féconde de par ses applications.

Une question se pose alors à nous-même : Quelle est la place de l'informatique indus-

trielle dans les possibilités d'analyse industrielle en ligne ?

Le succès de l'utilisation d'un ordinateur industriel, quel que soit son type, quelles que soient ses performances, dans le contexte d'un processus industriel de type chimique ou pétrolier dépend essentiellement de la qualité des capteurs de mesures installés sur le processus à conduire. Parmi les capteurs de mesure, il y a lieu d'examiner plus particulièrement les analyseurs en ligne, car les autres types de capteurs de mesure posent beaucoup moins de difficultés dans leur branchement sur ordinateur industriel.

Les analyseurs en ligne sur un processus industriel et leur couplage sur un ordinateur font l'objet de nombreuses publications depuis plus d'une dizaine d'années. Il est utile de rappeler ici la classification habituellement utilisée pour ces analyseurs en ligne :

- analyseurs non sélectifs : ils servent à mesurer certaines grandeurs physiques, tels que la viscosité d'un fluide, la conductibilité thermique, l'indice de réfraction, la densité, la constante diélectrique, etc... ;
- analyseurs sélectifs : ils servent à préciser les compositions ; on rencontre les chromatographes en phase gazeuse, les spectromètres de masse, les spectromètres infra-rouge et ultra-violet, etc...

Les problèmes spécifiques des capteurs de composition en ligne sur un processus industriel et couplés sur un ordinateur travaillant en temps réel sont les suivants :

- choix de la fréquence d'échantillonnage : quelques dizaines de points par seconde (chromatographie en phase gazeuse) à quelques dizaines de milliers de points par seconde (spectrométrie de masse) ;
- détection de pics et confirmation des pics détectés ;
- repérage des points extrêmes des pics ainsi que des points d'inflexion, en utilisant des techniques numériques basées sur l'évaluation des dérivées premières et secondes du chromatogramme ;
- choix des gains d'amplification des amplificateurs situés en aval des analyseurs dans la chaîne d'acquisition des données ;
- dans le cas où la composition du mélange ne peut être obtenue qu'à l'aide de deux ou plusieurs analyseurs en ligne, possibilité de recoupement des résultats obtenus avec chacun des analyseurs ;
- filtrage des données au moment de l'acquisition de manière à ce que le rapport signal/bruit soit le plus grand possible ;
- etc...

### Évolution du matériel et du logiciel de l'informatique industrielle

L'évolution du matériel s'est traduite par une diminution de type exponentiel du rapport coût/performance des matériels issus de l'électronique.

Donnons quelques ordres de grandeur de coûts de matériel :

- à la fin de la décennie 1960-1969 : un mini-ordinateur industriel de 32 k octets de mémoire centrale comportant un cycle de base de 4 microsecondes était évalué, selon l'importance des entrées-sorties industrielles de

type analogique et de type numérique, de 800 à 1 200 KF ; rappelons qu'un tel ordinateur installé dans un atelier de production chimique ou pétrolier représentait alors un investissement de l'ordre de 1 à 2 % de l'investissement total ;

- à la fin de la décennie 1970-1979 : un micro-ordinateur de même capacité de mémoire centrale avec un cycle de base inférieur à la micro-seconde est évalué, selon la configuration d'entrées-sorties, de 40 à 100 KF ; rappelons qu'en dix ans le coût de la vie a doublé, ce qui signifie que le matériel a diminué réellement de 25 à 50 fois.

Un second critère est intéressant pour mesurer l'évolution du matériel de l'informatique industrielle : c'est le volume des appareillages. Donnons quelques valeurs numériques pour illustrer ce point de vue : le nombre d'équivalents-transistor qu'on peut inscrire sur 1 mm<sup>2</sup> de silicium a beaucoup évolué. Vers 1970-1972, il était possible d'inscrire une centaine d'équivalents-transistor par millimètre carré de silicium. En 1974, l'apparition des microprocesseurs correspond au fait de pouvoir inscrire un millier d'équivalents-transistor par mm<sup>2</sup> ; depuis cette date on multiplie par 10 les performances tous les 2 ans ; ce qui nous conduira vers 1980 à pouvoir inscrire 1 000 000 d'équivalents-transistor par mm<sup>2</sup>. Nous pouvons remarquer que nous sommes déjà dans l'ère de l'électronique submicronique.

En ce qui concerne le logiciel, l'évolution a été beaucoup moins rapide. Rappelons que tout matériel d'informatique industrielle utilise un langage auto-code ou un langage assembleur qui lui est spécifique. L'apparition depuis une demi-douzaine d'années des microprocesseurs et des micro-ordinateurs n'a fait que multiplier le nombre de logiciels associés à l'informatique industrielle.

En conclusion, nous pouvons dire que le coût n'est plus la caractéristique essentielle des appareillages de l'informatique industrielle. Le problème qui est actuellement primordial consiste dans le choix de matériels avec logiciels de base associés, dont les performances évoluent mois à mois et pour lesquels il est devenu de plus en plus difficile de connaître au bon moment l'information nécessaire.

C'est la raison pour laquelle la formation des utilisateurs de l'informatique industrielle a dû s'adapter à cette évolution très rapide des matériels.

### Présentation de cycles de formation déjà réalisés à l'École Centrale

Dans le cadre des cycles de formation développés à l'École Centrale par le Laboratoire de génie et informatique chimiques, il est intéressant de s'arrêter à ceux qui sont plus particulièrement réservés à l'apprentissage de l'informatique industrielle :

- Initiation aux ordinateurs industriels : contrôle-commande des ateliers chimiques ;
- Microprocesseurs : conditions de développement dans l'industrie ;

- Utilisation de la microélectronique et développement des microprocesseurs dans les Petites et Moyennes Industrie (P.M.I.).

Le cycle « Initiation aux ordinateurs industriels, contrôle-commande des ateliers chimiques », d'une durée de cinq jours, s'adresse à des ingénieurs et à des techniciens travaillant dans le domaine de la production et dans celui de l'instrumentation des procédés de type chimique et pétrolier. Une sensibilisation à l'informatique de base (calcul scientifique ou gestion) est souhaitable. Un tel stage a pour but de montrer quels sont les moyens actuellement disponibles pour réaliser un contrôle-commande dans les conditions optimales. En particulier il s'agit de comprendre comment peut être défini un cahier des charges de contrôle-commande à partir de manipulations pratiques d'informatique industrielle sur une électrovanne et sur une unité pilote de distillation.

Ce cycle, qui comporte 35 heures d'enseignement sur une semaine, est organisé selon le plan suivant :

- généralités sur l'informatique industrielle et ses fonctions : 3 h 30 ;
- apprentissage d'un langage assembleur : 10 h 30 ;
- généralités sur un système d'exploitation d'ordinateur industriel : 3 h 30 ;
- définition et réalisation de l'automatisation d'une électrovanne, en petits groupes : 10 h 30 ;
- présentation d'un système de guide-opérateur en ligne sur une colonne de distillation : 3 h 30 ;
- manipulation avec utilisation du modèle de guide-opérateur pour le contrôle-commande d'une unité pilote de distillation : 3 h 30.

A l'issue d'un tel stage, réalisé déjà plusieurs fois, les auditeurs connaissent les bases de l'utilisation de l'informatique industrielle, ont effectué une étude simple mais complète d'automatisation (électrovanne) et ont manipulé sur un ordinateur effectuant un guide-opérateur (unité de distillation).

Le cycle « Microprocesseurs. Conditions de développement dans l'industrie », d'une durée de cinq jours, s'adresse à des ingénieurs et à des techniciens sensibilisés au problème de l'évolution du matériel électronique et à ses applications industrielles en temps réel. Une sensibilisation à l'informatique de base (calcul scientifique ou gestion) est souhaitable. Ce stage a pour but de montrer aux auditeurs les nouvelles conditions dans lesquelles les microprocesseurs ont placé les ingénieurs et techniciens dans le contexte industriel. Sur une étude comparative entre les systèmes de conduite par mini-ordinateur et par micro-ordinateur, il est montré les avantages et les inconvénients au niveau industriel de ce prodigieux développement technologique.

Ce cycle, qui comporte 35 heures d'enseignement sur une semaine, est organisé selon le plan suivant :

- généralités sur l'informatique industrielle et ses fonctions : 3 h 30 ;
- présentation des matériels des microprocesseurs (circuits LSI, mémoires ROM,

RAM, PROM, ...) et de l'environnement matériel d'un microprocesseur : 7 heures ;

- présentation des logiciels des microprocesseurs : 7 heures ;
- présentation des critères de choix des microprocesseurs : 3 h 30 ;
- examen des fonctions réalisables sur micro-ordinateurs et étude de cas : 10 h 30 ;
- manipulations sur microprocesseur en ligne avec un organe de commande : 3 h 30.

A l'issue d'un tel stage, réalisé une seule fois, les auditeurs connaissent les bases de l'utilisation des microprocesseurs en informatique industrielle et ont examiné avec précision comment se posent les problèmes de branchement sur un microordinateur.

Le cycle « Utilisation de la microélectronique et développement des microprocesseurs dans les P.M.I. », comporte trois sessions de trois jours étalées sur deux mois. Il ne nécessite pas de connaissance préalable en informatique et en électronique. Il s'adresse à des cadres techniques, administratifs et commerciaux des petites et moyennes industries. Il a pour objectif de proposer à ces cadres une formation devenue nécessaire pour effectuer une mutation de la conception des produits fabriqués, ceci grâce à l'utilisation des microprocesseurs. Cette formation est progressive et elle est conçue de façon à permettre aux auditeurs de bien connaître les possibilités de ces nouvelles techniques et les problèmes rencontrés, sans avoir au préalable à s'initier à l'électronique et à l'informatique mises en œuvre dans les microprocesseurs.

Ce cycle, pour cadres des P.M.I., est organisé selon le plan suivant :

- 1<sup>re</sup> session : acquisition des connaissances de base (traitement de l'information, signaux logiques, signaux analogiques) et manipulations sur un montage électronique et sur un mini-ordinateur ;
- 2<sup>e</sup> session : présentation des caractéristiques des microprocesseurs (matériel, logiciel, conditions de choix, évaluation précise des coûts, fonctions réalisées par des micro-ordinateurs) et manipulation sur un microprocesseur à vocation pédagogique ;
- 3<sup>e</sup> session : résolution de problèmes réels par des études de cas concernant des problèmes réels du monde industriel (conditions d'utilisation des critères de choix, conditions d'adaptation de l'outil à la résolution d'un problème donné de fabrication, conditions d'évaluation des coûts et de la formation des personnels) et manipulation sur un micro-ordinateur ayant pour objet le pilotage et la commande numérique d'un organe de commande.

### Évolution rapide des techniques et nécessité de la formation

Il y a une dizaine d'années, il existait pour un problème donné un petit nombre de solutions techniques informatiques (trois à dix) ; actuellement l'avancement technologique permet, pour un problème donné, d'avoir le choix entre plusieurs dizaines de solutions techniques informatiques. Rappelons qu'il doit exister, à l'heure actuelle, environ une

centaine de microprocesseurs à logiciel incompatible.

De plus, souvenons-nous qu'il apparaît sur le marché mondial, donc sur le marché français, un nouveau microprocesseur tous les quinze ou vingt jours.

Comment peut-on suivre l'évolution rapide des techniques de l'informatique industrielle sans devenir un spécialiste de la microélectronique ? C'est le problème assez ardu auquel le monde industriel est confronté.

Il est difficile de donner une réponse à une telle question. Il est néanmoins possible pour faire face efficacement à cet essor technologique d'avoir une connaissance de base de l'informatique industrielle (informatique classique et fonctions particulières associées au temps réel), dont l'apprentissage correspond à un enseignement de quelques journées dans un centre spécialisé. Un tel enseignement doit comporter obligatoirement, à notre avis, les trois volets suivants :

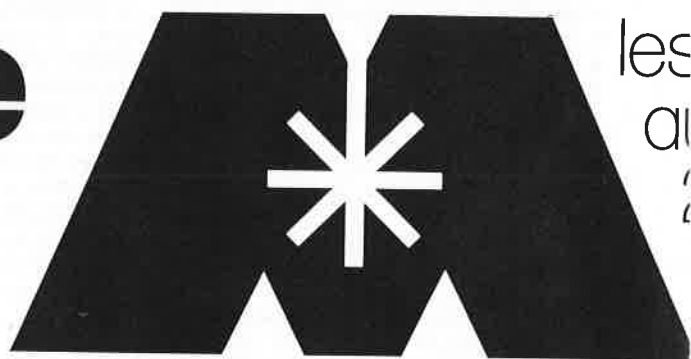
- apprentissage du vocabulaire associé à cet essor technologique,
- définition du cahier des charges pour un problème donné d'automatisation se rapportant à une unité industrielle ou à un analyseur particulier,
- réalisation, sous forme dirigée, d'un problème complet d'automatisation, même si ce problème est très simple, avec manipulations sur outil informatique.

Notre laboratoire propose, dans ce sens, un enseignement qui a déjà fait ses preuves et qui fait appel à de nombreux spécialistes du monde universitaire et du monde industriel.

### Bibliographie

- Bornes H., « L'enseignement de l'informatique », *Techniques de l'Ingénieur*, 1979, H-460, 1.
- Depeyre D., « Contrôle-commande et informatique industrielle », *Automatique et informatique industriels*, 1979, à paraître.
- Depeyre D., « Optimisation de l'exploitation des ateliers chimiques », *Informations-Chimie*, 1974, 138, 93.
- Tempier J., « Mini-ordinateurs dans la gestion industrielle et le contrôle des processus », Dunod, Paris, 1973.
- Lilen H., « Introduction à la micro-informatique. Du microprocesseur au micro-ordinateur », Éditions Radio, Paris, 1977.
- Arouette R. et Lilen H., « Théorie et pratique des microprocesseurs. Matériels. Logiciels. Mise en œuvre », Éditions Radio, Paris, 1977.
- Lilen H., « Guide mondial des microprocesseurs. Critères de sélection. Caractéristiques. Classement », Éditions Radio, Paris, 1976.
- Brie C. et Guivarch M., « Critères de choix des microprocesseurs existants », *Nouvel automatisme*, 1978, 1, 264.
- Brie C. et Guivarch M., « Panorama des microprocesseurs existants », *Nouvel automatisme*, 1978, 2, 331 ; 3, 369.
- École Centrale des Arts et Manufactures, « Cycles de formation continue, 1980 ».

# 2 journées d'étude sur les applications de la Microsonde Mole



## Patronnées par :

- Le Laboratoire de Spectrochimie infrarouge et Raman du C.N.R.S.
- La Société de Chimie-Physique • Le GAMS
- La Société Instruments S.A., Division Jobin/Yvon.

## Présidées par

Monsieur le Professeur DELHAYE.

## Quelques orateurs

Professeurs : H.D. PFLUG (Giessen - R.F.A.) – M.T. VENEC-PEYRE (C.N.R.S.) – M. CONGEAUD (LAFARGE - ETAMPES) – P. DHAMELINCOURT (Faculté de LILLE) – M. DAUDON (Hôpital de Saint-Cloud) – M. CZARNECKI (Bundeswehr - R.F.A.) – M. BUKALOFF (U.R.S.S.) – M. OGILVIE (I.C.I. - GRANDE-BRETAGNE) – C. BENY-BASSEY (BRGM - ORLEANS) – P. TRILHLE (LETI - GRENOBLE)

## Schéma des journées

### 13 décembre

- 11 h 00 Introduction - G. PAYAN - Directeur Général d'Instruments S.A.
- 11 h 15 Conférence inaugurale - Professeur Delhaye - Directeur du Laboratoire de spectroscopie IR ET Raman du C.N.R.S.
- 12 h 00 Communications utilisateurs.
- 13 h 00 Déjeuner.
- 14 h 30 Communications utilisateurs.
- 18 h 00 Clôture de la journée.

### 14 décembre

- 09 h 00 Communications utilisateurs.
- 12 h 00 Posters sessions.
- 13 h 00 Déjeuner.
- 14 h 30 Communications utilisateurs.
- 16 h 00 Table ronde : "l'Avenir de la Mole"
- 17 h 00 Allocution de Clôture - J.-Ch. LEFEBVRE - Directeur Adjoint d'ISA/JOBIN YVON.
- 18 h 00 Cocktail.



de  
ons

3 et 14 décembre 1979  
C.N.R.S. de THIAIS  
rue Henri Dunan 94320

**Domaines d'Etudes**

Micropaléontologie • Sciences de la Terre • Ciments •  
Médecine • Biologie • Minéralogie •  
Pollution et contrôle des matériaux industriels • Polymères.

*Une navette est prévue de la Porte  
de Versailles au C.N.R.S. de Thiais.*

*Renseignements complémentaires  
Dominique LECHEVALIER  
tél. 909.34.93 Poste 301*



**JOBIN  
YVON**  
DIVISION d'INSTRUMENTS S.A.

16-18, rue du Canal  
91160 Longjumeau  
Tél. (1) 909.34.93  
Télex JOBYVON 692882 F



Coupon réponse à renvoyer à ISA/JOBIN YVON

Nom..... Prénom.....

Société..... Service.....

Adresse.....

Tél..... Poste.....

Désire participer aux 2 journées d'études

Ci-joint 150 F pour les frais de participation (transport et déjeuners  
compris) :

- chèque bancaire  
ou  
 CCP (La Source 34523/39 H)

## Note importante

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

## Polymères

### A145. **Polymer degradation and stability. An international journal**

Directeur : N. Grassie

Il s'agit d'une revue trimestrielle dont les différents numéros sont repris quatre par quatre dans des livres.

La revue est consacrée à la dégradation et à la stabilité des polymères : les réactions de dégradation et leur contrôle y sont discutés.

Ces réactions peuvent se produire au cours de la fabrication du polymères : attaque de l'oxygène, de la chaleur, ou d'une tension mécanique.

Elles peuvent ensuite se passer pendant la vie utile du polymère : attaque de l'oxygène ou du soleil, ou, dans des situations plus spéciales, attaques de radiations à hautes énergies, de polluants atmosphériques, de bactéries...

Enfin, ces réactions ont lieu dans des matériaux conçus pour se dégrader rapidement et disparaître de l'environnement.

Ces réactions sont chaque fois étudiées du point de vue scientifique en tenant largement compte de considérations commerciales et industrielles.

Les nouvelles méthodes analytiques utilisées actuellement sont également examinées (techniques d'analyses spectrométriques, chromatographiques, thermiques...).

Titres de quelques textes paraissant dans les premiers numéros :

Mécanismes d'une action antioxydante : stabilisation du polypropylène pendant sa fabrication et pendant une exposition à la lumière.

Photooxydation du polystyrène : formation de groupes hydroperoxydes dans le polystyrène photooxydé et dans le phényl-2-butane.

Dégradation de mélanges de polymères : dégradation thermique de mélanges de polyacrylonitrile et de polyméthylméthacrylate...

*1<sup>er</sup> Numéro : Janvier 1979.*

### W24. **Polymer surfaces**

par D. T. Clark et W. J. Feast

Ce livre examine de façon approfondie la synthèse, la caractérisation et les propriétés des surfaces des polymères.

La recherche dans ce domaine et les applications industrielles qui en découlent sont étudiées ici avec la même insistance.

Les textes sont présentés de manière compréhensible pour les non-spécialistes afin que les experts en certains domaines précis puissent parcourir tout l'ouvrage facilement.

Les sujets traités comprennent la formation des surfaces des polymères, leur caractérisation par des méthodes spectroscopiques et autres, leurs propriétés physiques, chimiques, électriques et mécaniques et aussi des applications technologiques.

Ce livre s'adresse à des chimistes, des physiciens et des ingénieurs et

techniciens intéressés par les surfaces des polymères et par les sciences des fibres.

Quelques titres de chapitres : Quelques aspects de l'autoadhésion des élastomères; Mouvements des charges électriques le long de la surface d'un polymère; Charges statiques sur la surface d'un textile; Modification de la surface d'un polymère pour former un lien adhésif; Fibres épitropiques; Examen des surfaces de polymères par spectroscopie infrarouge; Photodégradation et photooxydation des surfaces des polymères, etc...

1978, 416 p.

## **Analyse. Chimie analytique**

**W24. Physicochemical measurement by gas chromatography**  
par J. R. Conder et C. L. Young

Dans ce livre, l'auteur a voulu fournir un texte destiné à tous ceux qui veulent utiliser la chromatographie en phase gazeuse dans des recherches physico-chimiques : chercheurs, professeurs ou étudiants. Aucune connaissance préalable sur la chromatographie n'est nécessaire pour le comprendre.

Les trois premiers chapitres examinent les bases théoriques de la chromatographie et les adaptations pratiques de la technique aux travaux physico-chimiques.

Les chapitres suivants traitent des méthodes d'application à différentes études et présentent les progrès importants réalisés dans ce domaine.

Quoiqu'il soit relativement facile de travailler avec un équipement chromatographique et de produire des chromatogrammes satisfaisants, il est beaucoup plus difficile d'interpréter ces chromatogrammes. L'un des principaux buts de ce livre est de montrer comment on peut obtenir des résultats significatifs.

Extraits de la table des matières : L'appareillage et les procédés expérimentaux. Les propriétés physiques des substances simples. Thermodynamique d'une solution. Les transitions de phases. Les réactions sur colonnes...

1979, 576 p.

**D14. Mass spectrometry (en 2 parties). Part A.**  
**Volume 3 de « Practical Spectroscopy Series »**  
par Charles Merritt et Charles N. McEwen

Il s'agit du 3<sup>e</sup> volume d'une série consacrée à la spectroscopie pratique. Il se présente en deux parties et fournit un examen approfondi des applications analytiques pratiques de la spectroscopie de masse dans des domaines représentatifs et différents. Il est écrit par des scientifiques de formations diverses, et peut servir de livre de base pour les nouveaux venus dans le domaine de la spectrométrie de masse, et aussi pour des chercheurs expérimentés désireux étendre leurs spécialités.

Titres de quelques chapitres de la partie A : Applications de la spectrométrie de masse à des déterminations de structures de protéines. Applications de la spectrométrie de masse pour déterminer les séquences d'acides aminés terminaux de protéines et de peptides. Spectres de masse de composés alimentaires non-volatils. Avenir de la spectrométrie de masse dans l'industrie alimentaire. Spectrométrie de masse par ionisation de champ et par désorption de champ en chimie analytique.

1979, 304 p.

**A4 Physical methods in modern chemical analysis. (volume 1)**  
par Théodore Kuwana

Il s'agit du premier volume d'une série consacrée aux principales méthodes instrumentales physiques utilisées pour les analyses chimiques. Chaque volume contient 5 ou 6 chapitres, et chaque chapitre couvre la théorie et les principes sur lesquels une méthode particulière est basée.

On y trouve la description des instruments et de l'équipement ainsi que la démonstration de l'efficacité de la méthode, par des exemples choisis.

Ce livre s'adresse à des chimistes, étudiants et chercheurs, s'intéressant à la chromatographie, à la spectroscopie et à la chimie analytique en général.

Extraits de la table des matières : Chromatographie en phase gazeuse. Spectrométrie de masse : instrumentation. Applications de la spectrométrie de masse. Spectroscopie par fluorescence atomique et par absorption atomique...

1978, 336 p.

## **Biochimie. Biologie**

**A5. Soil enzymes**  
par R. G. Burns

L'étude des activités enzymatiques, dans le sol, a pris un essor considérable dans les 20 dernières années. Ce livre décrit ces activités du point de vue fondamental et du point de vue appliqué. Il intéressera donc les édaphologistes, les spécialistes des colloïdes, les enzymologistes, les microbiologistes, les biochimistes et les agronomes.

Les différents chapitres traitent de l'histoire de la recherche sur les enzymes du sol, des origines et de la diversité des enzymes dans le sol, de la cinétique enzymatique dans des réactions successives, des polysaccharidases, des enzymes du cycle de l'azote, des effets des pesticides et des engrais sur les activités enzymatiques du sol, de la localisation et des fonctions des enzymes, etc...

Table des matières : Histoire de la recherche sur les enzymes du sol. Origine et diversité des enzymes du sol. Cinétique et réactions consécutives des enzymes du sol. Les polysaccharidases du sol : activité et importance pour l'agriculture. Activité de l'uréase dans les sols. La phosphatase et la sulfatase du sol. Interactions entre les agents chimiques et les enzymes du sol. Activité enzymatique dans le sol : quelques considérations théoriques et pratiques. Méthodes pour les mesures des enzymes du sol et pour leur extraction.

1978, 380 p.

**E24. Enzyme-activated irreversible inhibitors**  
par N. Seiler, M. J. Jung et J. Koch-Weser

Ce livre reprend les communications faites au Symposium international sur l'inhibition irréversible d'enzymes résultant du substrat, qui eut lieu à Strasbourg en juillet 78.

Les sujets traités vont des mécanismes enzymatiques et des inhibiteurs spécifiques d'une grande variété d'enzymes, jusqu'aux propriétés pharmacologiques de ces inhibiteurs et à leurs applications à des problèmes biologiques et cliniques.

Cet ouvrage résumant toutes les connaissances actuelles sur ce domaine scientifique en plein développement, sera d'un intérêt évident pour les biochimistes, les enzymologistes, les neurochimistes, les pharmacologistes, et pour les biologistes intéressés par le fonctionnement des enzymes.

Extraits de la table des matières : Effets des inhibiteurs de la décarboxylase de l'ornithine sur des cellules en culture. Effets des inhibiteurs de la décarboxylase de l'ornithine *in vivo*. Le mécanisme des transaminases et d'autres enzymes  $B_6$ . Les mécanismes d'auto-protection induits par des enzymes. Études faites avec les inhibiteurs de la décarboxylase des acides aminés aromatiques. La pharmacologie des inhibiteurs irréversibles de la monamine-oxydase...

1978, 360 p.

**E24 Molecular interactions and activity in proteins**  
**Ciba Foundation Symposium 60**

Les principes généraux du fonctionnement des enzymes sont connus, mais des questions restent posées sur la manière dont les protéines sont activées, et sur le rôle de l'environnement dans les modifications

structurelles des protéines et dans l'altération de la réactivité de certains groupes fonctionnels.

Ce livre présente des discussions à ce propos entre des chimistes, des spectroscopistes, des cristallographes, des biochimistes et des biophysiciens; il intéressera tous ceux qui sont concernés par le fonctionnement des protéines.

Extraits de la table des matières : Solvants, interfaces, et structure des protéines. Flexibilité et rigidité dans les cristaux de protéines. La déshydrogénase de l'alcool dans le foie : changements de conformation dus à la coenzyme et liaison au substrat. Perturbations des systèmes protéiniques types comme base des mécanismes centraux et périphériques de l'anesthésie générale. Les propriétés physiques et chimiques de la lysozyme. La réductase des radicaux libres des ribonucléotides de *E. coli*.

1978, 288 p.

## **Chimie organique**

### **A92. Organic free radicals**

par W. A. Pryor

Le domaine de la chimie des radicaux libres ne s'est développé que depuis quelques années.

Ce n'est que lorsque l'on a produit le radical triphénylméthyle en solution concentrée, que les chimistes ont réalisé que ces radicaux libres existaient vraiment.

Depuis lors, les physicochimistes ont commencé à interpréter leurs résultats en termes de réactions de radicaux.

On s'aperçut ensuite que la polymérisation vinylique se produisait par une réaction en chaîne de radicaux, et progressivement, la chimie des radicaux libres est devenue une branche importante et complexe de la chimie générale.

Ce livre en 27 chapitres examine les recherches actuelles dans ce domaine.

Le premier chapitre en est une revue historique, les neuf chapitres suivants traitent de la chimie des inducteurs, ensuite, les structures et les réarrangements de radicaux libres sont discutés, et pour finir, on examine les réactions de propagation, la chimie des radicaux ioniques, les réactions d'arrêt, les radicaux stables, etc...

1978, 500 p.

### **A4. Phase transfer catalysis. Principles and techniques**

par C. M. Starks et C. Liotta

La nouvelle technique de catalyse par transfert de phase est une méthode simple et économique pour mener à bien toute une série de réactions de synthèses.

Cet ouvrage, écrit dans le but de stimuler de nouvelles recherches dans ce domaine, discute en détail la théorie fondamentale de la catalyse par transfert de phase.

L'utilisation de cette méthode pour plusieurs synthèses organiques est expliquée et illustrée d'exemples appropriés.

Ce livre s'adresse à des spécialistes de la chimie organique et de la chimie du pétrole.

Extraits de la table des matières : Les catalyseurs. Réactions par simple déplacement. Production et réaction des dihalocarbènes et d'autres carbènes dans des systèmes catalysés par transfert de phase. Réactions d'oxydation et de réduction catalysées par transfert de phase...

1978, 384 p.

## **Chimie physique**

### **A5. Chemisorption of gases on metals**

par F. C. Tompkins

Ce livre fournit des informations précises et récentes à propos de l'adsorption chimique sur les métaux.

La première partie introduit la thermodynamique et la mécanique statistique du phénomène.

Les chapitres suivants consacrés à la cinétique des processus d'adsorption et de désorption, mettent en valeur des recherches récentes sur les probabilités de collage, sur les états de précurseur et de multiplet, sur l'adaptation énergétique, et sur la dispersion de faisceaux moléculaires.

Les derniers chapitres traitent des propriétés géométriques et électroniques des surfaces, et contiennent des informations sur la spectrométrie par absorption et par réflexion des rayons IR, sur la spectroscopie UV, RX, LEED et d'Auger, etc...

Ce livre s'adresse à des physicochimistes et industriels, spécialement à ceux qui s'intéressent à la métallurgie des surfaces.

1978, 372 p.

### **W24. Table of isotopes (7th Ed.)**

par C. M. Lederer et Virginia S. Shirley

Il s'agit de la 7<sup>e</sup> édition d'un ouvrage bien connu consacré aux isotopes.

Il reprend de façon claire et complète tous les renseignements existant sur plus de 2 600 isotopes stables et radioactifs. Les informations concernent la masse isotopique, l'abondance naturelle, la rotation nucléaire, les modes de dégradation et la création des chaînes, les énergies de dégradation, les moyens d'identification, les moyens de production, les énergies et les intensités de toutes les radiations, etc...

L'ouvrage s'adresse à des spécialistes de la physique nucléaire, à des chimistes et à tous ceux qui sont concernés par la radio-activité.

1978, 1 632 p.

### **G22. Molecular basis of transitions and relaxations**

(Midland Macromolecular Monographs vol. 4)

par Dale J. Meier

En l'honneur du 65<sup>e</sup> anniversaire de R. F. Boyer, il a été décidé au Midland Macromolecular Institute d'organiser un symposium sur les transitions moléculaires, domaine dans lequel ce chercheur a publié tant de contributions importantes.

L'ouvrage, en question ici, reprend les communications faites à ce symposium.

Les invités étaient priés de présenter leurs travaux respectifs sur des sujets s'étendant de la spectroscopie de la relaxation diélectrique, aux relations entre les transitions moléculaires et les propriétés physiques.

Ce livre s'adresse à des spécialistes de la chimie des polymères et de la chimie physique.

Quelques titres de chapitres : Transitions et relaxations dans les polymères. Mouvements moléculaires dans les polymères cristallins. Effets de la cristallinité sur les transitions amorphes. Propriétés dynamiques des ionomères. Relations entre structure et propriété dans les mélanges silicone-polyéthylène etc...

1978, 444 p.

### **N80. Photovoltaic power generation**

par D. L. Pulfrey

Il s'agit d'un ouvrage important consacré à l'énergie produite par les piles solaires. On y explique d'abord les conditions requises pour utiliser des piles solaires et les théories de base de l'absorption et des vecteurs. Des données économiques sont également discutées.

L'auteur explique ensuite la préparation, les propriétés, la stabilité et la technologie de toute une série de piles.

Les systèmes à films minces sont aussi décrits, ainsi que l'état actuel de la recherche sur les piles organiques et liquides.

1978, 244 p.

## Industrie

### W24. **Handbook of us colorants for foods, drugs and cosmetics**

par D. M. Marmion

Il s'agit d'un ouvrage de référence reprenant tous les produits utilisés couramment pour colorer les aliments, les médicaments et les cosmétiques.

L'auteur présente d'abord des informations générales sur l'histoire et les règlements concernant ces colorants artificiels, puis donne une liste de tous les colorants permis, avec leur description, leurs propriétés, leur emploi, et leurs caractéristiques. Il explique aussi quelles méthodes doivent être utilisées pour les analyser.

Cet ouvrage s'adresse aux fabricants de colorants, de médicaments, d'aliments et de cosmétiques, ainsi qu'aux toxicologues et aux médecins.

Extrait de la table des matières : Les colorants en usage actuellement. Les règlements déterminant leur utilisation. Les sels inorganiques. Les métaux. Les intermédiaires non-combinés et autres impuretés de faible poids moléculaire. La résolution de mélanges et l'analyse des produits commerciaux...

1979, 480 p.

### C76. **Industrial crystallisation. The Present State of the Art**

par Jaroslav Nyvlt

Ce livre présente les conclusions des discussions qui eurent lieu à la réunion de la Fédération Européenne d'Engineering Chimique, consacrée à la cristallisation. En effet, la cristallisation industrielle a fait de remarquables progrès ces dernières années.

Ce procédé est une des opérations fondamentales du traitement final des produits chimiques ; il affecte leur pureté, et permet l'élimination ou la réduction notable de propriétés indésirables.

L'auteur résume ici toutes les connaissances actuelles sur ce procédé et discute des variables qui l'affectent.

Il décrit le comportement de différents cristalliseurs, discute la formation des noyaux cristallins et les effets des additifs sur les propriétés physiques des cristaux obtenus.

Ce livre attire l'attention sur des méthodes qui assurent l'obtention de propriétés souhaitées au départ, il s'adresse à des ingénieurs chimistes et à tous ceux qui s'intéressent à la cristallisation industrielle.

1978, 182 p.

### W24. **Paint flow and pigment dispersion. A rheological approach to coating and ink technology**

par T. C. Patton

Des chercheurs et des ingénieurs spécialistes des revêtements (peintures) et des encres fournissent ici une revue complète et actuelle des aspects rhéologiques et associés, de ces deux industries.

Cette seconde édition contient des nouveaux chapitres sur la géométrie des liants pour pigments, sur les aspects théoriques de la dispersion, et sur la capillarité.

L'ouvrage s'adresse à des chimistes industriels et à des ingénieurs chimistes qui travaillent dans le domaine des peintures et des encres.

Quelques titres de chapitres : Viscosité. Viscomètres. Effet de la température, de la concentration en liant (polymère), de la viscosité du solvant, et de la dimension moléculaire sur la viscosité. Tension de surface. Capillarité. Aspects théoriques de la stabilité de la dispersion des pigments, et de la flocculation des pigments. Volatilité : évaporation du solvant et de l'eau. Introduction au broyage (à la dispersion) des pigments dans des véhicules liquides. Les applicateurs de films...

1979, 2<sup>e</sup> édition, 672 p.

### N80. **Dangerous properties of industrial materials (5<sup>e</sup> Édition)**

par N. I. Sax

Il s'agit de la cinquième édition revue et complétée, d'un ouvrage devenu classique consacré à environ 16 000 matériaux industriels et

de laboratoire. Il fournit toutes les informations ayant trait aux accidents que ces produits peuvent provoquer.

Les agents chimiques sont classés en différentes catégories de toxicité : toxicité élevée, modérée, faible, ou nulle.

Différentes listes reprennent les produits cancérigènes, mutagènes, tératogènes etc... d'après les classifications IARC, NIOSH, NCI...

Des informations générales comme les descriptions, les formules et les constantes physiques sont données, de même que l'analyse du caractère inflammable ou explosif des produits.

On trouve aussi dans ce livre des informations toxicologiques de base sur les voies d'absorption, les doses de toxicité aiguë et les durées d'exposition.

D'autres sujets comme les incompatibilités chimiques, le contrôle des bruits et des radiations ionisantes, ou les problèmes posés par les déchets solides sont aussi examinés.

1979, 1 118 p.

### C52. **Hess's paint film defects. Their causes and cure**

3<sup>e</sup> édition revue et complétée

par H. R. Hamburg et W. M. Morgans

Cet ouvrage est la troisième édition revue et étendue du livre du chimiste M. Hess consacré aux défauts des peintures.

Les causes de ces défauts sont longuement étudiées ainsi que les remèdes que l'on peut y apporter.

Les fondements de la technologie des peintures sont expliqués de manière à ce que le lecteur puisse bien comprendre le comportement de ces revêtements.

La toxicité et le caractère inflammable des peintures sont étudiés dans un nouveau chapitre consacré aux dangers courus par les utilisateurs de peintures.

De nombreuses photographies et une bibliographie détaillée étoffent cet ouvrage qui s'adresse aux industriels du bâtiment et à tous les utilisateurs de peintures.

Quelques titres de chapitres : Les défauts qui apparaissent pendant le stockage. Les difficultés survenant pendant l'application. Les défauts associés au séchage et à la cuisson. Les défauts apparaissant un peu après l'application...

1979, 650 p.

### A145. **Rubber chemistry**

par J. Brydson

La technologie du caoutchouc et ses applications dépendent directement de facteurs chimiques, et ce livre est justement consacré à tous les aspects chimiques des différentes utilisations du caoutchouc. Il s'adresse non seulement à ceux qui mettent au point les nouveaux caoutchoucs et les nouveaux systèmes de vulcanisation, mais aussi à tous les techniciens qui travaillent avec ce matériau, car il leur explique les fondements chimiques de leur travail.

Les premiers chapitres expliquent l'histoire de la chimie du caoutchouc et décrivent la molécule de caoutchouc naturel. On trouve ensuite un examen complet des aspects moléculaires de l'élasticité du caoutchouc et des relations entre ses propriétés et sa structure moléculaire.

Les phénomènes d'oxydation ainsi que d'autres réactions associées à la non-saturation des caoutchoucs diènes, sont discutés en détail, de même que la chimie de nombreux élastomères dont les polychloroprènes, le caoutchouc butyl, les caoutchoucs polyuréthanes etc...

Extraits de la table des matières : Nature moléculaire de l'élasticité du caoutchouc. Réactivité des caoutchoucs diènes. Caoutchoucs polyisobutène et butyl. Caoutchoucs contenant du fluor. Caoutchoucs acryliques. Caoutchoucs thermoplastiques etc...

1979, 458 p.

### A132. **Annual review of physical chemistry. Volume 29 (1978)**

Extraits de la table des matières :

Dynamic NMR Studies of Solvent-Solute Interactions ; Structure of Molecular Liquids ; High Resolution Electron Microscopy of Crys-

tal Defects and Surfaces; Microcalorimetry; Reactions of van der Waals Molecules; Vacuum Ultraviolet Circular Dichroism; Kinetics and Mechanism of Absorption and Desorption; Rigid Rod Polymer Liquid Crystals; Photoelectrochemistry; Hemoglobin Ligand-Binding and Dissociation Kinetics; Multiphoton Nonlinear Spectroscopy; High Resolution Solid State NMR; Inelastic Tunneling Spectroscopy.

Annual Review édite également d'autres collections, entre autres :  
Annual Review of pharmacology and toxicology  
Annual Review of biochemistry  
Annual Review of biophysics and bioengineering  
Annual Review of energy  
Annual Review of materials science  
Etc...  
Consultez-nous.

#### E24. Fault detection and diagnosis in chemical and petrochemical processes

par David M. Himmelblau

La possibilité de détecter et de diagnostiquer la cause de « fautes » dans des processus chimiques est un outil important de la technologie moderne.

Plusieurs techniques qui ont été appliquées dans des systèmes informatiques ou dans des réseaux logiques, sont difficiles à utiliser en chimie. Il est dès lors nécessaire de trouver d'autres méthodes permettant de vérifier si un procédé fonctionne correctement et maintient ses performances.

Ce livre montre comment détecter les erreurs par toute une série de tests statistiques, de diagrammes de contrôle, d'estimations de paramètres, et de systèmes de reconnaissance de modèles. En insistant sur les applications pratiques d'outils analytiques ce livre s'adresse à des ingénieurs spécialistes des contrôles et intéressés par l'amélioration de la conception des procédés industriels.

Extraits de la table des matières : Modèles de procédés. Diagrammes de contrôle d'un procédé. Détection et diagnostic d'une faute par estimation de la situation et de paramètres. Méthodes de reconnaissance de modèles pour détecter et diagnostiquer une faute...

1978, 414 p.

#### A145. Materials and coatings to resist high temperature corrosion

par D. R. Holmes et A. Rahmel

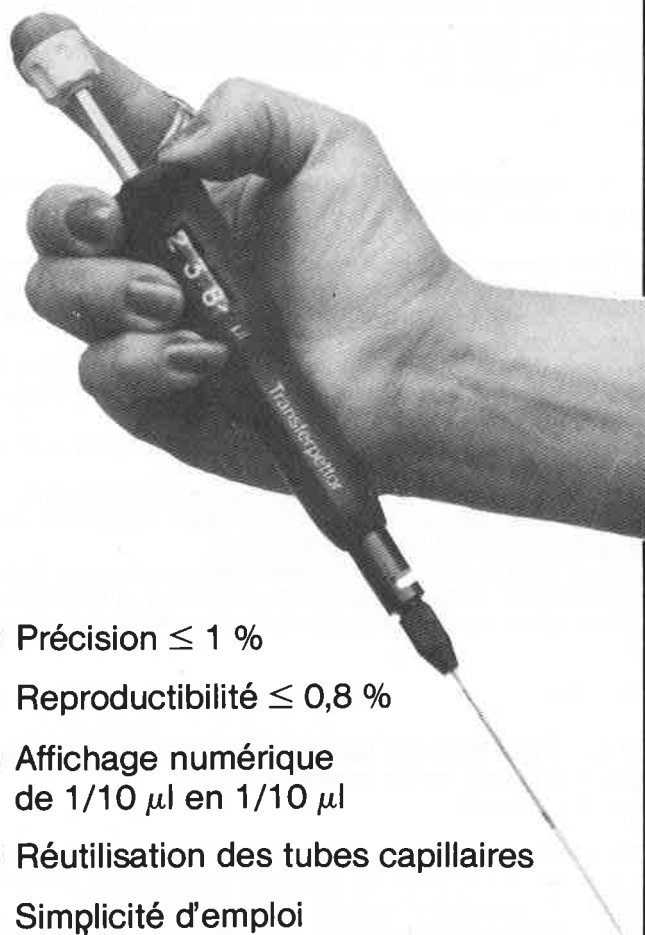
Ce livre reprend les communications présentées à la Conférence internationale de la Fédération européenne des spécialistes de la corrosion, qui eut lieu en mai 77, à Düsseldorf. Le thème en était « La corrosion par les gaz brûlants et par les produits de combustion ». Des experts européens y présentent leurs vues actuelles sur les produits et revêtements résistant aux hautes températures. L'ouvrage est divisé en deux parties qui traitent respectivement de la corrosion des matériaux par les hautes températures, et de la corrosion des revêtements par ces hautes températures. Il s'adresse à des ingénieurs concernés par les problèmes de corrosion que ce soit dans des turbines à gaz, dans des usines chimiques ou dans des usines métallurgiques.

Extraits de la table des matières : Influence du zirconium ajouté comme élément allié, sur la corrosion d'un alliage Ni/15Cr dans une atmosphère constituée d'oxygène et de dioxyde de soufre à une température de 850 °C. Effet de l'addition d'yttrium et d'hafnium sur l'oxydation du système Co — Cr — Al. Études comparatives de la corrosion due à des sels brûlants ou aux produits de la combustion de kérosène contenant des impuretés. Corrosion, érosion, et techniques de protection pour des fours à incinération de déchets ménagers. Profil des conditions nécessaires aux revêtements résistant aux hautes températures, et quelques expériences de leur comportement en service. Caractéristiques nécessaires pour les revêtements utilisés dans les turbines industrielles à gaz. Quelques aspects des réactions des revêtements en silicone à une attaque vanadienne...

1978, 410 p.

## LA TRANSFERBRAND

### LA NOUVELLE MICROPIPETTE CAPILLAIRE AUTOMATIQUE A VOLUME REGLABLE



- Précision  $\leq 1 \%$
- Reproductibilité  $\leq 0,8 \%$
- Affichage numérique de  $1/10 \mu\text{l}$  en  $1/10 \mu\text{l}$
- Réutilisation des tubes capillaires
- Simplicité d'emploi
- **TRANSFERBRAND « digital »** de  $2,5 \mu\text{l}$  à  $100 \mu\text{l}$
- **TRANSFERBRAND type Fixe** de  $1 \mu\text{l}$  à  $200 \mu\text{l}$

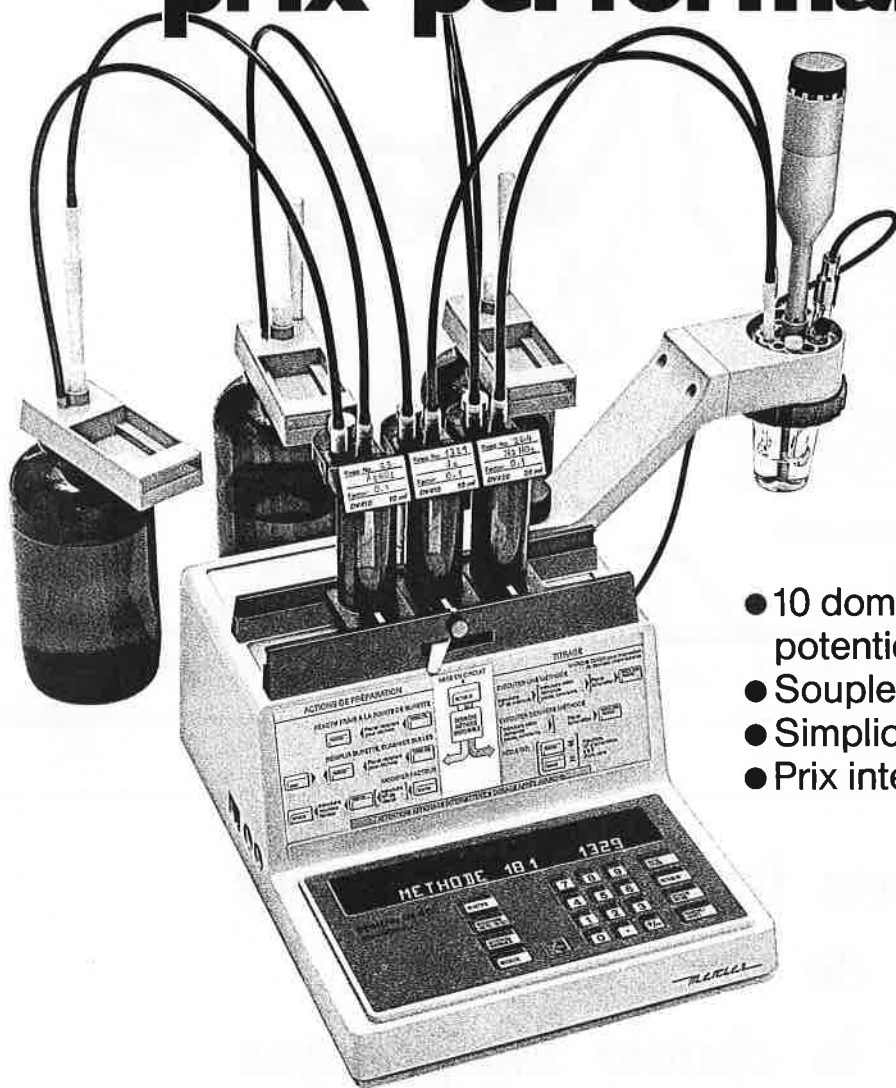
# Verfilco

30, rue du Rendez-vous  
75012 Paris - Tél. 628 38 00 +  
Télex 210311 F/186



# MemoTitrator Mettler

## Rapport exceptionnel prix-performances



- 10 domaines d'applications potentiométriques
- Souplesse d'emploi
- Simplicité de commande
- Prix intéressant

**METTLER**

Balances et systèmes de pesage électroniques · Instruments thermoanalytiques  
Systèmes de titrage automatiques · Automatisation des laboratoires

Mettler Instrumente AG, CH-8606 Greifensee, Suisse, Télec 54592  
Sofranie S.A., 2, rue Pocard Prolongée, F-92300 Levallois-Perret, France  
Mettler-Waagen GmbH, Postfach 110840, D-6300 Giessen 2  
Mettler Instrumenten B.V., Postbus 68, Arnhem, Holland  
Mettler Instrument Corporation, Hightstown, N.J. 08520, USA

**Bon d'information**  
Veuillez m'envoyer une documentation sur le MemoTitrator.  
Nom: \_\_\_\_\_  
Société: \_\_\_\_\_  
Adresse: \_\_\_\_\_  
Tél.: \_\_\_\_\_

6325.74

# N'AVEZ-VOUS PAS AUTRE CHOSE A FAIRE?



Pourquoi ne pas se libérer d'une tâche aussi ingrate et fastidieuse que le lavage. Lancer, premier fabricant français, propose une gamme complète de lave-verrerie multiprogramme spécialement conçue pour les laboratoires (lavage aux détergents ou au solvant avec régénérateur).

Utiles, efficaces et économiques, les lave-verrerie Lancer allient technologie de pointe : lavage par injecteurs sur 3 niveaux, rinçage acide, eau distillée ou déminéralisée, séchage par air chaud pulsé par turbine... et spécialisation : exécution de paniers sur mesure...

**Lancer est le garant d'un lavage parfait.**



LANCER S.A. 23 av. François-Verdier 31170 Tournefeuille (61) 86.21.95



DROPSY

## Édition française des règles de nomenclature pour la chimie inorganique

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

Prix : 40 F.

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

Il ne sera pas délivré de facture.

## Microscope électronique à balayage JSM T 200

Cet instrument constitue le premier microscope électronique à balayage, équipé d'un microprocesseur automatisant les séquences de pompage et les principaux réglages, tels que mise au point, luminosité, contraste, etc... Il permet à l'utilisateur de se consacrer entièrement à son objectif essentiel : l'observation ou l'analyse de son échantillon.

L'automatisation permet l'obtention d'une image focalisée par le simple jeu d'un bouton poussoir après sélection de la haute tension et du courant de faisceau. Toutes les opérations, depuis la séquence de pompage jusqu'à la prise de vue, se dérouleront sans intervention. Bien sûr le contrôle manuel de toutes les fonctions reste possible, ce qui laisse à l'instrument une grande latitude de réglage, et, par là, une grande souplesse d'utilisation. Ce microscope est également pourvu d'un dispositif de pulvérisation cathodique intégré dans la console principale qui permet à l'utilisateur de travailler tout en surveillant la préparation d'échantillons.

Enfin, une caractéristique unique sur un appareil de cette catégorie : la double platine équipant la chambre objet. Cette platine permet l'observation d'échantillons jusqu'à 32 mm selon des mouvements eucentriques d'inclinaison - rotation, et 125 mm sans inclinaison.

Tous les prolongements de la microscopie électronique à balayage sont applicables au JSM T 200. La microanalyse X par dispersion d'énergie (EDS), offre, en particulier, l'accès à l'analyse élémentaire indispensable dans les applications relatives à la physico-chimie des surfaces.



Cet instrument sera présenté en fonctionnement, avec un analyseur X à dispersion d'énergie, à l'exposition MESUCORA (Stand JEOL 471 JK).

Pour tous renseignements : JEOL, 16 avenue de Colmar, 92500 Rueil-Malmaison. Tél. : 749.67.00.

## Analyse chimique des eaux

L'analyseur DIMA 21 est un robot-chimiste programmé pour réaliser automatiquement

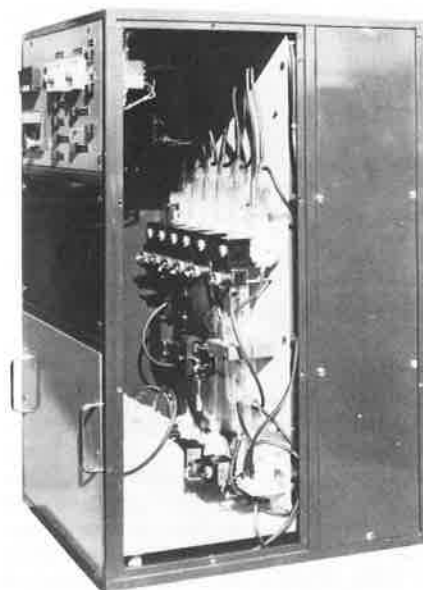
toutes les phases de l'analyse chimique d'un composé donné.

La détection se faisant généralement par colorimétrie à filtre interférentiel.

Des programmes ont été élaborés pour analyser trente composés différents, par exemple : les nitrates, nitrites, sulfates, sulfites, cyanures, ammoniacque, la dureté totale, le chrome VI, le fer, le cadmium, l'uranium, le béryllium etc.

L'appareil est constitué par un coffret séparé en deux zones rassemblant tous les éléments constitutifs de l'automate d'analyse :

- la zone de mesure chimique comporte les doseurs de réactifs et d'échantillons, la cuve à réaction et le calorimètre, les réserves de solution ;
- la zone de traitement du signal.



## Caractéristiques :

- échantillon : 50 à 200 ml par analyse, plus 5 fois le volume analysé utilisé au rinçage ;
- détecteur : photomètre à filtre interférentiel interchangeable ;
- durée d'analyse : 2 à 20 mn par analyse selon l'élément donné ;
- cadence : réglable, en moyenne de 1 par heure à 1 par 24 heures.

Renseignements : Herrmann-Moritz, Chasant, 28480 Thiron-Gardais. Tél. : (37) 49.43.19.

## Le cryostat à débit continu d'Oxford, CF 204

Oxford Instrument présente un cryostat à flux continu, le CF 204, qui est destiné principalement à la spectroscopie optique. Cet appareil est caractérisé par une gamme de températures de base de 3,5 à 300 K. Il

comprend un espace central pour échantillons rempli de gaz d'échange se terminant à la température ambiante. Les échantillons peuvent être facilement changés en l'espace de 20 s sans déranger le cycle de refroidissement. La consommation d'hélium liquide est inférieure à 1 l/h à 4,2 K avec un tube de transfert standard.

En enveloppant l'échantillon de gaz d'échange statique ou dynamique, le problème du refroidissement des faibles conducteurs thermiques est éliminé. De plus, on peut, par conduction, refroidir l'échantillon et évacuer l'espace pour échantillons.

Les autres points importants du CF 204 sont : temps de réchauffement de 5 à 10 mn, refroidissement initial de 40 mn, tube pour échantillon transparent d'un diamètre intérieur de 20 mm, fenêtres hautement fiables de 12 mm de diamètre en saphir synthétique, un écran anti-radiations plaqué or et un écran extérieur sous vide entourent la cellule d'échange.

Le CF 204 s'adapte sur la plupart des spectromètres disponibles sur le marché; il est fourni avec un thermocouple or-fer/chromel ou un capteur thermique CLTS et un réchauffeur.

De nombreux accessoires sont disponibles en option.

Renseignements : Oxford Instruments (France), 88 avenue Foch, 94100 Saint-Maur. Tél. : 883.42.40.

## Balances de précision électroniques Mettler

Les nouvelles balances de précision électroniques de la série PK de Mettler Instruments comprend cinq modèles : trois balances à plage unique et à haute précision et deux balances avec Mettler DeltaRange (PK 4800 et PK 36). Le Mettler DeltaRange est une plage fine dix fois plus précise que la plage de pesée globale. La plage fine vaut un cinquième de la plage globale, autrement dit, 800 g sur la PK 4800 et 6 000 g sur la PK 36.

Toutes les balances PK ont des caractéristiques inédites, dont l'affichage ultrarapide, pour faciliter les dosages. Cette caractéristi-



que allie deux impératifs jusqu'ici contradictoires, à savoir l'obtention d'une précision et d'une vitesse de mesure élevées. Dès que l'on entreprend un dosage, le dernier chiffre de l'indicateur s'éteint. La balance affiche maintenant chaque poids momentané pratiquement sans retard, ce qui réduit au minimum tout risque de dosage en excès. Le résultat de pesée entier est affiché dès que le dosage est interrompu.

Chaque balance PK peut recevoir directement des périphériques tels qu'une imprimante, une unité d'affichage supplémentaire, etc. Le champ d'application des balances PK est considérablement élargi lorsqu'on les relie à un terminal Mettler GK : contrôle de la qualité (pays membres ou non-membres de la CEE), comptage du nombre de pièces, détermination de poids avec possibilité de traitement par voie informatique.

La robustesse des balances PK les rend idéales pour l'industrie. L'intérieur de la balance est pratiquement étanche à la poussière et aux projections d'eau. Une protection contre les surcharges prévient toute détérioration de la cellule de pesée. Le réglage externe du temps d'intégration assure des résultats fiables, même lorsque les conditions ambiantes sont défavorables.

Renseignements : Mettler Instrument AG, CH 8606 Greifensee.

## Mesure de la granulométrie

Le Coulter Nano-Sizer mesure en quelques minutes la taille moyenne des particules des systèmes colloïdaux, et présente un indice de multidispersion qui est une indication de la largeur de la distribution de taille.



### Caractéristiques :

- méthodes électroniques et optiques étendues au delà de la sédimentation habituelle, jusqu'aux possibilités du microscope électronique;
- gamme : 40 à 3 000 nm (0,04-3  $\mu\text{m}$ );
- résultats absolus, (l'instrument mesure la fréquence à laquelle les particules subissent l'effet du mouvement Brownien);
- pas de calibration, résultats calculés automatiquement par microprocesseur; une simple dilution de l'échantillon dans l'eau est nécessaire dans la plupart des cas; laser hélium-néon de faible puissance (2 mW) avec dispositif de sécurité;
- reproductibilité  $\pm 3\%$ .
- applications : peintures pigments et encres, émulsions huile dans l'eau et eau dans

l'huile, produits pharmaceutiques, latex, recherches dans le domaine alimentaire, émulsions photographiques, argiles, charbons et nombreuses autres particules colloïdales.

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

## Burette commandée par un microprocesseur

Un microprocesseur commande cette burette de titrage conçue pour des applications universelles et qui sert d'unité de dosage programmable.

Le microprocesseur contient, en mémoire, tous les programmes nécessaires aux opérations de titrage et de dosage. Une prise permet de connecter les périphériques ou les unités commandées manuellement assurant les différentes fonctions. On dispose de quatre burettes interchangeables de différents volumes : 5, 10, 20, 50 ml. La burette indique toujours automatiquement le volume exact par rapport à la burette utilisée. Pour les applications de dosage, il est possible de stocker jusqu'à dix volumes différents. La programmation et le dosage s'effectuent dans un ordre quelconque.

En liaison avec le régulateur de titrage, on peut effectuer automatiquement, rapidement et de façon précise, des titrages avec pré-réglage du point final.

Le régulateur d'enregistrement est une combinaison compacte d'un enregistreur potentiométrique précis de laboratoire et d'un circuit électronique de commande et de mesure, pour l'enregistrement de courbes de titrages et permettant en outre l'interprétation graphique des opérations de titrage.

Un agitateur magnétique à régulation de vitesse électronique, indépendante de la charge, peut être utilisé soit monté sur la burette, soit indépendamment de celle-ci. D'autres périphériques sont en préparation, notamment pour les titrages Karl-Fischer.



Renseignements : Schott, 128 bd Hausmann, 75008 Paris. Tél. : 292.28.29.

## Mesure de l'humidité et de la température

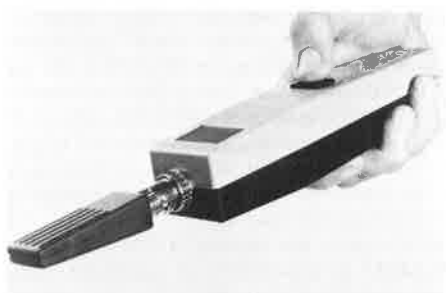
Kane-May Instruments lance un nouvel instrument en format de poche; il s'agit du KM 5001 qui permet la mesure directe et

simultanée de l'humidité relative et de la température de l'air.

Ce petit appareil portatif à lecture digitale indique la température et l'humidité relative avec la même sonde. Il pèse 250 g.

L'humidité relative peut être mesurée de 0 à 100 % avec une résolution de 0,1 % et une précision de  $\pm 2\%$  dans une gamme de température de  $-10$  à  $95\text{ }^\circ\text{C}$ , mesurée avec une précision de  $\pm 0,5\text{ }^\circ\text{C}$  et une résolution de 0,1  $^\circ\text{C}$ .

Le KM 5001 possède une prise de sonde permettant l'utilisation d'un câble prolongateur donnant à cet appareil une grande souplesse d'utilisation.



Renseignements : M. Prud'homme S.A., 25 Chemin d'Aubervilliers, 93203 Saint-Denis. Tél. : 834.91.77.

### Transmetteur de pression différentielle basse échelle

La société Foxboro vient de lancer un nouveau transmetteur de pression différentielle basse échelle, le Modèle 834.

Cet appareil permet de mesurer des pressions différentielles basses, des pressions statiques basses, des débits d'air, et peut être utilisé pour toutes mesures dans les domaines de l'énergie, du papier et de la pâte à papier, de la métallurgie, du contrôle de la pollution, et dans des applications similaires. La technologie à fil vibrant unique du Modèle 834, garantit une précision élevée et une très grande stabilité à long terme dans la mesure de pressions différentielles basses.

Grâce à sa stabilité inhérente, des mesures



très précises peuvent être obtenues, dans une très vaste plage de températures ambiantes. Le transmetteur à deux fils (l'alimentation se faisant sur les fils du signal), est conçu pour un fonctionnement en zones normales et dangereuses.

Renseignements : Foxboro France, 92-98, bd Victor-Hugo, 92115 Clichy.

### Machines à dégraisser pour laboratoire

Une nouvelle gamme de petites dégraisseur-uses EDG pour les laboratoires vient d'être mise sur le marché par Elga Marin S.A., à Bienne (Suisse). Les dégraisseur-uses EDG sont prévues pour fonctionner avec des solvants fluorochlorés tels que les Fréon (produit de Du Pont).

Le solvant Fréon TF est chauffé à son point d'ébullition ( $48\text{ }^\circ\text{C}$ ) formant ainsi une zone de vapeurs au-dessus du solvant en ébullition. Quand les pièces sont introduites dans la zone vapeurs le solvant se condense sur les surfaces froides des pièces provoquant une abondante condensation de solvant distillé et parfaitement propre qui dégraisse par égouttage les pièces à nettoyer.

Ces appareils sont en acier inoxydable. L'échauffement du solvant est assuré par des résistances électriques thermostatées.



Renseignements : Elga Marin S.A., 4, Ch. du Seeland, 2501 Bienne (Suisse).

### Laine de verre pour filtration

Les laines de verre Schuller sont fabriquées à partir de verranne.

Le modèle microlith Sp 19 peut être soumis durant de longues périodes à une température de  $450\text{ }^\circ\text{C}$ , le modèle 2877 à une température de  $500\text{ }^\circ\text{C}$ , sans rien perdre de leur pouvoir filtrant.

Autres propriétés du matériau : résistance aux produits chimiques, imputrescibilité, poids constant ainsi qu'insensibilité à l'action des micro-organismes.

Principales utilisations : filtres stériles, filtres pour substances fermentées, filtres à air, filtres à acide sulfurique, systèmes de filtration anti-pollution, filtres industriels (gaz, acides, lessives) et filtres à liquide industriels.

Renseignements : Glaswerk Schuller, 6980 Wertheim/Main, R.F.A.

### Le terminal micro-image Kodak IMT 150

Permettant de résoudre un grand nombre de problème d'accès rapide à l'information stockée sur microfilm, l'appareil de recherche Kodak IMT 150 est un véritable terminal d'exploitation de micro-images.

Équipé d'un micro-ordinateur, il permet de retrouver automatiquement, en moins de 10 secondes, l'information recherchée dans une banque de données « microfilm » pouvant comporter plusieurs millions de documents.

Des fichiers microfilm de taille et d'organisation différentes peuvent être exploités simultanément et les recherches, dans le mode de classement choisi, peuvent être effectuées à plusieurs niveaux.



Pour des recherches portant sur des volumes importants et nécessitant une vitesse d'accès très rapide, le terminal micro-image Kodak IMT 150 peut être connecté directement à l'ordinateur par l'intermédiaire du Module Interface Kodak CAR.

Cette technique permet de bénéficier à la fois des capacités de traitement de l'ordinateur pour la tenue et la mise à jour des répertoires-adresses et d'un accès informatisé à la banque de données microfilm.

Le micro-ordinateur intégré dispose d'un ensemble de mémoires spécialisées contenant les instructions des différents programmes de recherches et de mise en fonction du terminal. Cet ensemble de mémoires permet d'enregistrer et de restituer instantanément à la demande jusqu'à 40 références.

Un module de reproduction permet d'obtenir, rapidement et facilement, des copies nettes sur papier sec.

Renseignements : Kodak-Pathé, 8-26, rue Villiot, 75012 Paris. Tél. : 347.90.00.



## Monochromateur 35000 C ICP

Le monochromateur 35000 C ICP est un analyseur séquentiel des liquides, entièrement piloté par ordinateur, et équipé d'une source d'excitation par plasma à couplage inductif (ICP).

Ce nouvel appareil a été créé pour les laboratoires industriels et les laboratoires de recherche intéressés à la fois par une automatisation complète de tout le processus analytique et par une grande souplesse de travail. Sa rapidité de fonctionnement est souvent comparable avec les installations quantométriques d'analyse élémentaire simultanée. Le 35000 C ICP permet de faire face à des problèmes analytiques variés, impossibles à résoudre avec un programme fixe de longueurs d'ondes.



En travail de routine, l'intervention de l'opérateur se limite à la préparation des solutions à analyser et à l'introduction, dans l'ordinateur, des éléments dont les concentrations sont à déterminer. L'appareil cherche lui-même toutes les longueurs d'ondes des raies spectrales, effectue seul toutes les mesures, procède à la conversion « intensités/concentrations » et imprime les résultats avec les numéros des échantillons analysés. La sélection des paramètres analytiques (temps d'intégration, hauteur d'observation au-dessus de la flamme...), le recalibrage périodique de l'appareil et la correction d'éventuelles interférences spectrales sont faits également de façon entièrement automatique.

De très importantes cadences journalières d'analyse des échantillons, contenant plusieurs éléments différents, peuvent ainsi être obtenues.

Pour les travaux de recherche, la visualisation des spectres sur une imprimante permet d'effectuer des mesures qualitatives ou procéder à une étude des plasmas par exemple. La tâche du chercheur est facilitée par l'utilisation d'un logiciel rendant possibles de nombreuses extensions du programme.

Le monochromateur 35000 C ICP exploite pleinement des excellentes qualités analytiques du plasma à couplage inductif : gamme dynamique des concentrations de  $10^6$ , limites de détection de l'ordre de la p.p.b. ( $10^{-7}$  %), conditions d'excitation identiques pour tous les éléments et dosage aisé des éléments aussi « difficiles » pour l'absorption atomique que B, P, W, La, Zr, Ge, Gd, Hf, Nb, U, S et I.

Renseignements : Arl France, B.P. n° 3, 78320 Le Mesnil Saint-Denis.

## Détection spécifique : couplage CG/SE

Le couplage chromatographie/spectrométrie d'émission est obtenu à l'aide d'un détecteur à plasma d'hélium entretenu par micro-ondes, le MPD 850.

Il permet entre autre : la détection multiéléments (jusqu'à 12 canaux) et la détermination de la formule brute des composés inconnus.

La combinaison de la chromatographie en phase gazeuse (vecteur : He) avec la spectroscopie d'émission (CG/SE) par l'intermédiaire d'un plasma d'hélium entretenu par micro-ondes est un outil analytique puissant.

Le détecteur à plasma MPD 850 permet simultanément une détection universelle (F.I.D. ou carbone total) ainsi qu'une détection sélective multiéléments et la détermination des formules brutes des composés inconnus.



Parmi les éléments qui peuvent être suivis sélectivement avec le MPD 850, citons le carbone, l'hydrogène, le deutérium, l'oxygène, l'azote, le fluor, le chlore, le brome, l'iode, le phosphore, le soufre, le sélénium, l'arsenic, le mercure et le plomb. Les limites de détection sont souvent de l'ordre de 50 pg/s. Grâce à sa sélectivité unique, la CG/SE a trouvé un grand nombre d'applications, particulièrement dans les domaines de la pollution, de la pétrochimie, de la phytopharmacie, etc. L'utilisation de colonnes capillaires a considérablement augmenté le champ d'application de cet instrument. Tout chromatographe commercial peut être interfacé au MPD 850.

Le principe de fonctionnement est particulièrement simple et consiste à placer en sortie de colonne chromatographique un détecteur à plasma dont l'émission lumineuse est alors prise en charge par une optique de spectromètre d'émission équipé d'un réseau à grand pouvoir résolutif. Des photomultiplicateurs (jusqu'à 14) associés à des fentes secondaires disposées sur la courbe focale image (optique de Rowland) permettent d'obtenir la détection spécifique multiéléments par l'intermédiaire soit d'un amplificateur en vue d'une sortie analogique sur enregistreur, soit d'un microprocesseur qui délivrera une réponse digitale.

Renseignements : Kratos S.A., 88-92, rue Philippe de Girard, 75018 Paris. Tél. : 201.71.00.

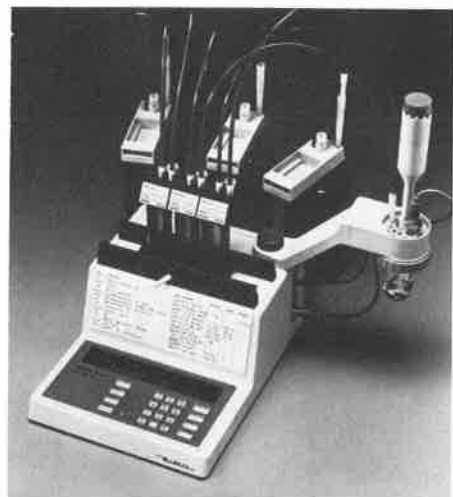
## Titrateur automatique universel

Le MemoTitrator Mettler DL 40 sert aussi bien aux titrages de routine simples qu'aux titrages plus compliqués du laboratoire de contrôle comme du laboratoire d'analyse. C'est un appareil compact destiné aux déterminations titrimétriques avec indication potentiométrique et voltamétrique.

Le MemoTitrator couvre 10 domaines d'emploi de potentiométrie : titrage jusqu'au point final présélectionné (point final absolu ou relatif), titrage à point d'équilibre, titrage avec enregistrement, titrage par incréments, dosage de l'eau selon Karl Fischer, dosage de fractions de liquides, mesures de pH et pX, titrages multiples et titrages en retour avec exploitation automatique, titrage manuel et étalonnage des électrodes.

En fonction des besoins, l'utilisateur peut modifier les paramètres et constituer ainsi une méthode d'analyse qui englobe tous les aspects de son problème titrimétrique. Le raccordement d'une balance analytique ou de précision électronique et d'une imprimante ou d'un enregistreur, permet d'obtenir un poste de titrage complet présentant un encombrement minimal.

Le MemoTitrator fixe lui-même le principe de titrage optimal pour un échantillon donné (titrage en auto-étude). L'échantillon est alors soumis à un titrage par incréments spécial, qui fournit comme résultat la teneur approximative, la définition du meilleur principe de titrage, ainsi que les paramètres optimaux.



Renseignements : Sofranie, 40, rue d'Artois, 75008 Paris. Tél. : 563.41.07.

## Nouveau logiciel pour CPG/SM

Hewlett-Packard commercialise un nouveau logiciel pour unité de disques souples qui augmente les capacités du chromatographe en phase gazeuse/spectromètre de masse (CPG/SM) HP 5992. Cet équipement permet de mettre en mémoire des chromato-

grammes complets, d'augmenter la capacité de traitement de données et la souplesse du dispositif d'affichage.

Le nouveau logiciel du HP 5992 est conçu pour accepter un deuxième lecteur de disques qui augmente encore la capacité de la bibliothèque et permet d'accéder à une capacité sur disques pratiquement illimitée. Le nouveau système est particulièrement utile dans les laboratoires de toxicologie et de contrôle de l'environnement pour l'identification de traces de composants.

Renseignements : Hewlett-Packard, Z.I. Courtabœuf, B.P. 70, 91401 Orsay Cedex. Tél. : 907.78.25.

### Évaporateurs rotatifs avec élévateur pneumatique

La nouvelle gamme d'évaporateurs rotatifs dénommés Vapsilator comprend deux modèles :

- le modèle 4, à variateur électrique de vitesse,
- le modèle 5, à variateur électronique de vitesse.

Le modèle Vapsilator 5 est équipé d'un variateur électronique de vitesse permettant de régler le nombre de tours de 0 à 250 avec un couple constant.

Ces deux appareils, caractérisés par la simplicité de leur utilisation, ont l'avantage d'être équipés d'un élévateur pneumatique ce qui rend très aisé la montée ou la descente de la verrerie. Parmi les autres avantages spécifiques de ces fabrications on notera : l'étanchéité assurée par joints PTFE, le rotor en PTFE et un régulateur de vide par soupape à pointe.

Ces deux appareils peuvent aussi être utilisés :

- pour la distillation sous vide poussé (0,01 Torr) lors du pré-fractionnement rapide de produits thermo-labiles,
- pour la lyophilisation en y adjoignant un piège cryogénique.



Renseignements : Instrulab, 13, rue d'Artaignan, 13014 Marseille. Tél. : (91) 67.59.76.

### Filtres oléo-hydrauliques haute pression

Sofralub présente la gamme de filtres Fairey, haute pression (420 bar) pour débits jusque 540 l/mn, conçus pour la purification de l'air et des gaz comprimés.

Ces filtres tolèrent les huiles minérales, les émulsions eau-huile, eau-glycol, les esters de phosphate ou autres fluides synthétiques. Les types standards sont équipés de nouvelles cartouches à haute perméabilité et grande longévité de 1 ou 10 microns.

Ils peuvent recevoir en option :

- Des éléments filtrants nettoyables, entièrement en acier inoxydable, résistant à une pression différentielle de 200 bar, avec une perte de charge de 0,6 bar pour un fluide de viscosité de 30 cSt.
- Une valve d'inversion de débit, avec filtration en pression dans le sens normal d'écoulement pour les transmissions hydrostatiques.

Tous ces filtres peuvent être livrés avec des indicateurs de colmatage visuels, équipés (sur demande) de mano-contacts étanches et de connecteurs suivant normes DIN 43650.

Renseignements : Sofralub, 17, rue de la Sente Saint-Denis, 95000 Cergy-Pontoise. Tél. : 030.40.91.

### Le photomètre détecteur de poussières JM 7000

Ce nouvel appareil se distingue des précédents modèles par trois avantages importants :

- la sélection du mode de lecture soit en échelle linéaire, soit en échelle logarithmique,
  - la présence de deux orifices d'entrée pour les courants gazeux,
  - un débit gazeux parfaitement stable.
- La double échelle de lecture permet au JM 7000 de couvrir toutes les applications des détecteurs de poussières :
- contrôle des filtres haute efficacité à partir de l'échelle linéaire qui offre un seuil de détection suffisamment bas 0,0001 µg/l, une excellente précision et une très grande sensibilité ;
  - détection de fuites et mesure directe des concentrations en µg/l à partir de l'échelle logarithmique qui couvre en une seule lecture le domaine de concentration 0,001 à 100 µg/l tout en laissant la possibilité d'effectuer rapidement une mesure plus précise.

Les deux orifices d'entrée facilitent la comparaison de deux courants gazeux, en particulier : courant amont et courant aval par rapport à un filtre ou courant quelconque et courant aérosol de référence.



Le JM 7000 bénéficie en outre de tous les avantages qui existaient déjà sur les appareils précédents, tels : le circuit de rinçage automatiquement mis en place après la mesure, la lecture directe en concentration exprimée en µg/l d'air, une vitesse élevée du courant gazeux, une très grande stabilité et une dérive insignifiante, et la réponse à toutes les particules jusqu'à une taille de 0,1 µm.

Renseignements : Omnium Scientifique Industriel, 141, rue de Javel, 75739 Paris Cedex 15. Tél. : 533.74.87.

### Ultracentrifugeuses préparatives à microprocesseur

La société Beckman Instruments commercialise une nouvelle série de trois ultracentrifugeuses préparatives contrôlées par microprocesseur : le modèle L 8-80 (80 000 t/mn, force centrifuge : 602 000 g), le modèle L 8-70 (70 000 t/mn, 505 000 g) et le modèle L 8-55 (55 000 t/mn, 407 000 g).

Grâce à des microprocesseurs incorporés, le fonctionnement de l'instrument ainsi que la reproduction des conditions opératoires sont entièrement automatisés. L'opérateur choisit la vitesse du rotor, la durée de centrifugation et autres paramètres opératoires en effleurant les touches autosensitives appropriées sur le panneau de contrôle. Au cours de la centrifugation, les données en temps réel (y compris le temps restant ou le temps écoulé) sont indiquées par affichage numérique. Des signaux visuels et sonores renseignent l'opérateur sur l'état de fonctionnement de l'appareil.

Le module programmable « Memory-Pac TM » permet de répéter n'importe quel programme avec les mêmes paramètres opératoires. Le « Memory-Pac » les reproduit de manière exacte et automatique, réduisant ainsi la durée de mise en service de l'instrument et le risque d'erreur humaine. L'opérateur peut noter les données du programme en cours sur le tableau effaçable du « Memory-Pac ». Ce dernier peut être reprogrammé en quelques secondes aussi souvent qu'on le désire.



Renseignements : Beckman Instruments France, 52-54, Chemin des Bourdons, 93220 Gagny. Tél. : 927.77.77.

# Le législateur a bien la parole. Mais c'est vous qui décidez.

Un fait certain : la protection de l'environnement ne connaîtra en 1980 ni frontières, ni temps mort. Les lois nationales et internationales déjà votées ou en préparation exigent toutes sortes d'investissements nouveaux. Et avant d'investir, il faut s'informer : là où il existe un marché international des techniques et technologies de l'environnement, là où vous trouverez des solutions individuelles à vos problèmes. Au meilleur rapport qualité/prix.

A ENVITEC 80 - Düsseldorf. ENVITEC 80, c'est :

● **Le Salon Spécialisé**  
avec près de 500 exposants de toutes les nations industrielles.

● **L'Info-Center**  
Echange d'expérience entre la science et la recherche et entre l'industrie et les Pouvoirs Publics.

● **Le Congrès International**  
vu sous l'angle de la recherche, de l'économie et de la politique, sur le thème "Energie et environnement - perspectives technologiques et économiques."

● **Les séminaires**  
Des démonstrations pratiques sur des problèmes pratiques.



**Techniques pour la Protection de l'Environnement**  
**3<sup>e</sup> Salon International et Congrès**  
**Düsseldorf, 11-15.2.1980**

Informations : COMAREL - 337, Bureaux de la Colline. 92213 St Cloud - Tél. 602.64.01 - Télex : 250 906

Au cours du premier trimestre 1980 paraîtra...

un livre indispensable à tous les chimistes

## Le compendium de la nomenclature en chimie analytique

*Adaptation française du « Compendium of analytical nomenclature »*

*(règles définitives 1977)*

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

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

<p><b>Biochimie, biologie 1, 4, 7, 13, 16, 18</b></p> <p><b>Chimie analytique, analyse 5, 7, 8</b></p> <p><b>Chimie organique 1, 2, 4, 12, 13, 15, 16, 17, 18</b></p> <p><b>Chimie physique 8</b></p> <p><b>Corrosion 3</b></p> <p><b>Énergie 18</b></p> <p><b>Environnement 9, 10</b></p>	<p><b>Enseignement 19</b></p> <p><b>Expositions 3, 14</b></p> <p><b>Industrie 3, 5, 6, 9, 10, 13, 14, 18, 19</b></p> <p><b>Organométalliques 12</b></p> <p><b>Pollution 10</b></p> <p><b>Phytopharmacie 13</b></p> <p><b>Prix 16</b></p> <p><b>Sociétés savantes 11</b></p>
--	---

\* 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

Ces conférences ont lieu à l'Institut de Chimie des Substances Naturelles de Gif-sur-Yvette :

Jeudi 22 novembre 1979, à 11 heures, M. J.-Y. Lallemand (E.N.S. Paris) :

*Vers l'interprétation automatique des spectres RMN  $^1H$  et  $^{13}C$ .*

Mardi 11 décembre 1979, à 11 heures, M. F. Le Goffic (CNRS, Thiais) :

*Les antibiotiques aminoglycosidiques et leurs récepteurs.*

## 2. Séminaires de l'École Normale Supérieure

Les réunions ont lieu dans la salle des conférences (rez-de-chaussée) du Laboratoire de chimie (24, rue Lhomond, Paris V), à 17 heures.

Mardi 27 novembre 1979, M. F. Rouessac (Faculté des sciences du Mans) :

*Réactions de rétro-Diels-Alder. Applications récentes et intérêt général.*

Mardi 4 décembre 1979, M. G. Bram (Gr. 12 CNRS, Thiais) :

*Condensations anioniques sur supports solides minéraux.*

## 3. Correx '79

L'exposition Correx '79 sur la prévention de la corrosion dans l'industrie se tiendra à Harrogate, dans le Yorkshire, du 27 au 29 novembre 1979.

A cette occasion, l'Institution of Corrosion Science et la Branche technologique du Yorkshire prépare un séminaire qui se tiendra aux mêmes dates.

Renseignements : Morgan Grampian (Process Press) Ltd, 30 Calderwood Street, Woolwich, London SE 18 6 QH (pour l'ex-

position), et Mr. J. Oldham, 143 Ravencar road, Eckington, Sheffield S 31 96 N (pour le séminaire).

## 4. 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 17 décembre 1979, M. Thoma (Compiègne) présentera une conférence intitulée :

*Membranes insolubles porteuses d'enzymes greffées : étude fondamentale et applications.*

Lundi 7 janvier 1980, Séminaire de M. C. Largeau (CNRS) :

*Biosynthèse des hydrocarbures par les micro-organismes photosynthétiques.*

## 5. Techniques récentes au service de l'analyse chimique

Un séminaire, sur ce thème, aura lieu du 4 au 6 décembre et du 18 au 20 décembre 1979 à Paris.

Il s'adresse aux ingénieurs et cadres des industries agro-alimentaires et des industries pharmaceutiques, aux ingénieurs des laboratoires de recherche et de contrôle.

Pour tous renseignements, s'adresser à : ADEPRINA, 16, rue Claude Bernard, 75231 Paris Cedex 05. Tél. : 570.15.50 et 337.96.34. (Mme Ewald).

## 6. Gestion automatisée de production

Organisé sur ce thème par l'IRIA (Institut de Recherche d'Informatique et d'Automatique), du GRAI (Groupe de Recherche en Automatisation Intégrée), de l'AFCEP (Groupe de Gestion de Production) et de l'ADETAA (Association pour le Développement des Techniques d'Automatisation en

Aquitaine) un séminaire aura lieu, du 10 au 14 décembre 1979, à Bordeaux.

Renseignements : IRIA-SEFI/Formation, B.P. 105, 78150 Le Chesnay. Tél. : 954.90.20 (poste 675).

## 7. Cycle de conférences de la société Waters

La Société Waters organise dans le cadre de son cycle de conférence, le mercredi 12 décembre 1979, à l'INA Paris-Grignon, Amphithéâtre Tisserand, 16, rue Claude Bernard, Paris (5<sup>e</sup>), une journée consacrée à l'application de la chromatographie liquide dans le domaine de la biologie clinique.

Renseignements : Waters Associates, 18, rue Goubet, 75940 Paris Cedex 19. Tél. : 200.10.76 et 200.60.08.

## 8. Journées d'étude sur les applications d'une micro-sonde à effets Raman

Organisées sous le patronage du C.N.R.S., de la Société de Chimie Physique, du G.A.M.S. et de la Division Jobin-Yvon d'Instruments SA, les premières journées d'étude sur les applications de la microsonde à effets Raman « MOLE » auront lieu les 13 et 14 décembre 1979, dans les locaux du CNRS de Thiais. Exploitant des propriétés moléculaires de la matière, cette microsonde permet, par une méthode non destructive et sans préparation particulière :

- d'identifier à l'échelon microscopique, les différentes espèces moléculaires présentes dans un échantillon hétérogène,
- d'effectuer une cartographie instantanée d'une espèce moléculaire choisie,
- ou d'analyser en temps réel, une transformation moléculaire.

Pour tous renseignements : M. Michel Fraudin, Instruments SA (Jobin-Yvon), 16-18, rue du Canal, 91160 Longjumeau, Tél. : 909.34.93.

## 9. Congrès international sur les rejets d'eau industriels et les déchets

La Fédération des Industries Suédoises organise ce 3<sup>e</sup> Congrès international qui est patronné par l'IUPAC. Le congrès se tiendra à Stockholm, du 6 au 8 février 1980.

Renseignements : 3rd International Congress on industrial waste water and wastes, Bosc 21060, S-100 31 Stockholm, Suède.

## 10. Envitec 80. 3<sup>e</sup> Foire internationale et Congrès

Envitec 80, la 3<sup>e</sup> Foire internationale des techniques pour la protection de l'environ-

nement aura lieu à Düsseldorf, du 11 au 15 février 1980.

A cette occasion, se tiendra un congrès sur les thèmes suivants :

- l'énergie et la politique de l'environnement,
- la situation de la pollution,
- le développement de la technique d'approvisionnement en énergie et la pollution,
- la technique pour la protection de l'environnement et ses effets sur l'environnement.

Renseignements : Düsseldorf Messgesellschaft mbH, NOWEA, Zentralbereich Inland 1, Postfach 32 02 03, D. 4000 Düsseldorf 30, R.F.A.

## 11. 3<sup>e</sup> Conférence annuelle de la Société Chimique du Portugal

La troisième Conférence annuelle de la Société Chimique du Portugal aura lieu, du 9 au 12 avril 1980, à l'Université de Coimbra. Les conférenciers suivants ont déjà donné leur accord : Prof. J. N. Murrell (Université de Sussex, G.B.), Prof. J. C. Polanyi (Université de Toronto, Canada), Prof. J. S. Redinha (Université de Coimbra, Portugal), Prof. D. J. Waddington (Université de York, G.B.).

Pour tous renseignements : Secretariado do 3<sup>o</sup> Encontro Nacional de Química, Departamento de Química, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 3000 Coimbra, Portugal.

## 12. Groupes d'Études de Chimie Organométallique (GECOM)

La septième réunion du GECOM s'est déroulée, du 23 au 27 avril 1979, à la Tour-de-Carol (Pyrénées-Orientales).

La prochaine réunion aura lieu à Carry-le-Rouet, près de Marseille, du 21 au 25 avril 1980. Elle consistera en neuf conférences et une quinzaine de communications. Toutes les tendances actuelles de la chimie organométallique y auront leur place.

Les candidatures pour le GECOM VIII, reçues jusqu'au 15 janvier 1980, doivent être adressées dès maintenant à : MM. R. Corriu ou E. Colomer, Laboratoire des organométalliques, U.S.T.L., Place E. Bataillon, 34060 Montpellier Cedex. Tél. : 63.91.44 (poste 801).

## 13. 32<sup>e</sup> Symposium international de phytopharmacie et de phytiatrie

Le 32<sup>e</sup> Symposium international de phytopharmacie et de phytiatrie se tiendra, le mardi 6 mai 1980, dans les locaux de la Faculté des sciences agronomiques de l'Université de Gand (Belgique).

Renseignements : Prof. Dr. Ir. W. Welvaert, Faculteit van de Landbouwwetenschappen, Coupure Links 533, B-9000 Gand (Belgique).

## 14. IV<sup>e</sup> Salon international de la chimie de Bucarest

Le IV<sup>e</sup> Salon international de la chimie de Bucarest aura lieu du 7 au 15 mai 1980. Il est organisé sous l'égide de la Chambre de commerce et d'industrie, avec le patronage du Ministère du commerce extérieur et de la coopération économique internationale, de la Chambre de commerce et d'industrie, du Ministère de l'industrie chimique et du Ministère de l'industrie des constructions mécaniques. Rappelons que la Roumanie est le 10<sup>e</sup> producteur mondial dans le domaine de la chimie.

Renseignements : Entreprise de foires et expositions, Parc des expositions, 1, Piata Scintei, Bucarest, Roumanie.

## 15. GECO XXI

La réunion du 20<sup>e</sup> GECO (Groupe d'Étude de Chimie Organique) s'est tenue du 2 au 7 septembre 1979, à Carry-le-Rouet, près de Marseille. Une soixantaine de personnes, dont cinq étrangers, y participaient. Le programme comprenait 24 impromptus et neuf conférences. D'autre part, MM. Blanchard et R. Maurel avaient accepté d'animer une soirée sur le thème : « Politique de la recherche, préparation du 8<sup>e</sup> Plan, etc... »

Le Comité d'Organisation du GECO XXI, qui se déroulera, du 31 août au 5 septembre 1980, à Carry-le-Rouet, est composé de MM. J. Chucho (Reims); G. Descotes (Lyon); H. P. Husson (Gif-sur-Yvette); J. M. Muller (Metz) et J. J. Riehl (Strasbourg).

Les candidatures à la participation au GECO XXI doivent être adressées avant le 15 janvier 1980 à : J. J. Riehl, Institut de Chimie, BP 296/R8, 67008 Strasbourg.

Il est rappelé que la participation à la réunion du GECO intéresse, a priori, les Docteurs exerçant une activité de recherche aussi bien dans les universités, au CNRS ou dans l'industrie. En ce qui concerne les universitaires et membres du CNRS, les grades minimums de Maître de recherche ou de Maître de conférences ne sont plus requis pour faire acte de candidature, cette mesure appliquée avec succès aux trois réunions précédentes, ayant pour but d'abaisser l'âge moyen des participants. Il est rappelé également que la participation à la réunion du GECO implique l'engagement d'être présent pendant toute la durée de la réunion et de loger dans le même hôtel.

## 16. Prix de chimie des glucides 1979 (Prix Benjamin Delessert)

Le jury du Prix de chimie des glucides 1979 (Prix Benjamin Delessert) s'est réuni le 19 septembre 1979. Le prix a été attribué à Mme Jacqueline Jouanneau, pour son ouvrage : *Étude des chaînes oligosaccharidiques des IgM de Waldenström. Préparation et caractérisation des IgM. Analyse structurale des glycopeptides*, et à M. Jean Herscovici pour sa thèse : *Nucléosides de l'alpha-L-*



rhamnose biologiquement actifs. Synthèse et propriétés.

En 1980, la Fondation Benjamin Delessert récompensera une thèse de Doctorat soutenue en 1979 (Doctorat ès sciences, Doctorat ingénieur chimiste, Doctorat 3<sup>e</sup> cycle) ayant trait aux problèmes concernant :

- la biochimie des glucides,
- leur métabolisme normal et pathologique,
- leur utilisation en technologie.

Les ouvrages devront parvenir à la Fondation Benjamin Delessert avant le 15 mars 1980.

Le montant du prix attribué sera de 7 500 francs.

Pour tous renseignements complémentaires s'adresser à : Fondation Benjamin Delessert, 30, rue de Lubeck, 75116 Paris.

Tél. : 553.41.69.

## 17. ESOC I

Le premier *Symposium européen de chimie organique* s'est tenu à Cologne du 20 au 23 août.

L'objectif de ce nouveau symposium était de donner aux jeunes organiciens européens l'occasion de se rencontrer en Europe. 550 participants venus de 30 pays différents ont vécu ensemble quatre journées riches d'échanges et d'informations.

Trois Sections avaient été prévues : Synthèse (I); Chimie-physique et théorique (II); Bioorganique et produits naturels (III).

La conférence d'ouverture a été présentée par Sir Derek Barton : *The Design of Selective oxidants*. Les conférences plénières par :

- (I) R. Huisgen (Munich) : *An important principle of heterocyclic chemistry : the electrocyclization of pentadienyl anion type compounds*,
- (II) L. Salem (Orsay) : *The mechanism of the chemical reaction*,
- (III) A. Eschenmoser (Zurich) : *Studies on natural product synthesis*,

• la conférence du soir par G. Ourisson (Strasbourg) : *Organic chemistry at the frontiers : an unplanned excursion from petroleum to cancer*.

Dans chacune des sections, 8 conférences de Section ont été présentées dont celles de H. Kagan (Orsay) : *Organic synthesis with lanthanide reagents*, de M. Julia (Paris) : *On the chemistry of vinyl and allyl sulphones* et de J. M. Lehn (Strasbourg) : *The design of molecular receptors and catalysts; abiotic and biomimetic chemistry*.

La prochaine réunion : ESOC II, aura lieu en Italie en 1981, probablement à la fin du mois de mai : souhaitons que les jeunes organiciens français soient plus nombreux à y prendre part.

J. Metzger.

## 18. Valorisation énergétique des sous-produits agricoles

### Résultats et bilan des actions du Comité VEDA

L'APRIA (Association pour la Promotion Industrie Agriculture) vient de faire paraître le compte rendu intégral (conférences et discussions) des Journées d'études et de réflexions du Comité « Valorisation Énergétique des Déchets Agricoles » (VEDA) de la D.G.R.S.T., organisées les 13 et 14 mars 1979, à Paris.

*Au sommaire :*

- Potentialité énergétique de la biomasse (Ph. Chartier).
- L'utilisation énergétique des pailles. Aspects agronomiques, énergétiques et économiques (J.-Cl. Sourie).
- État d'avancement des études et perspectives pour la production du méthane. 1. Biochimie de méthanisation (J. Le Gall). 2. Écologie microbienne des digesteurs anaérobies (P. Raibaud).
- La fermentation méthanique appliquée à

la valorisation énergétique des déchets agricoles (P.-H. Brouzes).

- Pyrolyse et gazéification des produits celluloseux et ligneux (G. Petroff).
- Point sur les recherches dans les domaines de la pyrolyse et de la gazéification des déchets végétaux (J.-P. Pillard).
- Pistes nouvelles d'utilisation des déchets celluloseux et ligneux (J. Lucas).

Prix unitaire : 350 F (h.t.), 374,50 F (t.t.c.), frais d'envoi (France) : 7,20 F.

Diffusion :

- APRIA Diffusion, 29, rue du Général Foy, 75008 Paris (tél. : 292.19.24) et,
- Technique et Documentation, 11, rue Lavoisier, 75008 Paris (tél. : 265.39.95).

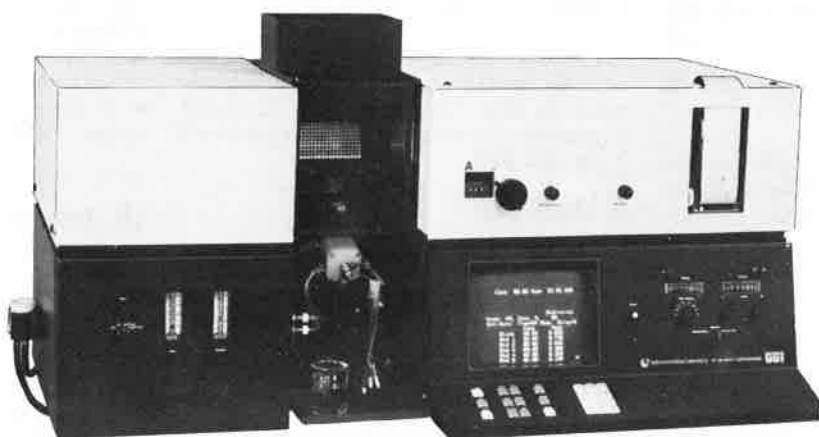
## 19. Les formations d'ingénieurs en France

Le Comité d'Études sur les Formations d'Ingénieurs (CEFI), qui a été mis en place en mai 1975 sur une initiative conjointe du Ministère des universités et du Ministère de l'industrie, vient de faire paraître la 1<sup>re</sup> partie de l'inventaire du système de formation des ingénieurs en France. Ce travail a pour but de saisir la réalité du système français de formation des ingénieurs en apportant un peu d'ordre dans une documentation très variée.

*Au sommaire :* évolution historique des écoles d'ingénieurs, cadre général des formations d'ingénieurs, présentation par grande famille des établissements délivrant le diplôme d'ingénieur, environnement des écoles, Commission des titres d'ingénieurs, liste des écoles ou établissements habilités.

Des exemplaires de cette étude : *Les formations d'ingénieurs en France, inventaire du système de formation (1<sup>re</sup> partie)*, sont disponibles sur commande au CEFI, franco de port, au prix de 30 F l'exemplaire (ou 100 F les cinq). CEFI, 4, rue Cambon, 75001 Paris. Tél. : 261.51.45.

# ABSORPTION ATOMIQUE



## **IL 551 vidéo 1**

Le seul spectrophotomètre d'absorption atomique à écran vidéo

- stockage des conditions analytiques
- mémorisation des courbes de calibration jusqu'à 10 éléments
- jusqu'à 5 standards et statistiques
- option graphique; présentation des pics rapides sur l'écran vidéo.

**R. Delhomme** et Cie  
**INDUSTRIE** 

32, avenue de Saint-Mandé - 75012 PARIS  
Tél. : 346.11.44

## 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. 90 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

## Extrait de la conférence de presse du Prof. Rolf Sammet, Président du Directoire de Hoechst A.G. (27.9.1979)

La dernière hausse des prix du pétrole brut de cette année a provoqué l'accroissement de la différence des coûts de matières premières entre les USA et l'industrie chimique européenne, d'environ 15 % (jusqu'à fin 1978) à 30 %. Il est difficile d'évaluer si, et à quelle date, cette différence diminuera de nouveau étant donné qu'elle est provoquée, en partie aussi, par des interventions dirigistes du gouvernement américain sur le marché pétrolier et énergétique. Du fait de leurs frais de matières premières, d'énergie et de personnel nettement moins élevés, les producteurs américains sont en mesure de supporter des frais de douane et de frets et de nous faire sérieusement concurrence en matière de prix en Europe occidentale. Nous le ressentons d'ores et déjà pour quelques produits sur certains marchés. Cela entraîne, des incertitudes et des risques considérables pour nous, notamment sur les marchés d'outremer, où nous nous heurtons à la concurrence américaine.

La discussion au sujet de l'énergie et des matières premières s'est, de nouveau, ranimée cette année. On s'est interrogé, notamment et une fois de plus, sur ce qu'entreprend finalement l'industrie chimique pour se dégager de la dépendance du pétrole brut. Étant donné que l'industrie chimique allemande était basée sur le charbon comme matière première jusque dans les années 50, on est tenté de renouer avec cette tradition ce qui est, en principe, possible. Cela coûterait cependant beaucoup plus cher, exigerait davantage d'énergie et serait par conséquent non rentable. La pétrochimie présente, en effet, un avantage décisif vis-à-vis de la production chimique à partir du charbon : les composés que nous transformons en tant que matériau de départ, ou produits intermédiaires, possèdent des structures qui sont déjà contenues dans les fractions d'huile brute. Avec l'huile minérale, la nature nous a épargné une partie du travail synthétique qui est nécessaire si l'on part du charbon comme matière première.

La voie du charbon peut être possible dans certains domaines, par exemple ceux de la fabrication de l'ammoniaque ou du méthanol, ainsi que pour quelques produits pouvant être extraits du méthanol, comme l'acide acétique ou des produits analogues. Ici, il est possible qu'une conversion, dans un proche avenir, soit judicieuse également sur le plan de la rentabilité. Il n'en demeure pas moins que la majeure partie de nos produits, comme par exemple la plupart des matières plastiques, sera certainement fabriquée le plus judicieusement, et comme par le passé, par voie pétrochimique.

Tant dans notre usine Hoechst que chez nos partenaires Ruhrchemie et UK-Wesseling,

nous travaillons sur cet ensemble de problèmes. Ces travaux doivent cependant être considérés, en majeure partie, comme des études à longue échéance : 20 ans ou davantage.

Par ailleurs, il faut attirer l'attention sur le fait qu'en dépit de la grande importance des produits pétroliers pour l'industrie chimique, le pourcentage de ces produits qui réapparaît finalement sous forme de produits chimiques, ne s'élève qu'à environ 7 % de la consommation d'huile minérale de la RFA. Même si l'industrie chimique utilisait d'autres matières premières, en remplacement, cela n'apporterait guère de soulagement au problème de l'approvisionnement en pétrole.

L'autre question est de savoir s'il est judicieux de vouloir fabriquer nos carburants pour moteurs à partir du charbon. Vous savez tous que, selon le niveau actuel de la technique, ces procédés ne sont pas rentables même si l'on prenait du charbon importé à bon marché. Par ailleurs, il faut souligner clairement que la fabrication d'essence synthétique est un gaspillage d'énergie assez considérable. En effet, pour fabriquer une tonne d'essence, il faut au moins trois tonnes de charbon EC. Il serait par conséquent judicieux, à court et moyen terme, de faire, en RFA, ce que les Américains font depuis toujours, c'est-à-dire d'utiliser au mieux le pétrole brut disponible. Les Américains transforment près de 50 % du pétrole brut en essence pour véhicules ; en RFA, ce pourcentage atteint à peine 25 %. Aussi longtemps que nous pouvons partir du fait que du pétrole brut est disponible, bien qu'en quantité limitée, nous devrions hydrogéner ce pétrole brut et profiter ainsi davantage de ses propriétés les plus précieuses au lieu d'hydrogéner de la houille. En revanche, nous devrions concentrer tous nos efforts à la recherche de moyens et de méthodes permettant de réduire le gaspillage réel, c'est-à-dire la combustion de l'huile brute pour les usages domestiques et les centrales de force motrice. C'est ici que peut et doit intervenir le charbon et c'est ici que les travaux visant la fabrication de gaz combustible synthétique sont absolument justifiés.

Parmi les matières premières renouvelables, il a été question d'utiliser, éventuellement, l'alcool provenant des biomasses pour le fonctionnement d'automobiles. Une étude, provenant des usines Volkswagen, arrive cependant au résultat suivant : si l'on voulait alimenter les 20 millions de voitures de tourisme de la RFA avec de l'éthanol provenant des betteraves sucrières, il faudrait un champ d'une superficie égale à près de la moitié de celle de la RFA, soit l'ensemble des

pays de Schleswig-Holstein, de Rhénanie du Nord-Westphalie et de Basse-Saxe. Au demeurant, cela ne changerait, en principe, pas tellement la situation énergétique puisqu'il faudrait presque davantage d'énergie pour la culture, la récolte et la transformation des betteraves que celle contenue finalement dans l'alcool ainsi obtenu.

Cette remarque ne signifie pas qu'il faut renoncer à l'étude de ces questions. On en arrive cependant toujours au même résultat, c'est-à-dire que la RFA n'a pas d'autre issue que de modifier les structures de consommation en visant une plus forte valorisation et une réduction de la combustion de l'huile brute.

Les besoins en chaleur-énergie devront être couverts par l'énergie nucléaire.

Nous devrions aussi réserver le lignite, facilement transformable par voie chimique, pour la fabrication ultérieure des produits chimiques. Cela n'est possible que si tout le lignite n'est pas brûlé dans les usines d'électricité et que si nous nous réservons des possibilités avec l'énergie nucléaire. En ce qui concerne les matières premières et l'énergie, il faut que nous veillions particulière-

ment à faire une politique qui soit en mesure de permettre à l'économie allemande et surtout à l'industrie chimique le maintien de sa position dans la compétition internationale et de nous préserver de solutions non rentables et ne s'orientant plus sur l'économie de marché.

Mesdames et Messieurs, dans son rapport annuel, présenté il y a 15 jours, le Fonds Monétaire International a exprimé ses préoccupations au sujet de l'évolution de l'économie mondiale, préoccupations dues à l'inflation croissante, à l'expansion économique en régression dans les pays industrialisés et au développement inquiétant dans le secteur énergétique. Pour ce qui nous concerne, nous partons du fait, dans les prévisions concernant notre société, que les facteurs précités continueront certes de peser sur l'économie mondiale mais que les récents événements ne modifient en rien l'appréciation fondamentale que nous avons déjà donnée antérieurement. Pour la RFA et les autres pays de la CE, nous escomptons invariablement un accroissement moyen du PNB de 2 à 3 % au cours des prochaines années. A moyen terme, les possibilités d'expansion de l'industrie chimique sont de

l'ordre d'environ 4 %. Les fluctuations de cette valeur, c'est-à-dire une augmentation de la production chimique de l'ordre de 6 à 7 % cette année, en RFA, et un accroissement plus faible de près de 2 % en 1980, s'accordent parfaitement avec cette moyenne, à moyen terme.

Pour notre Société, nous avons projeté une expansion quantitative quelque peu plus forte. Nous avons un certain nombre de Divisions qui, à notre avis, présentent des chances pour une expansion supérieure à la moyenne générale grâce à des produits nouveaux et à la mise en valeur de nouveaux domaines d'application.

Les années 70 ont entraîné des turbulences imprévues et imprévisibles. Notre Société en a été secouée et, ça et là, nous avons aussi dû y laisser des plumes. Mais, dans l'ensemble, nous avons surmonté les années 70 sains et saufs et, à vrai dire, nous nous sentons en pleine forme pour affronter les années 80. Renchérissement des matières premières, désordres monétaires, taux d'expansion plus faibles, nous avons appris à en venir à bout. Cette expérience pourrait à coup sûr être payante dans les années à venir.

## Les stockages souterrains de gaz naturel

Plusieurs techniques de stockages souterrains doivent être distinguées. Les unes visent à créer artificiellement des gisements de gaz en utilisant les vides intergranulaires existant dans certaines roches qui doivent avoir des caractéristiques de porosité et de perméabilité suffisamment favorables ; d'autres font appel à l'intervention de l'homme pour creuser au sein des roches compactes et imperméables des excavations propres aux stockages.

Pour assurer la mise en œuvre de ces différentes techniques de stockage, il convient de disposer de formations souterraines ayant les caractéristiques convenables : d'importants travaux préalables sont nécessaires pour connaître ces caractéristiques.

Dans une première phase, les études géologiques sur documents permettent de sélectionner les zones susceptibles d'être l'objet de travaux d'exploration. Les travaux de géophysique (sismiques en particulier) apportent ensuite des enseignements sur l'allure structurale des couches. Enfin, une reconnaissance par forage permet d'apprécier l'aptitude au stockage des niveaux considérés et d'effectuer les mesures et essais (mesures sur échantillons, diagraphies, essais de couche) nécessaires pour définir les caractéristiques du stockage.

### Les stockages en nappe aquifère

C'est la technique la plus répandue à l'heure actuelle. Il s'agit de réaliser artificiellement un gisement de gaz dans une roche poreuse

et perméable, surmontée d'une couche de terrain imperméable ayant généralement la forme d'un dôme.

Un réservoir souterrain de ce type comporte donc essentiellement un anticlinal de roche imperméable qui coiffe un terrain perméable imprégné d'eau où sera stocké le gaz. Le gaz injecté par des puits semblables aux puits d'exploitation des couches pétrolifères prend la place de l'eau entre les grains de sable : il se trouve emprisonné entre la couche supérieure imperméable et l'eau qui demeure à la base ou sur la périphérie de l'accumulation ainsi constituée.

Il convient de préciser que, pour le bon fonctionnement technique du réservoir, un « coussin de gaz », qu'on ne cherchera pas à récupérer en régime normal d'exploitation, demeure dans le réservoir à la fin des soutirages ce qui réduit à la moitié environ du volume total en place la capacité utile du réservoir.

En France, sept stockages de gaz en nappe aquifère sont actuellement en service : Beynes, Lussagnet, Saint-Illiers, Chémery, Verlaine-sous-Amance, Beynes profond et Gournay-sur-Arondes et un, en cours d'équipement, à Saint-Clair-sur-Ept où l'on met en place, dès 1979, un gaz coussin constitué partiellement de gaz inerte.

#### Beynes (Yvelines)

Il fut le premier stockage souterrain mis en service par le Gaz de France, à la fin 1956, pour diminuer l'importance des équipements de production à réaliser dans la région parisienne en augmentant la durée d'utilisa-

tion de ceux qui étaient en place. Il a une capacité de 450 millions de m<sup>3</sup> et peut assurer un débit de soutirage de l'ordre de 5,5 millions de m<sup>3</sup>/jour.

Ce stockage, dont le sommet est situé à 405 mètres de profondeur, a, jusqu'en 1972, emmagasiné du gaz manufacturé fabriqué essentiellement à partir de gaz naturels ou de produits pétroliers ; en 1973 et 1974, on a procédé à sa conversion au gaz naturel. En effet, depuis le début de 1979, le gaz manufacturé n'est plus du tout distribué dans la région parisienne.

#### Lussagnet (Landes)

Ce stockage appartient à la SNEA (P) qui, rappelons-le, exploite les gisements de gaz des Pyrénées et l'usine de traitement de Lacq. Il a été mis en service en 1958. Le volume total en stock à l'automne 1977 était d'environ 1 milliard de mètres cubes mais la capacité totale estimée est de 3 milliards de mètres cubes. Le débit de soutirage journalier est de 8 millions de m<sup>3</sup>/jour. Le stockage de Lussagnet a joué un rôle important d'adaptation entre les disponibilités de l'usine de traitement de Lacq et les besoins des réseaux de transport dont l'alimentation progressive a ainsi pu être assurée malgré la mise en service discontinue des unités de traitement. Il participe de plus en plus à la modulation de la zone du Sud-Ouest.

#### Saint-Illiers (Yvelines)

Ce stockage, situé à 470 mètres de profondeur, a été mis en exploitation par le Gaz de France en avril 1965. Ses caractéristiques

très favorables ont permis une mise en gaz très régulière. Le volume en stock à Saint-Illiers a dépassé 1,2 milliard de m<sup>3</sup> et peut atteindre 1,4 milliard de m<sup>3</sup>, correspondant à une respiration annuelle de 600 millions de m<sup>3</sup>. A la fin de 1978, 28 puits d'exploitation peuvent donner un débit de soutirage d'environ 15 millions de m<sup>3</sup>/jour.

#### **Chemery (Loir-et-Cher)**

Ce stockage est situé à 30 km au Sud de Blois (Loir-et-Cher). Sa mise en gaz a débuté en juillet 1968 ; il est le plus profond de ce type en France puisqu'il se trouve entre 1 100 et 1 200 mètres.

A l'entrée de l'hiver 1978-1979, plus de 2,9 milliards de m<sup>3</sup> sont stockés à Chémery et l'équipement est adapté à un soutirage de 22 millions de m<sup>3</sup>/jour. On estime que le volume total atteindra 3 milliards de m<sup>3</sup> et que les débits de soutirage atteindront 27 millions de m<sup>3</sup>/jour. Ce stockage exploité par le Gaz de France, est affermé à la Compagnie Française du Méthane. Toutefois, une partie de sa capacité est utilisée pour les besoins propres du Gaz de France.

#### **Velaine-sous-Amance (Meurthe-et-Moselle)**

A proximité de Nancy, ce stockage a été mis en service par le Gaz de France au cours de l'été 1970.

Situé à une profondeur de l'ordre de 500 mètres, ce réservoir a une capacité totale de 1 375 millions de m<sup>3</sup> et il sert à la régularisation de l'alimentation en gaz de Groningue, du Nord et du Nord-Est de la France. Actuellement, l'équipement permet un soutirage de 12 millions de m<sup>3</sup>/jour.

#### **Beynes profond (Yvelines)**

Le Gaz de France a décidé d'équiper, à partir de 1975, le réservoir de Beynes profond situé à 740 mètres de profondeur à l'aplomb du réservoir actuel.

Au 1<sup>er</sup> novembre 1978, 320 millions de m<sup>3</sup> étaient stockés. On estime que sa capacité totale sera de l'ordre de 600 millions de m<sup>3</sup>.

#### **Gournay-sur-Aronde (Oise)**

Une autre structure du bassin parisien, située dans l'Oise à 15 km au nord-ouest de Compiègne et sur l'artère Taisnières-Paris est en cours de remplissage.

Il s'agit d'un réservoir situé à 750 mètres de profondeur, d'une capacité totale de l'ordre

de 1,6 milliard de m<sup>3</sup> et dans lequel le Gaz de France a effectué les premières injections de gaz en 1976.

#### **Projets à l'étude**

Les besoins actuels montrent qu'il faut augmenter la capacité utile de stockage d'environ 400 millions de m<sup>3</sup> par an en moyenne : le Gaz de France étudie actuellement diverses structures qui pourraient être équipées en réservoir souterrain de gaz naturel.

#### **Les stockages en couches de sel**

Ils représentent une technique récente. Le principe consiste, lorsqu'on se trouve en présence de gisements de sel, à réaliser par dissolution du sel à l'eau douce, des cavités profondes dans lesquelles le gaz naturel sera stocké sous pression élevée et soutiré à la demande par simple détente, la roche de sel assurant elle-même l'étanchéité nécessaire. Ces cavités ont généralement une forme comparable à celle d'une poire ou d'une bouteille dont le rapport entre le diamètre et la hauteur est de l'ordre de 1/3 ou 1/2 : ainsi, avec une hauteur de 100 mètres, des volumes de 100 000 à 200 000 m<sup>3</sup> peuvent être obtenus, ce qui, avec la pression du gaz, permet un stockage s'exprimant en dizaines de millions de m<sup>3</sup>.

Cette technique met donc en œuvre des volumes unitaires nettement moins importants que ceux des réservoirs souterrains en nappe aquifère, mais sur un même site on multiplie les cavités si bien qu'en fin d'équipement, le volume utile disponible est du même ordre de grandeur que celui offert pour un réservoir en nappe aquifère de taille moyenne. Elle est particulièrement intéressante pour la couverture des extrêmes pointes puisque par rapport au volume en stock le débit de soutirage instantané peut atteindre des valeurs plus élevées que celui des débits des stockages en nappe aquifère.

En France, un stockage de ce type a été mis en service en avril 1970 à Tersanne (Drôme) et un autre est en cours d'équipement dans la région d'Étrez (Ain). En effet, la géologie complexe de la vallée du Rhône et de la région lyonnaise ne laisse guère d'espoir d'y découvrir des structures en nappe aquifère. Il était donc intéressant d'équiper des réservoirs creusés par lessivage dans les impor-

tants gisements de sel du Valentinois et de la Bresse, ce qui permettrait de différer certains ouvrages onéreux de transport.

#### **Tersanne (Drôme)**

A Tersanne, dans six cavités situées à 1 400 mètres de profondeur, 180 millions de m<sup>3</sup> de gaz environ peuvent être comprimés sous 220 bar ; près des deux tiers sont utilisables par simple détente, le reste, maintenu sous pression de 80 bar, étant conservé à l'intérieur. La capacité des 6 cavités actuellement en service permet d'assurer une respiration de 110 millions de m<sup>3</sup>/an. Il a été décidé de procéder à l'extension de ce stockage en réalisant de nouvelles cavités et de porter, à l'horizon 1984, à plus de 300 millions de m<sup>3</sup> la capacité utile de ce stockage. L'établissement d'un stockage de gaz en couche de sel présente toujours une difficulté : l'évacuation des saumures, importantes, puisqu'il faut de 8 à 10 m<sup>3</sup> d'eau douce pour creuser 1 m<sup>3</sup> de capacité dans le sel. A Tersanne, il a été possible de conjuguer les projets de stockage du Gaz de France et les besoins en saumure de la société Progil pour la production de chlore et de soude dans une usine de Pont-de-Claix (à côté de Grenoble).

#### **Étrez (Ain)**

Le projet d'Étrez consiste à réaliser une trentaine de cavités dans le sel de Bresse, à partir de 1977, à une profondeur comprise entre 900 et 1 400 m, la mise en gaz de la première cavité devant intervenir dès l'été 1979.

Comme pour Tersanne, un accord est intervenu entre le Gaz de France et un utilisateur de sel. La saumure produite par le lessivage est envoyée aux installations de Solvay situées à Poligny (Jura) au moyen d'une conduite souterraine ou saumoduc de 80 km.

Qu'il s'agisse de la technique désormais classique des réservoirs souterrains en nappe aquifère ou de la technique nouvelle des réservoirs creusés par lessivage en couche salifère, l'utilisation du sous-sol pour le stockage du gaz est devenue un aspect essentiel de l'industrie gazière française puisque, au début de l'hiver 1978-1979, la capacité utile de stockage représentait environ 40 milliards de kWh.

(Gaz de France, Département des relations publiques.)

## **La nomenclature des nouveaux éléments : l'unnilquadium (Unq 104)**

La désignation d'un nouvel élément artificiel, qui porte le numéro 104 dans le système périodique des éléments, marque le début d'une nouvelle ère dans l'histoire de la chimie. Pour la première fois, les nouveaux éléments sont désignés d'après un système particulièrement élaboré. On a ainsi également mis un terme à une controverse qui durait depuis plus d'une décennie. Bien que cette perspective d'avenir soit très prometteuse, le nouveau système de nomenclature arrive une centaine d'années trop tard pour revêtir une grande importance aux yeux du chimiste moyen.

Au cours de ces dernières décennies, la construction de très puissants accélérateurs de particules a permis de découvrir de nouveaux éléments artificiels. La plupart du temps, ces nouveaux éléments ne sont produits qu'en très petites quantités. De nature radioactive, ils se désintègrent en très peu de temps pour se transformer en nucléons plus stables. Seuls quelques-uns d'entre eux ont pu être utilisés pour des applications pratiques. L'élément californium 252 est à cet égard intéressant. Les éléments de nombre atomique supérieur à 100 sont en général assez instables. Jusqu'ici, c'est le lawrencium

(nombre atomique 103) qui a le poids le plus élevé ; il est produit par bombardements de californium 249 avec des noyaux de bore.

De nos jours, seuls deux accélérateurs de particules sont suffisamment puissants pour produire de nouveaux éléments ; l'un se trouve aux États-Unis, et l'autre en Union Soviétique. Divers spécialistes de chimie nucléaire prétendent, dans l'un et l'autre pays, avoir découvert un nouvel élément de nombre atomique 104. Et des deux côtés, un nom a été proposé pour ce nouvel élément.

Comment nommer un élément dont la désin-



tégration radioactive est très rapide, qui ne peut être produit que par deux accélérateurs de particules dans le monde et dont l'existence ne peut même pas être démontrée de façon catégorique ? La commission de l'IUPAC, chargée de la nomenclature de la chimie inorganique, s'est occupée de ce problème, n'aboutissant à une solution que plusieurs années plus tard. Du fait que ni l'un ni l'autre des deux groupes n'a pu prouver qu'il a été le premier à produire le nouvel élément, la commission n'a accepté aucune des désignations proposées. Par contre, elle a introduit un nouveau système de nomenclature qui s'applique aux nouveaux éléments.

Ce système repose directement sur la désignation des chiffres du nombre atomique

(par exemple l'élément 104, s'appelle ainsi unnilquadium : un = 1, nil = 0, quad = 4 plus la terminaison latine « ium »). Ce système permet donc de désigner tous les éléments même celui, hypothétique, de nombre atomique 999 (ennennennium, eee 999).

Il se peut que quelques éléments exceptionnellement stables soient découverts à l'avenir, mais les éléments de nombres atomiques supérieurs à 104 n'existeront probablement que pour quelques instants très courts et ne constitueront qu'une curiosité pour quelques spécialistes de physique nucléaire.

Le professeur J. Chatt, président de la Commission de l'IUPAC pour la nomenclature inorganique relève que les nouvelles

liaisons organiques et les complexes inorganiques sont également classés d'après un système méthodique ; pourquoi ne pas appliquer cette formule aux nouveaux éléments ?

Il a aussi souligné que les nouveaux éléments ne sont pas tous nommés d'après leur découvreur. Il y a quelques années, le professeur Chatt avait défendu la désignation « centurium » pour l'élément 100, et demandé que les éléments ultérieurs soient nommés d'après un système fixe. Mais il en alla différemment. Avant que l'élaboration de cette nouvelle nomenclature soit achevée, les éléments Mendeleevium (Mv 101), Nobelium (No 102) et Lawrencium (Lw 103) ont été découverts. (Source : « IUPAC Information Bulletin », 1979, n° 1.)

## Les effectifs de l'industrie chimique européenne

Selon le rapport annuel du CEFIC pour l'exercice 1978 (Conseil Européen des Fédérations de l'Industrie Chimique), l'industrie chimique employait en 1978 2.231.900 personnes en Europe occidentale, ce qui correspond à une légère baisse, soit de 8 600 unités, ou de 0,4 % par rapport à l'année précédente. Sur ce nombre, 1.806.400 salariés (contre 1.814.900 en 1977), c'est-à-dire 81 % du total, étaient occupés dans les pays de la CEE (République Fédérale d'Allemagne, Grande-Bretagne, France, Italie, Pays-Bas, Belgique, Luxembourg, Danemark et Irlande) et 425.500 (1977 : 425.600) soit environ 19 % dans les autres pays (Espagne, Norvège, Suède, Finlande, Autriche et Suisse). Les principaux employeurs de la branche sont l'industrie chimique de la République Fédérale d'Allemagne (548.000 salariés), suivie des industries chimiques britannique (431.000), française (306.000), italienne (293.000) et espagnole (215.000) (tous ces chiffres se rapportent à 1978). L'industrie chimique qui occupe le plus grand nombre de personnes est celle des États-Unis d'Amérique (1.082.200).

## Nouvelles de Roussel-Uclaf

### Le premier semestre de Roussel-Uclaf

Pour le premier semestre de 1979, le chiffre d'affaires de la société mère s'élève à 634 millions de francs, en progression de 8,3 % par rapport aux six premiers mois de l'année 1978. Son bénéfice s'établit à 56 millions de francs, en augmentation de 1,5 % ; la marge brute d'autofinancement (qui ne comprend pas les plus et moins values d'exploitation), égale à 119,6 millions de francs, s'est accrue de 13,5 %.

Le chiffre d'affaires du Groupe, qui a progressé de 8,9 %, atteint 2,198 milliards de francs. Le bénéfice net consolidé tel qu'il peut être apprécié pour le premier semestre de 1979, se monte à 62,6 millions de francs, soit une croissance de 5 % ; la marge brute d'autofinancement, soit 151,4 millions de francs, est en progression de 19 %.

Sur la base des informations actuellement

disponibles et sans préjuger des éléments imprévus pouvant survenir au cours des derniers mois de l'année, il est possible d'estimer que l'exercice 1979 pourrait présenter les caractéristiques suivantes :

- après la forte augmentation des bénéfices du Groupe depuis 1975, le résultat net consolidé serait du même ordre de grandeur que celui de l'an passé pris hors écritures comptables exceptionnelles ;
- l'accroissement du chiffre d'affaires consolidé devrait être peu éloigné de celui qui a été enregistré les années précédentes ;
- la marge brute d'autofinancement consolidée serait en progression notable.

### Roussel Uclaf prend le contrôle de S.A.M.P.

Roussel Uclaf vient d'acquérir 80 % du capital de la Société d'Application des Matières Plastiques (S.A.M.P.), plus connue sous le nom de Solar.

Cette entreprise familiale, spécialisée dans la fabrication de lunettes de soleil et de lunettes de ski, a réalisé en 1978 un chiffre d'affaires de 65 millions de francs. Située à Annecy, Solar a un effectif de 220 personnes et son niveau de production la place au deuxième rang des entreprises françaises de son secteur et au troisième rang en Europe.

Pour Roussel Uclaf, cette entrée dans l'industrie de la lunetterie correspond à deux préoccupations stratégiques affirmées à plusieurs reprises par les dirigeants du Groupe :

- élargir la gamme de ses productions dans

des secteurs complémentaires de ses activités actuelles,

- élargir l'assise de son implantation internationale.

La S.A.M.P. réalise 60 % de son chiffre d'affaires à l'exportation, dans une centaine de pays dont aux U.S.A., au Japon, et en Allemagne Fédérale. L'importance du réseau des implantations de Roussel Uclaf à l'étranger (110 pays, 50 filiales) constitue un appui déterminant pour le développement de la présence du Solar sur les marchés internationaux.

## Progression de la production, en 1978, de l'industrie chimique néerlandaise

L'an dernier, la production de l'industrie chimique néerlandaise a progressé de 4 %. Comparée au taux de croissance de 1,7 % de l'ensemble de l'industrie de ce pays, on peut dire que les résultats de l'industrie chimique ont été favorables (rapport annuel de l'Association néerlandaise).

Au sein du secteur des produits chimiques, les résines synthétiques ont fait en 1978 le plus grand bond (+ 10,5 %).

Les autres secteurs ont également accusé un progrès. La fabrication de pesticides chimiques a régressé, ce qui est dû, selon le rapport, aux conditions climatologiques.

Indice 100 : 1970	Moyenne annuelle		
	1976	1977	1978
Industrie néerlandaise	117	118	120
Industrie chimique	149	151	157
dont engrais chimiques	134	152	158
résines synthétiques	194	191	211
pigments et colorants	109	104	104
fil et fibres synthétiques et autres matières premières chimiques	159	155	160
peintures, laques, vernis et encres d'impression	120	126	133
produits pharmaceutiques et pansements	144	151	157
savons, détergents et produits de lavage	127	119	121
parfums et produits cosmétiques	97	91	90
pesticides	117	144	119
autres produits chimiques	136	151	162

## Sovirel devient Corning France

Sovirel, S.A., fabricant français de verres spéciaux, dont l'affiliation à Corning Glass Works aux États-Unis remonte à 1922, a changé son nom pour celui de Corning France, S.A.

Plusieurs déplacements géographiques ont coïncidé avec le changement de nom. Toutefois, les dirigeants ont souligné le fait que la politique et les opérations se poursuivent comme auparavant.

Ils ont déclaré que depuis plusieurs années la direction de Sovirel souhaitait incorporer le nom de Corning dans l'identité de la société française et ont fait remarquer l'importance de la réputation de Corning et de ses ressources financières et technologiques qui profitent à chaque branche du groupe Corning. Les ventes de celui-ci en 1978 ont été de 1,25 milliards de dollars U.S., et son revenu net, de 104,4 millions de dollars, a été un record.

Rappelons l'invention, par Corning, du verre photochromique. Toutefois, la mise au point d'un procédé pour fabriquer le verre photochromique en grandes feuilles fut menée en France et vérifiée pour la première fois dans l'usine Corning France d'Aniche. Le procédé est maintenant aussi utilisé avec succès par Corning aux États-Unis.

Corning France est depuis longtemps un très grand exportateur de verres transparents, teintés et photochromiques pour lunettes correctrices et lunettes de soleil.

D'autres exemples de produits de la société française qui découlent de la technologie fondamentale de Corning sont les produits Pyrex, Pyroflam et Corelle.

Corning France est également l'un des premiers dans la fabrication d'enveloppes et de pièces détachées en verre pour les tubes-images de télévision depuis les premiers jours de la TV.

Corning France est la branche la plus ancienne de Corning. En ce qui concerne ses débuts, on peut remonter jusqu'en 1753, près d'un siècle plus tôt que les débuts de Corning Glass Works aux États-Unis.

Ce fut en 1955 que Corning France prit le nom de Sovirel, ce qui est une contraction de : Société des Verreries Industrielles Réunies du Loing. La société précédente était le Pyrex, S.A., créée en 1922.

Parallèlement à son nouveau changement de nom, Corning France a déménagé son siège social de Levallois-Perret dans un bâtiment neuf, adjacent au centre technique européen de Corning près de Fontainebleau. Ainsi, le personnel du Siège Social est plus près 1) du centre européen de recherche, d'ingénierie et de développement, 2) d'un vaste complexe d'usines situé dans le voisinage à Bagnaux-sur-Loing, et 3) plus proche de l'usine de fabrication de produits ménagers de la Société à Châteauroux.

Les managers de la Division des produits de consommation de Corning France n'ont pas déménagé à Fontainebleau, ils ont transféré leurs bureaux à Neuilly, afin de rester en contact étroit avec leurs fournisseurs et leurs clients qui sont concentrés sur Paris.

Ont également déménagé dans les bureaux de Neuilly, pour des raisons d'efficacité et d'économie, le directeur et le personnel de

Corning Europe Inc., qui étaient à la Porte Maillot. Il ne reste donc plus aucun membre du personnel de Corning à la Porte Maillot.

## 20<sup>e</sup> anniversaire de Pro-Catalyse

Filiale, à parts égales, de l'Institut Français du Pétrole et de Rhône-Poulenc Industries, Pro-Catalyse est née, il y a vingt ans, d'une complémentarité dans les spécialités de ses deux sociétés-mères; l'IFP apporte sa compétence dans les procédés de raffinage et de pétrochimie, Rhône-Poulenc Industries sa compétence dans le domaine des alumines, des supports de catalyseurs et de la fabrication des catalyseurs. Les deux sociétés sont également dotées des moyens les plus modernes pour la recherche et la mise en œuvre de nouvelles formules catalytiques.

## Le Centre Français de la Couleur

Dans le cadre des conférences et de l'exposition « La couleur et la vie » à Lyon, la Société de Chimie Industrielle a organisé, les 8 et 9 mars derniers, à l'École Supérieure des Industries du Cuir et des Peintures, un colloque ayant pour thème : « La couleur et la chimie ».

Ce colloque réunit des spécialistes de divers domaines d'activité :

- la teinture des textiles,
- les matières colorantes,
- peintures et pigments.

Aux journées préparatoires, le Centre Français de la Couleur était présent en la personne de son Président M. F. Parra.

Pourquoi la présence du Centre Français de la Couleur à cette manifestation ? quelle est sa personnalité, que représente-t-il en France et dans le monde ?

Depuis 1976, l'industrie, la science et l'art, par l'intermédiaire de représentants parmi les plus compétents, se sont dotés d'un organisme capable de répondre à l'extension extraordinaire du phénomène couleur dans tous les domaines de l'activité humaine en créant le Centre Français de la Couleur.

Association régie par la loi de juillet 1901, dont le siège social est à Paris, le Centre s'est donné pour grands objectifs :

- l'information,
- la documentation,
- l'enseignement,
- la recherche appliquée,
- le conseil,
- la recherche fondamentale.

Sa qualité de membre de l'A.I.C. (Association Internationale de la Couleur) et de la Fédération Européenne de la Couleur engage le Centre à diffuser toute manifestation française d'intérêt scientifique, industriel et artistique dans le monde et, en contrepartie, à rassembler pour l'intérêt des français des informations issues de toute source étrangère, recherche, innovation industrielle, réalisation dans l'architecture, l'environnement, l'art, etc.

Les échanges s'effectuent directement au cours de colloques internationaux et par la revue « Information Couleur » dont le numéro 6 a relaté de façon détaillée le déroulement des journées lyonnaises.

*\* Le CFC tient à attirer l'attention des lecteurs de L'actualité chimique sur ce numéro spécial. Des exemplaires d'information Couleur (n° 6) sont encore disponibles et peuvent être obtenus auprès du CFC (43, rue Cuvier, 75231 Paris Cedex 5) qui souhaite à cette occasion élargir ses contacts dans le monde si diversifié de la couleur, en vue d'opérations futures de première importance pour l'industrie et la recherche françaises.*

## Hausse des prix du Delrin

Du Pont de Nemours (France), vient d'annoncer une hausse des prix des résines acétal Delrin, à dater du 19 octobre 1979. La hausse, variable suivant les grades et les couleurs sera de 7 à 10 %. Elle est motivée par les majorations générales des coûts de fabrication et des transports.

Les résines acétal « Delrin » sont des thermoplastiques, préparés par polymérisation de l'aldéhyde formique. Les qualités essentielles de ces résines sont : résistance mécanique, rigidité élevée, stabilité dimensionnelle, excellente endurance à la fatigue, absorption modérée de l'humidité, coefficients de frottement statique et dynamique réduits.

Les principaux domaines d'applications se rapportent à la construction automobile, au secteur de l'appareillage, aux industries de la construction mécanique, à l'industrie électrique ainsi qu'à l'horlogerie.

## Molycorp ouvre une agence européenne à Paris

Molycorp, Inc., une filiale d'Union Oil Company de Californie, annonce l'ouverture d'une agence à Paris (30, avenue George-V, 75008 Paris), qui sera chargée du marché européen et également du développement technique.

Molycorp est un des principaux producteurs mondiaux de terres rares (concentrés et éléments séparés, principalement pour le lanthane, le cérium, le néodyme, le praséodyme, l'yttrium, l'euporium, le samarium et le gadolinium).

## Le gaz naturel en U.R.S.S.

Un communiqué de l'Office central des statistiques, diffusé par l'Agence Tass, annonce que l'U.R.S.S. a produit 201 milliards de m<sup>3</sup> de gaz naturel au 1<sup>er</sup> semestre 1979. Dans la même période, l'extraction de tous les combustibles (pétrole, gaz naturel, charbon et tourbe) a progressé de 2 % en U.R.S.S. par rapport à la période correspondante de 1978. Par ailleurs, le rapport d'activité 1978 de l'Union des chambres syndicales de l'indus-

trie du pétrole indique que la production de gaz naturel en U.R.S.S. est passée de 45,3 milliards de m<sup>3</sup> en 1960 à 198 milliards de m<sup>3</sup> en 1970, pour atteindre 372 milliards de m<sup>3</sup> en 1978, soit les 2/3 de la production américaine. Le 10<sup>e</sup> plan quinquennal prévoit une expansion de cette production au niveau de 400-435 milliards de m<sup>3</sup> en 1980.

Le gaz naturel représente aujourd'hui près du quart de la consommation d'énergie primaire de l'U.R.S.S. Le centre de gravité de la production gazière soviétique, situé jadis en Ukraine, se déplace continuellement vers l'est. Ainsi plus de 70 % des réserves prouvées se trouvent localisées en Sibérie et au Turkménistan. L'année 1978 a vu le début de la production du plus grand gisement de gaz du monde, celui d'Urengoï, en Sibérie occidentale, qui devrait assurer dès 1979 plus de 30 % de la production nationale. Le Turkménistan, en Asie centrale, est producteur depuis longtemps déjà avec les gisements de Gasli et de Shatlyk, assurant près de 15 % de la production du pays.

Le gisement d'Orenbourg, au sud de l'Oural, devrait fournir plus de 10 % de la production tandis que l'Ukraine est reléguée aujourd'hui au rang de troisième région productrice. Sa production permet à l'U.R.S.S. d'exporter vers l'Europe 30 milliards de m<sup>3</sup> de gaz, dont près de la moitié est destinée aux pays de l'Europe occidentale.

### Alcoa remet en service des lignes d'électrolyse

L'aluminium a continué de faire l'objet d'une forte demande au cours du second trimestre 1979. Ainsi, les livraisons d'Aluminum Company of America (Alcoa) se sont élevées à 422 000 tonnes contre 400 000 tonnes pendant le second trimestre 1978. La production d'aluminium de première fusion a atteint 354 000 tonnes contre 342 000 tonnes un an plus tôt.

Les commandes pour le second semestre de 1979 semblent se maintenir à un bon niveau, surtout dans les secteurs de l'aéronautique et de l'emballage. Ce climat favorable a incité la société Alcoa à remettre en service deux lignes d'électrolyse à l'usine de Point Comfort au Texas et à faire tourner l'usine de Warrick (Indiana) au maximum de sa capacité.

### La nouvelle unité d'anhydride maléique de Monsanto en Floride

Monsanto a choisi Pensacola, en Floride, États-Unis, comme emplacement de l'unité de production d'anhydride maléique de 45 400 tonnes/an de capacité dont l'installation avait été précédemment annoncée. L'achèvement de l'installation est prévu pour le début 1983. L'exploitation sera basée sur une technologie du butane, peu onéreuse, dont Monsanto a l'exclusivité.

La nouvelle installation représente la première étape d'une expansion importante de

la production d'anhydride maléique par Monsanto pour répondre à la demande croissante du marché. Le projet actuel a été conçu en sorte que les futures extensions de cette unité aient des délais raccourcis de construction et de mise en route et un coût nettement plus faible que ceux d'installations indépendantes.

Monsanto possède déjà des installations de production d'anhydride maléique aux États-Unis, au Canada et dans le Royaume Uni (Newport, sud du Pays de Galles), qui totalisent une capacité de plus de 74 000 tonnes/an dont 48 000 aux U.S.A. Vingt pour cent de la capacité de production de Monsanto aux États-Unis sont déjà basés sur le butane, et Monsanto projette de convertir toute sa production locale à cette technologie.

### Installations pour l'industrie pétrolière et gazière espagnole

Près de Tarragone (Espagne), Sulzer a construit pour la raffinerie de pétrole Enpetrol une installation de refroidissement, de stockage et d'expédition pour propane du commerce, propylène pur, propylène et butane du commerce, ainsi qu'une installation pour le stockage et l'expédition d'éthylène. L'extraction du pétrole et du gaz naturel s'accompagne d'un fort dégagement de gaz de pétrole au trou de forage et dans la raffinerie. Il y a quelques années encore, seule une partie insignifiante de ces gaz était valorisée pour certaines applications. Cette époque est définitivement révolue. Dans les champs pétrolifères et les raffineries, des installations ont été construites pour l'épuration, la liquéfaction, le stockage intermédiaire et l'expédition de gaz de pétrole liquéfiés (GPL), ainsi que pour des gaz industriels tels que le propylène, l'éthylène, etc. L'installation de stockage d'éthylène également conçue par Sulzer, a pour but de

compenser les fluctuations de la demande, avec les pointes correspondantes, de manière à assurer une production continue.

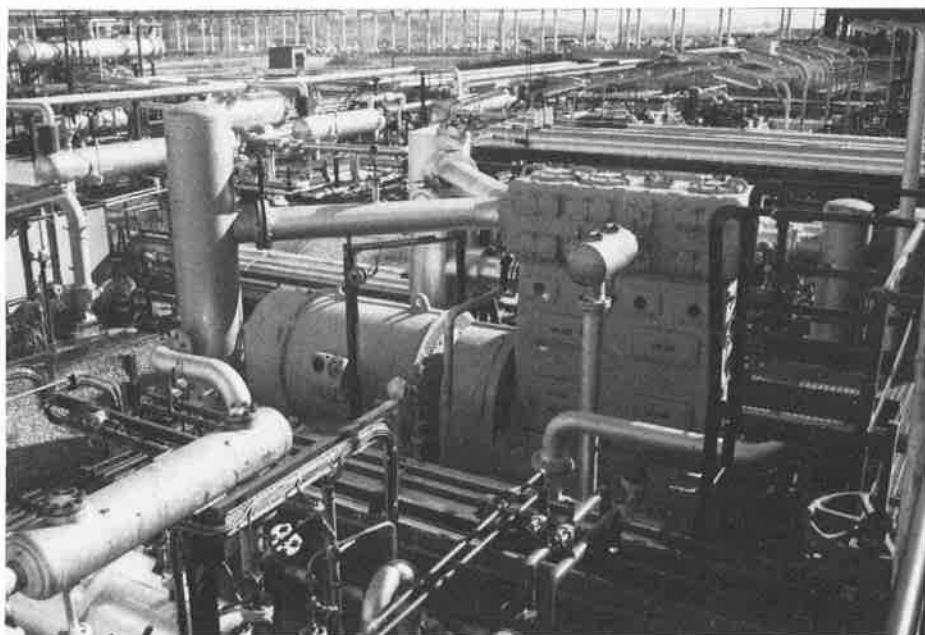
Elle se compose des secteurs techniques suivants : stockage d'éthylène, traitement des gaz évaporés et expédition de l'éthylène.

### Usine de produits chimiques pour l'Arabie Saoudite

En association avec des intérêts saoudiens, le groupe Exxon a construit et exploite depuis le début de cette année, en Arabie Saoudite, une usine de fabrication de produits chimiques dérivés du pétrole, utilisés dans les opérations de production de pétrole brut. Cette usine, située à Dammam sur la côte du Golfe Persique, est la propriété de Oil Field Chemicals Company (Saudi Arabia) Ltd., dont 60 % du capital est détenu par Essochem Belgium et 40 % par Ahmad Hamad Algozaibi Bros. C'est le premier investissement à participation majoritaire du groupe Exxon en Arabie.

Cette usine fabrique des produits chimiques spéciaux par mélanges de bases concentrées, importées d'installations du groupe Exxon à Houston au Texas, et d'Europe, avec des agents de dilution achetés en Arabie Saoudite. Ces produits permettent de remédier à un certain nombre de difficultés d'exploitation des champs producteurs de pétrole brut. Par exemple :

- lorsque quelques années après la mise en production, un gisement débite des volumes croissants d'eau avec le pétrole brut,
- même de faibles quantités de sel dans le pétrole brut produit peuvent rendre son raffinage ultérieur impossible, il est donc nécessaire d'éliminer ce sel sur les lieux de production,
- des dépôts peuvent se former et entraver l'écoulement de l'huile,
- la corrosion peut endommager sérieusement les conduites, pompes et vannes des installations de production et d'expédition,



• par ailleurs, il peut s'avérer nécessaire de combattre le développement de certaines bactéries, etc.

Les spécialistes établissent un diagnostic des différents problèmes qui se présentent sur chaque champ et déterminent la nature des produits chimiques à employer pour chaque cas spécifique. L'utilisation de ces produits peut être également nécessaire à l'occasion des opérations d'injections d'eau destinées à compenser le déclin de la pression.

La création de cette usine en Arabie Saoudite facilite l'approvisionnement de l'Aramco en produits chimiques de cette nature dont les besoins se développent rapidement. Ces produits peuvent être maintenant transportés en vrac, par camion, jusque sur les lieux d'utilisation.

### Nouvelle unité d'hydroperoxyde de tert-butyle

Oxyrane Europe Inc. a annoncé la mise en service d'une nouvelle unité commerciale de production d'hydroperoxyde de tert-butyle sur les installations, à Botlek (Rotterdam), d'Oxirane Chemie (Pays-Bas).

L'unité, la première de ce type en Europe, a une capacité annuelle de 4 300 tonnes d'hydroperoxyde aqueux (TBHP-70 aq.).

Précédemment, ce produit était importé des usines d'Oxirane de Bayport, Texas (USA).

### Nouvelle unité d'amines grasses

KenoGard, du Groupe KemaNobel, a démarré la construction d'une nouvelle unité d'hydrogénation sous haute pression pour la production d'amines grasses à l'usine de Stockvik, en Suède.

La construction devrait être achevée au début de 1980. La capacité totale de production d'amines sera alors portée à 23 000 t/an.

### Nouveau procédé Degussa

Le Service de recherches sur les métaux de la Degussa de Francfort-sur-le-Main a mis au point un nouveau procédé, en bain de sel fondu, qui permet de doter d'une couche d'argent à bon pouvoir adhérent les métaux qui ne peuvent être qu'insuffisamment enduits dans les bains aqueux d'électrolyse.

Ce sont surtout le titane, l'aluminium et leurs alliages qui conviennent comme matériaux de base. Mais on peut également enduire d'autres métaux des groupes IV à VI du système périodique d'éléments, par exemple le zirconium, ainsi que le fer, le cobalt, le nickel, le cuivre, le béryllium et le silicium. En raison de la température de travail (dans le sel fondu), le point de fusion des matériaux à enduire devrait se situer au-dessus de 400 °C.

La couche d'argent épaisse de quelques microns, très ductile, peut être utilisée dans son état d'origine pour empêcher la corro-

sion par friction; mais on peut également s'en servir comme couche intermédiaire galvanisable. C'est ainsi, par exemple, que le titane doté d'une telle couche intermédiaire en argent se prête au chromage dur alors que cette opération suscitait de grandes difficultés jusqu'alors. En outre, des métaux facilement oxydables peuvent être brasés en atmosphère d'air s'ils sont argentés selon le nouveau procédé. On peut ainsi se passer de l'atmosphère de gaz de protection qui était jusqu'alors nécessaire.

Les couches que le nouveau procédé permet d'obtenir ont un aspect mat, mais on peut les polir légèrement si ceci s'avère nécessaire.

La Degussa envisage d'effectuer, à façon, l'argenture en bain de sel, de pièces métalliques selon le nouveau procédé. Sur demande, le Service de recherches sur les métaux de l'entreprise procède à des essais.

### Du papier à partir de déchets de cultures

Il est possible de fabriquer du papier d'excellente qualité à partir de déchets de cultures diverses, comme la bagasse ou la paille de riz ou de blé. Une nouvelle méthode, mise au point à Melbourne dans les laboratoires du CSIRO (le CNRS australien), permet désormais d'y parvenir dix fois plus rapidement qu'avec un procédé conventionnel, tout en nécessitant deux fois moins de produits chimiques pour obtenir en fin de compte un produit de meilleure qualité.

Le système de défibration du CSIRO déchire les cellules médulleuses et permet de séparer la pulpe des fragments médulleux de sorte que la pulpe est asséchée comme l'est la pulpe de bois et peut ensuite être traitée de façon identique à cette dernière.

L'utilisation de déchets jusqu'alors détruits sera rentable : avec 100 tonnes de bagasse, on obtient 37 tonnes de papier contre 45 avec 100 tonnes de bois de pin.

### Un nouvel édulcorant

Une société japonaise vient de commercialiser un nouveau type d'édulcorant (baptisé Step One) utilisable dans le café, le thé et les boissons non alcoolisées. Il est produit à partir d'une substance adoucissante, la stevioside, que l'on extrait de la feuille du *Stevia Rebaudiana Bertoni*, arbuste d'Amérique du Sud.

Le Step One a un pouvoir sucrant 10 fois supérieur à celui du sucre. Comme la stevioside ne contient pas de calories, cet édulcorant sera particulièrement recommandé dans tous les régimes hypocaloriques.

### Le verre de lunettes anti-buée

Deux sociétés japonaises ont développé conjointement un verre de lunettes qui ne « prend » pas la buée. Ce nouveau verre est revêtu d'une couche de résine qui absorbe les

gouttelettes se formant à la surface du verre sans affecter sa transparence.

Avantage supplémentaire : la couche de résine contient une mélamine très dure, qui rend la surface du verre plus résistante que tous les revêtements en résine hydrophile utilisés jusqu'ici. Enfin, ces verres sont très légers et résistent bien aux coups et aux chocs.

## Nouvelles des Communautés européennes

### Lutte contre la pollution de la Méditerranée

Lors de la réunion organisée fin juin par le PNUE (Programmes des Nations Unies pour l'Environnement), des experts de la plupart des 18 gouvernements méditerranéens et de la Communauté Économique Européenne sont parvenus à un large accord sur le texte d'un *futur traité destiné à contrôler la pollution d'origine tellurique*, c'est-à-dire, provenant des déchets industriels, des égouts municipaux et des pesticides et engrais agricoles. Les représentants des pays concernés doivent se réunir au printemps prochain à Athènes pour signer ce traité qui comporte dans ses annexes techniques deux listes de substances toxiques :

- une « liste noire » de substances, qui en raison de leur toxicité, persistance et bioaccumulation, ne doivent en aucun cas être déversées dans la Méditerranée ;

- une « liste grise » qui comprend des substances moins nocives ou rendues plus facilement inoffensives par processus naturel et dont le déversement en Méditerranée pourra être autorisé.

Les signataires du traité devront aussi s'engager à échanger des informations concernant les autorisations accordées, les résultats de surveillance continue de la pollution et les quantités de polluants déversés à partir de leur territoire.

### Pour limiter les dangers de l'amiante

Se rangeant à l'avis du Comité économique et social des Communautés Européennes, la Commission vient de présenter une proposition tendant à limiter sérieusement l'usage de l'amiante dans tous les pays de la Communauté.

Ces restrictions, cependant, seraient sélectives. Toutes les fibres d'amiante ne sont en effet pas également dangereuses et si certaines, comme l'amiante bleu ou crocidolite, sont particulièrement nocives, d'autres par contre sont relativement inoffensives. Les propositions de la Commission visent donc à décourager l'usage des premières au bénéfice des secondes.

La plus grande partie de l'amiante utilisée dans la Communauté européenne est importée de pays tiers. Parmi les Neuf, en effet, seule l'Italie est productrice de ce minéral.

Les propositions de la Commission tendant à réglementer son utilisation devront maintenant être approuvées par le Conseil des ministres européens.

# BRODIE® PURIFIER

Le cristalliseur  
fractionné continu  
à contre-courant.

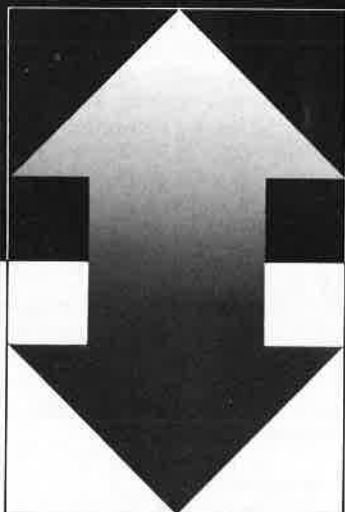


C'est un procédé unique caractérisé par:

**Pureté finale 99.9+ %**

Comme dans la distillation fractionnée un échange est réalisé entre deux phases circulant à contre-courant. On opère avec des phases liquide et solide dans le Brodie Purifier, et avec des phases liquide et vapeur dans la distillation. Il en résulte une pureté finale supérieure à

**99.9+ %**



**STORK-VELSEN**  
Purification & Crystallization Group

P.O. Box 55  
1950 AB Velsen Noord  
Holland  
Telephone 02510-29090  
Telex 35287

## Domaine d'application

Des installations industrielles et des usines pilotes ont montré que le Brodie Purifier convient à la purification d'un grand nombre de produits, comme:

Acetic Acid	Paraxylene
Benzene	Adipic acid
Biphenyl	Anthracene
Bisphenol A	Benzene hexachloride
Caprolactam	Cresols
DMT	Diamino benzene
Chloroacetic Acid	Dichloroaniline
Naphthalene	Dichlorophenol
Nitro chloro benzene	Fatty acids
Nitro toluenes	MDI
Phthalic anhydride	Naphtol
Chloro benzene	TDI

Des renseignements complets vous seront volontiers fournis par Stork-Velsen.

## Une économie des coûts opératoires pouvant atteindre 95%

Les besoins en énergie peuvent être réduits à 5% de l'énergie nécessaire pour une distillation équivalente. Cela est dû au fait que la chaleur latente de cristallisation est très inférieure à la chaleur latente d'évaporation, et au fait que le taux de reflux est très inférieur à celui de la distillation. Taux de reflux du Brodie Purifier 0.5 à 1.

## 330 jours de services ininterrompus par an

Des installations industrielles en Europe, au Japon et en Australie ont prouvé, ces cinq dernières années, la très grande fiabilité du Brodie Purifier.

## Moins de personnel et peu de frais d'entretien

Il suffit d'une personne par équipe consacrant 50% de son temps pour assurer le contrôle et la conduite du procédé. Quant à l'entretien il a été réduit au minimum. Un seul arrêt de production par an est suffisant pour le contrôle de la production.

Notre représentation en France:

Stork Inter France  
2 Passage de la Gare  
92420-Vaucresson  
Tel.: 1/7020590  
Tlx.: 203020

# BRODIE® PURIFIER



## Médailles du CNRS

### Médailles d'argent

Trois chimistes ont reçu la médaille d'argent du CNRS pour 1979.

**M. Louis Cot**, Maître de conférence à l'École Nationale Supérieure de Chimie de Montpellier, dirige une équipe de recherches au sein du Laboratoire des matériaux isolants ferroélectriques à l'université de Montpellier.

Menant tous ses travaux dans le domaine de la chimie du solide, M. Cot a montré une très grande maîtrise dans l'étude des problèmes liés aux matériaux, depuis l'élaboration des matériaux nouveaux, la détermination de leurs structures et de leurs propriétés physiques, jusqu'à la recherche de leurs applications. A cette occasion, il a développé dans son laboratoire des techniques de pointe, et a su allier les préoccupations les plus fondamentales à une recherche poussée des applications possibles des produits préparés.

Après avoir étudié les sels doubles de cations divalents et de cations alcalins à grand rayon, il s'est intéressé plus particulièrement aux dérivés fluorés et oxyfluorés, notamment aux composés fluorés du béryllium. Il a également étudié de nombreux composés oxyfluorés du phosphore V et montré que certains d'entre eux (les dérivés de  $\text{PO}_3\text{F}^{2-}$ ) avaient des propriétés remarquables pour la passivation des surfaces métalliques.

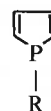
**M. Jean-Claude Promé**, ingénieur de l'École Nationale Supérieure de Chimie de Toulouse, est actuellement Maître de recherche et dirige un service de spectrométrie de masse au sein du Laboratoire de biochimie et génétique cellulaires du CNRS, à Toulouse. M. Promé a effectué des travaux particulièrement importants dans le domaine du métabolisme des acides à longues chaînes de mycobactéries, en relation avec les propriétés des « cords factors ». Il a ainsi analysé les intermédiaires métaboliques des acides mycoliques, en utilisant différentes techniques. La mise en évidence d'interaction intramoléculaires et l'isolement de certains  $\beta$ -céto esters l'ont amené à proposer de nouvelles hypothèses pour ces réactions métaboliques. Lors de la réalisation de ces travaux, M. Promé a été amené à mettre au point et à développer de nouvelles techniques de spectrométrie de masse qui constituent un apport original tout à fait remarquable : développement de l'analyse par cationisation en désorption de champ, utilisation de la désorption dans un plasma d'ionisation chimique, association avec l'activation collisionnelle, etc. Ces techniques se sont révélées particulièrement adaptées à l'analyse des molécules biologiques thermolabiles et de masse élevée ( $M \approx 1\ 200$ ), et leur potentiel d'application paraît extrêmement vaste comme en témoignent les nombreux services

que M. Promé est amené à rendre quotidiennement à des laboratoires extérieurs.

**M. François Mathey**, ancien élève de l'École Polytechnique, est chef de service à l'IRCHA. Depuis 1977, il dirige une équipe mixte CNRS-IRCHA, créée à Thiais.

M. Mathey a développé ses recherches fondamentales dans deux domaines :

- Chimie organique du phosphore, avec une évolution progressive en direction des métaux de transition. Dans ce cadre, il s'est principalement intéressé à la chimie de certains dérivés cycliques du phosphore, les phosphates de formule :



Il a mis au point une méthode simple et générale de préparation de ces composés, méthode actuellement systématiquement employée par tous les laboratoires travaillant dans ce domaine. Il a fourni la seule voie connue et simple d'accès aux phospholes  $\alpha$ -fonctionnels, proposé un nouveau mode d'extension de cycle de phospholes et étudié les phosphamétalloènes, nouvelle classe de complexes  $\pi$  aromatiques. Il a également eu l'idée originale d'utiliser les métaux de transition pour résoudre les problèmes liés à la chimie du phosphore.

- Méthodes d'introduction du fluor dans les molécules organiques. Dans ce domaine, il a notamment mis au point une nouvelle technique permettant d'effectuer des échanges d'halogènes dans des conditions très douces.

Outre ses travaux à caractère fondamental, M. Mathey a consacré une partie de ses recherches à la chimie industrielle (pesticides à base de COS, stockage d'hydrogène sous forme d'hydrure, polymères à base de carbonanes...).

Directeur d'un laboratoire IRCHA-CNRS, exemple unique actuellement d'une équipe mixte industrie-CNRS, M. Mathey a admirablement réussi à réunir et concilier recherche fondamentale et recherche appliquée, contribuant ainsi à leur enrichissement réciproque.

### Médailles de bronze.

- Section 09, « Structure et dynamiques moléculaires ».

**M<sup>me</sup> Monique Aubert-Frécon**, chargée de recherche au CNRS dans le Laboratoire de chimie - physique de l'INSA à Villeurbanne.

- Section 10, « Physico-chimie des interactions et des interfaces ».

**M. Claude Mirodatos**, attaché de recherche à l'Institut de recherches sur la catalyse du CNRS à Villeurbanne.

- Section 11, « Chimie et physico-chimie des matériaux solides ».

**M. Guy Dhalenne**, attaché de recherche au Laboratoire de chimie appliquée à l'université de Paris Sud.

- Section 17, « Synthèse organique et réactivité ».

**M<sup>me</sup> Françoise Delbecq**, chargée de recherche au Laboratoire de chimie organique I à l'université Claude-Bernard (Lyon).

- Section 18, « Chimie organique biologique et Chimie thérapeutique ».

**M. Alain Gouyette**, chargé de recherche au

Centre d'Études et de Recherches de Chimie Organique Appliquée à Thiais.

- Section 19, « Physico-chimie des polymères ».

**M. Jean-Pierre Jarry**, attaché de recherche au Laboratoire de physico-chimie des polymères, associé au CNRS, à l'École Supérieure de Physique et de Chimie de Paris.

---

## GIS « Cellulose-papier »

La balance commerciale française est actuellement largement déficitaire dans le secteur cellulose-papier, et ceci malgré une matière première abondante sur le sol national. Pour sortir de cette situation paradoxale, un important effort de recherche est indispensable afin de trouver de nouveaux produits et des technologies adaptées aux problèmes français.

C'est dans cet esprit qu'il y a trois ans, avait

été lancée l'A.T.P. « Papier » par une action commune DGRST, CNRS, Centre Technique du Papier (CTP).

L'ATP a déjà obtenu des résultats intéressants. Il a donc semblé nécessaire de structurer un certain nombre d'équipes concernées par les problèmes de cellulose ou de papier. C'est pourquoi l'action de l'ATP est prolongée

par la création d'un Groupement d'Intérêt Scientifique (GIS) entre le CTP et le CNRS. Le GIS assurera une meilleure continuité de l'effort et ainsi facilitera le transfert entre la recherche fondamentale et la recherche appliquée. Du côté CNRS, le Centre d'Études sur les Macromolécules Végétales de Grenoble fournira une contribution importante à ce programme.

---

## Rédition

Le CNRS vient de rééditer le tome « Chimie » de l'annuaire du CNRS.

- 460 pages,
- 200 formations de recherche,
- 830 mots clé,
- 960 chercheurs cités.

Il couvre les domaines suivants :

- structure et dynamique moléculaire, chimie de coordination ;

- physico-chimie des interactions et des interfaces ;
- chimie et physicochimie des matériaux solides ;
- synthèse organique et réactivité ;
- chimie organique biologique et chimie thérapeutique ;
- physico-chimie des polymères et des molécules biologiques.

En vente, au prix de 100 F, à la librairie du CNRS, 15, quai Anatole-France, 75700 Paris. Tél. : 555.92.25.

Référence ISBN 2.222.02559.1.

Remise de 10 % aux membres de l'Éducation Nationale et du CNRS.

Chacun des responsables de formation de recherche cité dans l'ouvrage recevra gratuitement un exemplaire.

FEDERATION

FRANCAISE

DE  
CHIMIE

## Information et documentation automatique

- « Trouver la bonne information au bon moment » alors que plus d'un million de documents scientifiques et techniques sont publiés, chaque année, à travers le monde ...

- C'est un problème bien connu des chercheurs, ingénieurs, industriels, spécialistes de toutes les disciplines, qui ont de plus en plus besoin d'informations rapides et exhaustives pour poursuivre leurs travaux.

- C'est le problème que s'efforce de résoudre le Centre de Documentation Scientifique et Technique (CDST) du CNRS en mettant à la disposition de chacun la documentation scientifique et technique dont il a besoin. Depuis 1971, le recours à l'informatique et la mise au point du système de documentation PASCAL ont permis au CDST d'automatiser et de développer sans cesse ses services bibliographiques afin d'améliorer et de diversifier les moyens d'accès à l'information mis à la disposition des utilisateurs.

## Pascaline : un accès instantané et permanent à l'information scientifique et technique.

Pascaline ou Pascal « on-line » est le dernier-né des services du CDST. Il offre la possibilité d'interroger directement « en ligne » un fichier documentaire à l'aide d'un simple téléphone associé à un terminal d'ordinateur. Au chercheur, au documentaliste qui pose une question bibliographique précise, Pascaline propose immédiatement en réponse, une sélection de « signalements », ou références bibliographiques de documents.

Ces différents éléments d'information permettent d'identifier et de localiser précisément un document recherché (auteur, titre de l'article, type de document). De plus, ils peuvent servir de critère de sélection lors du dialogue qui a lieu entre l'utilisateur et le fichier documentaire interrogé.

## Plusieurs millions de références bibliographiques accessibles en conversationnel

On peut interroger en service « on-line » la totalité du fichier Pascal qui, chaque année, s'accroît de 500 000 citations nouvelles et couvre tous les domaines des sciences et des techniques. Pour une meilleure gestion des données, la base de données Pascal est organisée en sous-fichiers à l'intérieur desquels sont réparties les différentes disciplines.

L'ancienneté du fichier permet d'effectuer des recherches rétrospectives remontant jusqu'à l'année 1973.

En 1979, la base Pascal est implantée dans son ensemble à Frascati, près de Rome, sur l'ordinateur serveur du Système de Réassise de l'Information de l'ASE (Agence Spatiale Européenne). On prévoit dans l'avenir d'implanter le fichier sur d'autres ordinateurs serveurs.

## Transfert de l'information : les réseaux

La mise en place d'un nouveau service « on-line » tel que Pascaline implique l'existence de réseaux de distribution des informations par l'intermédiaire desquels l'utilisateur passe, pour dialoguer avec un fichier automatisé situé en un lieu éloigné de lui-même.

Il existe actuellement plusieurs réseaux téléinformatiques de transmission des données qui permettent de se connecter au fichier Pascal à Frascati. Le réseau Esanet (European Space Agency Network) offre en Europe et au Maghreb de multiples points d'accès auxquels l'utilisateur peut se relier par simple appel téléphonique. En France, le réseau Cyclades permet de se connecter à Frascati via le réseau Esanet, à partir de nombreuses villes telles que : Rennes, Paris, Lyon, Grenoble... Il sera prochainement remplacé par un réseau public de transmission de données « Transpac » et raccordé au réseau Européen d'information « on-line » Euronet qui utilisera la même technologie que le réseau français (fig. 3). D'autres possibilités d'accès sont offertes en Europe via le réseau Tymnet.

# PASCAL et PASCALINE

## un moyen d'être mieux informé



NOM :  
ADRESSE :  
désire recevoir des renseignements  
sur PASCAL ET LA CHIMIE

CNRS. INFORMASCIENCE

26 RUE BOYER 75071 PARIS CEDEX 20 TEL 797 35 59

## Fédération Française de Chimie

# Présent et futur de la chimie

**Paris, 12 et 13 décembre 1979**

Les Sociétés de la Fédération Française de Chimie et le Centre Georges Pompidou organisent un Colloque soulignant l'actualité des sciences chimiques, leur importance dans la vie moderne et dans tous les domaines de l'activité humaine. Ce colloque se tiendra les 12 et 13 décembre 1979, à 14 heures, dans la Salle de conférences du Centre Georges Pompidou, 120, rue Saint-Martin, Paris (3<sup>e</sup>).

### Conférences annoncées

- *Chimie et énergie solaire*, par le Professeur J.-M. Lehn (Université Louis Pasteur, Strasbourg).
- *Cristaux liquides et télévision du futur*, par le Professeur P. de Gennes (Collège de France).
- *Ordre et désordre dans la matière*, par le Professeur R. Collongues (Université Pierre et Marie Curie, Paris).
- *Vie et dissymétrie moléculaire*, par le Professeur A. Horeau (Académie des Sciences, Collège de France).
- *Chimie et médecine*, par Sir Derek Barton, Prix Nobel de Chimie (Institut de Chimie des Substances Naturelles, Gif-sur-Yvette).

### Présentation de films sur les sciences et l'industrie chimique

Des invitations peuvent être adressées, dans la limite des places disponibles, sur demande formulée *avant le 15 novembre 1979*, au Secrétariat de la Fédération (Tél. : 555.69.46).

## Note de conjoncture sur l'évolution de l'industrie chimique au cours du premier semestre 1979

L'évolution de la production au premier semestre 1979 a été différente de celle du même semestre de 1978 et de 1977 : l'activité a été plus élevée au deuxième trimestre qu'au premier trimestre et la pointe de l'activité a été enregistrée en avril. La moyenne mensuelle de l'ensemble du semestre se situe à 7,1 % au-dessus de la moyenne du premier semestre 1978, mais on peut craindre que cela soit dû à un certain stockage.

Les résultats du commerce extérieur sont très satisfaisants, les exportations ayant de nouveau progressé, semestre sur semestre, davantage que les importations (respectivement + 25,5 % et + 19,6 %); on note avec intérêt que le taux de couverture avec la C.E.E. approche de 100. Enfin, les effectifs de l'industrie chimique ont baissé de 0,4 % au cours du premier semestre 1979.

### I. Production

L'évolution de la production a été très variable suivant les branches; considéré dans son ensemble, l'indice de l'industrie chimique fait apparaître une augmentation favorable de + 7,1 % par rapport au premier

semestre 1978 et de + 5,7 % par rapport au deuxième semestre 1978.

Si l'on compare ce même indice global à l'indice tous secteurs industriels (bâtiment exclu), on note que la production chimique croît depuis quelques mois à un rythme nettement supérieur à celui de la production industrielle (bâtiment exclu).

### Indice de production (C.V.S.)

(Base 100 en 1970)

1 <sup>er</sup> semestre 1979	Ensemble Industrie chimique	dont				Tous sect. ind. bât. exclu
		Minérale	Organique	Parachimie	Pharmacie	
Janvier .....	158.-	110,9	182,3	141.-	180,9	129,4
Février .....	152,5	106,2	168,6	144,9	178,6	130,1
Mars .....	157,2	115,9	177,9	139,8	181,1	131,8
Avril .....	167,8	126.-	199,5	142.-	181,9	129,5
Mai .....	165,8	116,4	190,5	150,4	188,4	132,3
Juin .....	163,3	117,9	186,9	142.-	191.-	131,5
Moyenne mensuelle .....	160,8	115,5	184,3	143,3	183,6	130,8
% $\frac{1^{\text{er}} \text{ sem. } 1979}{1^{\text{er}} \text{ sem. } 1978}$ C.V.S. ....	+ 7,1	- 0,4	+ 10,6	+ 9,4	+ 3,8	+ 2,7
% $\frac{1^{\text{er}} \text{ sem. } 1979}{2^{\text{e}} \text{ sem. } 1978}$ C.V.S. ....	+ 5,7	+ 3,4	+ 10,6	+ 5,0	- 0,6	+ 1,5

On peut noter que c'est surtout le deuxième trimestre 1979 qui a connu une activité assez élevée.

Ce sont la chimie organique et la parachimie qui ont été les éléments moteurs de la chimie tandis qu'on note une régression de - 0,4 du

premier semestre 1979 sur le premier semestre 1978 pour la chimie minérale. L'indice pharmacie fait apparaître une progression moyenne de + 3,8 par rapport au premier semestre 1978, mais est en légère régression par rapport au haut niveau atteint au deuxième semestre 1978.



## Principales productions minérales du 1<sup>er</sup> semestre 1979

	Milliers de tonnes	% 1979 / 1978
Acide sulfurique .....	2 424	+ 0,3
Acide chlorhydrique .....	365	+ 4,-
Engrais phosphatés (estimation en P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	615	- 1,-
Ammoniac (statistique non disponible)		
Engrais azotés (statistique non disponible)		
Engrais composés .....	3 667	+ 1,-
Soufre de Lacq .....	962	+ 1,3
Carbonate de soude .....	788	+ 18,1
Chlore gazeux .....	660	+ 1,2
Soude caustique .....	726	+ 4,5
Silicate de soude vitreux .....	66	+ 6,4
Oxyde de zinc .....	24	- 4,-
Oxygène .....	89	- 1,1

## Principales productions organiques du 1<sup>er</sup> semestre 1979

	Milliers de tonnes	% 1979 / 1978
Méthanol .....	170	- 6,6
Éthylène .....		+ 9,7
Propylène .....		- 1,9
Butadiène .....		- 0,7
Benzène .....		+ 27,-
Acétone .....	69	+ 9,5
PVC .....	406	+ 20,1
Polystyrène (standard et choc) .....	142	+ 15,4
Polyéthylène BD .....	443	+ 17,5
Polyéthylène HD .....	139	+ 12,1
Polypropylène .....	101	+ 38,4
Caoutchoucs synthétiques .....	286	+ 11,7
Colorants organiques .....	17	+ 14,7

## II. Commerce extérieur, 1<sup>er</sup> semestre 1979

Les échanges de produits chimiques de la France auront dégagé, au premier semestre

1979, un solde positif de 4 978 millions de francs, en augmentation de 32,2 % par rapport au deuxième semestre 1978 et de 54,1 % par rapport au premier semestre 1978. Le taux de couverture s'est nettement amélioré

puisqu'il est passé de 120,7 au premier semestre 1978, à 126 au deuxième semestre 1978 et à 126,6 au premier semestre 1979. Les exportations ont plus augmenté que les importations si l'on compare le premier semestre 1979 au même semestre de l'année précédente, en revanche exportations et importations ont sensiblement varié de la même manière si l'on considère le deuxième semestre 1978 (respectivement + 29,8 % et + 29,2 %).

### Commerce extérieur (en millions de F)

	C.E.E.	Autres pays	Total
Exportations .....	12 931	10 731	23 662
Importations .....	13 411	5 273	18 684
Balance .....	- 480	+ 5 458	+ 4 978
Taux de couverture .....	96,4	203,5	126,6
Évolution 1 <sup>er</sup> sem. 1979/1 <sup>er</sup> sem. 1978 :			
Exportations .....	+ 34,- %	+ 16,6 %	+ 25,5 %
Importations .....	+ 19,9 %	+ 18,8 %	+ 19,6
Évolution 1 <sup>er</sup> sem. 1979/2 <sup>e</sup> sem. 1978 :			
Exportations .....	+ 35,2 %	+ 23,9 %	+ 29,8 %
Importations .....	+ 29,5 %	+ 28,4 %	+ 29,2 %

Si l'on examine les chiffres du commerce extérieur avec la C.E.E., on s'aperçoit que le taux de couverture s'améliore progressivement puisqu'il passe de 86,3 au premier semestre 1978, à 92,3 au deuxième semestre 1978, pour atteindre 96,4 au premier semestre 1979, la balance n'étant plus déficitaire que de 480 millions de francs contre 1 529 millions au premier semestre 1978.

Les échanges des principaux groupes de produits ont atteint les montants suivants :

	Exportations		Importations		Couverture
	Millions de F	% 1 <sup>er</sup> sem. 1979 / 1 <sup>er</sup> sem. 1978	Millions de F	% 1 <sup>er</sup> sem. 1979 / 1 <sup>er</sup> sem. 1978	
Produits minéraux .....	1 622	+ 20,-	1 164	+ 17,7	139,3
Produits organiques .....	6 189	+ 26,-	6 240	+ 23,1	99,2
Produits pharmaceutiques .....	1 999	+ 17,5	266	+ 16,7	751,5
Engrais .....	394	- 0,2	1 137	+ 10,3	34,6
Matières colorantes .....	470	+ 15,5	468	+ 18,2	100,4
Peintures, vernis, encres .....	412	+ 16,-	458	+ 12,-	89,9
Huiles essentielles et parfumerie .....	2 475	+ 17,6	525	+ 4,-	471,4
Produits photographiques .....	827	+ 22,9	934	+ 13,6	88,5
Produits phytosanitaires .....	1 014	+ 32,-	730	+ 33,-	138,9
Matières plastiques .....	3 539	+ 40,7	3 055	+ 21,7	115,8
Caoutchoucs synthétiques .....	1 021	+ 30,1	475	+ 26,7	214,9

On constate que seuls les engrais voient leurs exportations diminuer et qu'en revanche le pourcentage d'augmentation des matières plastiques atteint 40,7 % et celui des produits phytosanitaires + 32 %. Les caoutchoucs synthétiques sont à la fois très exportateurs (+ 30,1 %) et très importateurs (+ 26,7 %), le taux de couverture restant très fortement favorable à 214,9.

Il faut rappeler que les hausses de prix, au cours du premier semestre 1979, ont contribué pour une part importante à l'augmentation en valeur des importations et des exportations. En tonnage, l'évolution est la suivante pour trois catégories de produits (voir tableau ci-contre).

On note que 4 groupes de produits seulement ont une couverture négative au premier semestre 1979 : les produits organiques (99,2 %), les peintures vernis, encres (89,9 %), les produits photographiques (88,5 %) et les engrais (34,6 %) ; mais, à part ces derniers, les taux de couverture cités ci-dessus sont en voie d'amélioration. Le meilleur taux de couverture est comme d'habitude celui des produits pharmaceutiques, bien qu'en légère baisse par rapport au second semestre 1978 (751,5 contre 773,9). Les huiles essentielles et la parfumerie sont également très bien placées dans les échanges extérieurs (471,4).

Les 20 principaux pays clients ont été les suivants : (voir tableau ci-contre).

L'Allemagne et l'Italie sont toujours nos principaux clients avec de forts taux d'accroissement des exportations vers ces pays. Le Royaume-Uni se place, au premier semestre 1979, au 3<sup>e</sup> rang avant l'U.E.B.L. : en effet, les exportations vers le Royaume-Uni ont augmenté de 45,4 % par rapport au premier semestre 1978 et de 42,1 % par rapport au deuxième semestre 1978. Le Japon gagne aussi une place et vient désormais au 9<sup>e</sup> rang. Le plus fort pourcentage d'augmentation d'exportations françaises est celui vers l'Irlande (respectivement + 90,7 % et + 97,8 %).

On relève une notable augmentation des exportations de produits phytosanitaires vers la C.E.E. au cours du premier semestre 1979 par rapport au deuxième semestre 1978 (+ 68,5 %) ainsi que des matières plastiques (+ 46,1 %). Les exportations de matières plastiques du premier semestre 1979 par rapport au même semestre de 1978 ont augmenté de 76,7 % vers le Royaume-Uni, de 73,2 % vers l'Italie, de 53,5 % vers les Pays-Bas et de 50,3 % vers la R.F.A. Pour les produits phytosanitaires, c'est une augmentation de 160,8 % vers le Royaume-Uni qui est à noter, de 81,3 % vers l'U.E.B.L. et de 58,9 % vers l'Italie. En ce qui concerne les produits chimiques organiques, la situation est très différente suivant les pays puisque, si on remarque une augmentation de 50,9 % vers l'Italie et de 41,5 % vers le Royaume-Uni, en revanche c'est une diminution de - 3,6 % qui est enregistrée vers les États-Unis. Enfin, les caoutchoucs synthétiques ont été très bien exportés vers l'Italie (+ 44 %) et l'Espagne (+ 42,2 %).

	Exportations	Importations
Produits organiques .....	+ 18,5 %	+ 11,4 %
Matières plastiques .....	+ 19,7 %	+ 5, - %
Caoutchoucs synthétiques .....	+ 21,2 %	+ 14,8 %

### Taux de couverture

Produits	1 <sup>er</sup> sem. 1979	2 <sup>e</sup> sem. 1978	1 <sup>er</sup> sem. 1978
Produits minéraux .....	139,3	148,4	136,6
Produits organiques .....	99,2	99,1	96,9
Produits pharmaceutiques .....	751,5	773,9	746,-
Engrais .....	34,6	37,5	38,3
Matières colorantes .....	100,4	100,8	103,-
Peintures, vernis, encres .....	89,9	89,9	86,6
Huiles essentielles et parfumerie .....	471,4	479,7	416,8
Produits photographiques .....	88,5	81,9	81,9
Produits phytosanitaires .....	138,9	76,7	139,9
Matières plastiques .....	115,8	115,3	100,2
Caoutchoucs synthétiques .....	214,9	242,5	209,3

(en milliers de francs)

Pays de destination	1 <sup>er</sup> sem. 1979	1 <sup>er</sup> sem. 1978	Variation % $\frac{1^{\text{er}} \text{ sem. } 1979}{1^{\text{er}} \text{ sem. } 1978}$	2 <sup>e</sup> sem. 1978	Variation % $\frac{1^{\text{er}} \text{ sem. } 1979}{2^{\text{e}} \text{ sem. } 1978}$
R.F.A. ....	4 355 569	3 412 876	+ 27,6	3 361 349	+ 29,6
Italie .....	2 874 088	2 026 031	+ 41,9	2 044 673	+ 40,6
Royaume-Uni ....	1 984 564	1 364 563	+ 45,4	1 396 671	+ 42,1
U.E.B.L. ....	1 896 141	1 562 886	+ 21,3	1 487 455	+ 27,5
Pays-Bas .....	1 486 050	1 062 778	+ 39,8	1 046 438	+ 42,-
Suisse .....	1 200 466	982 534	+ 22,2	945 015	+ 27,-
États-Unis .....	848 093	848 956	- 0,1	706 981	+ 20,-
Espagne .....	836 731	647 407	+ 29,2	558 659	+ 49,8
Japon .....	373 721	297 529	+ 25,6	315 535	+ 18,4
Algérie .....	292 696	338 504	- 13,5	357 326	- 18,1
U.R.S.S. ....	283 964	223 089	+ 27,3	195 884	+ 45,-
Suède .....	263 700	199 708	+ 32,-	190 064	+ 38,7
Grèce .....	255 328	200 763	+ 27,2	195 094	+ 30,9
Maroc .....	248 180	227 757	+ 9,-	160 726	+ 54,4
Danemark .....	233 777	171 729	+ 36,1	168 510	+ 38,7
Brazil .....	215 410	185 931	+ 15,9	220 402	- 2,3
Pologne .....	202 025	212 288	- 4,8	192 927	+ 4,7
Canada .....	124 302	125 444	- 0,9	104 279	+ 19,2
Irlande .....	104 356	54 722	+ 90,7	52 762	+ 97,8
R.D.A. ....	90 303	72 487	+ 24,6	73 147	+ 23,5

Au premier semestre 1979, après l'Allemagne, toujours notre principal partenaire, les Pays-Bas sont passés au second rang de nos pays fournisseurs ; l'Espagne augmentant toujours ses importations (+ 66,5 % par rapport au premier semestre 1978) passe au 8<sup>e</sup> rang. Il est à noter le bond effectué par l'Irlande qui au classement annuel ne figurait pas dans les treize pays classés et se trouve aujourd'hui au 10<sup>e</sup> rang avec une augmentation de + 126,1 % de ses importations vers la France (1<sup>er</sup> semestre 1979/1<sup>er</sup> semestre 1978).

L'évolution, par rapport au premier semestre 1978, des importations de certains produits a

été notable : c'est ainsi qu'on relève une augmentation de + 152,2 % des importations de produits chimiques organiques depuis l'Irlande et de + 39,6 % depuis l'Espagne. Pour les produits phytosanitaires, le taux le plus marquant est celui de la R.F.A. (+ 40,1 %). En ce qui concerne les matières plastiques, la France a accru de + 89,4 % ses importations en provenance de Suède. Pour les caoutchoucs synthétiques, nos importations des États-Unis ont augmenté de + 63,9 %. Enfin, le tonnage importé d'engrais azotés, en provenance des États-Unis, n'était que de 1 tonne au premier semestre 1978 et a été de 86 432 tonnes au deuxième semestre 1979.

Les 15 principaux pays fournisseurs ont été les suivants :

(en milliers de francs)

Pays d'origine	1 <sup>er</sup> sem. 1979	1 <sup>er</sup> sem. 1978	Variation 1 <sup>er</sup> sem. 1979 % 1 <sup>er</sup> sem. 1978	2 <sup>e</sup> sem. 1978	Variation 1 <sup>er</sup> sem. 1979 % 2 <sup>e</sup> sem. 1978
R.F.A. ....	5 017 183	4 184 160	+ 19,9	3 868 929	+ 29,7
Pays-Bas ....	2 653 676	2 116 977	+ 25,4	1 973 792	+ 34,5
U.E.B.L. ....	2 610 721	2 261 440	+ 15,4	2 122 691	+ 23,-
États-Unis ....	2 117 387	1 745 001	+ 21,3	1 532 286	+ 38,2
Royaume-Uni ....	1 638 404	1 347 329	+ 21,6	1 238 738	+ 32,3
Suisse ....	1 191 908	1 095 395	+ 8,8	1 059 298	+ 12,5
Italie ....	1 132 850	1 071 474	+ 5,7	879 017	+ 28,9
Espagne ....	312 689	187 785	+ 66,5	202 785	+ 54,2
Japon ....	299 734	258 533	+ 15,9	269 362	+ 11,3
Irlande ....	252 543	111 681	+ 126,1	169 850	+ 48,7
Suède ....	145 077	104 011	+ 39,5	93 933	+ 54,5
Danemark ....	104 828	94 789	+ 10,6	92 845	+ 12,9
Canada ....	90 309	74 468	+ 21,3	63 070	+ 43,2
U.R.S.S. ....	51 957	60 884	- 14,7	34 685	+ 49,8
R.D.A. ....	50 017	43 487	+ 15,-	45 499	+ 9,9

### III. Emploi

Selon les informations provenant de l'enquête trimestrielle du Ministère du Travail et de la Participation, les effectifs des industries chimiques ont baissé de 0,4 % au cours du premier semestre 1979, baisse qui s'ajoute à celle très importante de 1,1 % qui avait été constatée au titre du deuxième semestre 1978.

La durée hebdomadaire du travail reste toujours stabilisée à 40,1 heures.

Les salaires des ouvriers dans la chimie ont augmenté selon les statistiques du Ministère du Travail et de la Participation de 3,6 % au cours du deuxième trimestre 1979. Entre le 1<sup>er</sup> juillet 1978 et le 1<sup>er</sup> juillet 1979 ils auraient augmenté de 14,3 %. Cette augmentation tient compte de l'effet sur les salaires

## Prise de position du CEFIC sur la directive CEE concernant les risques d'accidents

Le CEFIC (Conseil Européen des Fédérations de l'Industrie Chimique) vient de publier l'avis de l'industrie chimique européenne sur le projet de « Directive sur les risques d'accidents majeurs ».

Cette directive de la Commission vise à prévenir les accidents résultant d'activités industrielles par un contrôle accru.

La prévention d'accidents constitue un souci majeur de l'industrie chimique. Celle-ci a réussi à améliorer sensiblement la sécurité de ses installations au fil du temps et acquis une expérience considérable dans ce domaine. C'est pourquoi la chimie a été associée dès le départ aux travaux de la Commission. Cette coopération a eu pour résultat que dans la

proposition de directive transmise au Conseil le 16 juillet dernier, il a été tenu compte de nombreuses recommandations du CEFIC.

Néanmoins, dans sa prise de position du 19 septembre 1979, le CEFIC tient à mettre une nouvelle fois l'accent sur les conséquences possibles de cette directive sur la compétitivité et la croissance future de la chimie européenne.

L'industrie chimique européenne est plus particulièrement préoccupée par les points suivants :

- L'étendue de la directive.

Le CEFIC estime que le succès dépendra largement de la concentration des ressources

réels de l'application de l'accord du 10 août 1978 sur les classifications.

### IV. Perspectives

Les perspectives économiques se sont orientées sensiblement en baisse depuis quelques mois, aussi bien en ce qui concerne l'environnement international (la dernière prévision de l'O.C.D.E. de juillet 1979 ramène de + 2,75 % à + 2 % la croissance du PNB pour les pays industrialisés) qu'en ce qui concerne la France : le Gouvernement ne prévoit plus qu'une croissance de 2,5 % pour 1980 (chiffre qui est considéré encore comme optimiste).

Il apparaît notamment que la hausse des prix du pétrole n'a pas encore fait sentir tous ses effets sur les économies des pays importateurs et devrait peser de façon plus nette sur l'activité des mois à venir.

Pour la France, plus particulièrement, on enregistre dès à présent un ralentissement de la consommation sous l'effet, aussi bien de la hausse des prix, que de l'alourdissement des cotisations sociales.

Quant à la chimie, on doit être conscient qu'un certain stockage (s'ajoutant à un bon dynamisme des exportations) a contribué à la bonne activité des derniers mois ; la production des prochains mois pourrait donc s'en trouver affectée ; compte tenu de l'avance prise au premier semestre, le résultat, pour l'ensemble de l'année 1979, devrait néanmoins être satisfaisant en terme de croissance (de l'ordre de + 3 à + 4 % pour la chimie).

disponibles là où elles seront le plus efficaces, c'est-à-dire sur les risques majeurs ;

- Les aspects administratifs de la directive. Des formalités administratives trop compliquées risquent de dilapider les moyens mis en œuvre et de remettre en question la réussite de la nouvelle réglementation ;

- La confidentialité.

Comme pour la Sixième Modification de la directive de 1967 sur la classification, l'emballage et l'étiquetage des substances, toute menace envers le caractère confidentiel de données appartenant à la recherche industrielle, mettrait en danger le pouvoir innovateur de l'industrie et, par conséquent, son existence même.

## Cycles de perfectionnement pour techniciens (Fin 1979)

- **Spectrométrie infrarouge et autres techniques moléculaires**

Ce stage, initialement prévu du 19 au 30 novembre 1979, est reporté ; il aura lieu du 7 au 19 janvier 1980.

- **Spectrométrie de masse**

Ce stage, initialement prévu du 26 au 30 no-

vembre 1979, est reporté ; il aura lieu du 21 au 25 janvier 1980.

- **Spectrofluorimétrie**

Ce stage aura lieu comme prévu du 3 au 7 décembre 1979. Quelques places sont encore disponibles.

## Cycles de perfectionnement pour techniciens (Calendrier 1980)

- **Spectrophotométrie d'absorption atomique**  
1. Stage « Généralités » (niveau 1)

1 semaine de cours et travaux pratiques. Le stage initialement prévu du 14 au 18 janvier 1980, est reporté du 28 janvier au 1<sup>er</sup> février 1980 et du 10 au 14 mars 1980.

- 2. Stage « Perfectionnement » (niveau 2)

1 semaine de cours et travaux pratiques du 21 au 25 avril 1980.

- **Spectrographie d'émission**

2 semaines de cours et travaux pratiques du 13 au 24 octobre 1980.

- **Spectrométrie de rayons X**

1 semaine de cours et travaux pratiques du 2 au 6 juin 1980.

- **Chromatographie en phase gazeuse**

- 1. Stage « Initiation » (niveau 1)

1 semaine de cours et travaux pratiques du 11 au 16 février 1980, à Paris, du 14 au

18 avril 1980 et du 8 au 12 septembre 1980, à Lyon.

- 2. Stage « Perfectionnement » (niveau 2)

1 semaine de cours et travaux pratiques du 8 au 11 avril 1980, à Paris.

- **Spectrométrie infrarouge et autres techniques moléculaires**

2 semaines de cours et travaux pratiques du 7 au 19 janvier 1980.

- **Spectrométrie de masse**

1 semaine de cours et travaux pratiques du 21 au 25 janvier 1980.

Pour tous ces stages, il est donné suite aux demandes dans leur ordre d'arrivée. Il est recommandé de s'inscrire longtemps à l'avance.

Pour tous renseignements : Secrétariat du G.A.M.S., 88, boulevard Malesherbes, 75008 Paris. Tél. : 563.93.04.

**90 Communiqués**

Division Chimie analytique et chimie des solutions :  
Journées d'étude sur les sels fondus de 1980.  
Création d'un nouveau Groupe d'étude.  
Structure de la Division.

**91 Nouveaux Membres**

**91 Nécrologie**

D'énormes retards dans l'acheminement du courrier ayant été constatés par nos lecteurs de certaines régions de France, la date limite du renvoi du questionnaire de l'annuaire 1980 est reportée au *30 novembre 1979*.  
Que les retardataires en profitent !

Au cours du premier trimestre 1980 paraîtra...

un livre indispensable à tous les chimistes

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

*Adaptation française du « Compendium of analytical nomenclature »*

*(règles définitives 1977)*

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

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

# Communiqués

## Division Chimie analytique et chimie des solutions

### Journées d'étude sur les sels fondus

Les Journées d'étude sur les sels fondus auront lieu les 4, 5 et 6 juin 1980, près de Grenoble, à la Motte-d'Aveillans (38770). Le patronage scientifique de cette réunion est assuré conjointement par la Société Chimique de France (Division Chimie analytique) et par la Société Chimique de Belgique.

Organisateurs : Mme M. J. Barbier et collaborateurs ; J.S.F. Electrochimie, Domaine Universitaire, 38401 Saint-Martin d'Hères. Tél. : (76) 54.41.27.

### Un nouveau Groupe d'étude : « Analyse et caractérisation des solides et de leurs surfaces »

La Division, constatant l'accroissement spectaculaire des équipements d'analyse et de caractérisation des solides et spécialement de leurs surfaces et la grande diversité des équipes concernées, souhaite

faciliter à la fois l'information d'ordre technique, scientifique et pédagogique sur ces problèmes et aussi les prises de conscience d'intérêts convergents entre laboratoires de recherche fondamentale ou appliquée d'horizons très divers, que la nature des problèmes abordés, le contenu même du mot caractérisation ont peut-être jusqu'ici maintenus trop éloignés.

La Division désire établir une ouverture et développer un contact avec non seulement tous ses membres intéressés, mais aussi avec ceux dont la formation n'est pas fondamentalement celle du chimiste, mais dont les préoccupations sont voisines et les compétences complémentaires.

Un appel, le plus large possible, est lancé à toutes les personnes concernées, qui voudront bien envoyer leur nom et adresse ainsi que leur domaine principal d'activité à Jean Tousset, U.E.R. de Chimie-Biochimie, Institut de Physique Nucléaire, 43, boulevard du 11 Novembre 1918, 69622 Villeurbanne. Tél. : (78) 89.81.24, poste 3719. Tout commentaire associé sera particulièrement apprécié. Ces réponses permettront à la Division de définir la meilleure forme d'action.

## Structure de la Division

### Président :

Jean-Claude Merlin,  
Laboratoire de chimie analytique I, Université de Lyon I, 43, boulevard du 11 Novembre 1918, 69622 Villeurbanne.  
Tél. : (78) 89.81.24, poste 35.28.

### Secrétaires :

Jacques Devynck,  
Laboratoire de chimie analytique, I.N.S.T.N., B. P. n° 6, 91190 Gif-sur-Yvette. Tél. : (1) 941.80.00, poste 54.56,  
et René Faure,  
Laboratoire de chimie analytique II, Université de Lyon I, 43, boulevard du 11 Novembre 1918, 69622 Villeurbanne.  
Tél. : (78) 89.81.24, poste 35.27.

### Animateurs

#### ● Analyse des réactions en solution

Mme M. Bréant,  
Laboratoire de chimie analytique III, Université de Lyon I, 43, boulevard du 11 Novembre 1918, 69622 Villeurbanne.  
Tél. : (78) 89.81.24, poste 33.68,  
et P. Letellier,  
Laboratoire de physico-chimie des solutions, E.N.S.C.P., 11, rue Pierre et Marie Curie, 75231 Paris Cedex 05. Tél. : (1) 336.25.25, poste 38.31.

#### ● Mesures électroanalytiques

O. Vittori,  
Laboratoire de chimie analytique III, Université de Lyon I, 43, boulevard du 11 Novembre 1918, 69622 Villeurbanne.  
Tél. : (78) 89.81.24, poste 35.98,  
et C. Andrieux,  
Laboratoire d'électrochimie (M. Savéant, Professeur), 4, place Jus-sieu, 75230 Paris Cedex 05. Tél. : (1) 336.25.25, poste 55.82.

#### ● Radiochimie analytique

P. Albert,  
Service du Cyclotron, C.N.R.S., Rue de la Férellerie, 45045 Orléans-La Source. Tél. : (38) 63.19.09,  
et J. Laverlochère,  
Département des radioéléments, Centre d'Études Nucléaires de Grenoble, 85 X, 38041 Grenoble Cedex. Tél. : (76) 97.41.11, poste 31.15.

#### ● Chromatographie en phase liquide

M. Caude,  
Laboratoire de chimie analytique, E.S.P.C.I., 75231 Paris Cedex 05.  
Tél. : (1) 535.00.04.,  
C. Guillemin,  
Rhône-Poulenc, Centre de recherches, 12, rue des Gardinoux, 93308 Aubervilliers. Tél. : (1) 834.93.96,  
et P. Arpino,  
École Polytechnique, Laboratoire de chimie analytique physique, Route de Saclay, 91128 Palaiseau Cedex. Tél. : (1) 941.82.00, poste 27.09.

#### ● Chimie analytique organique et pharmaceutique

M. Guernet,  
Faculté de Pharmacie, Chimie analytique, 92290 Châtenay-Malabry. Tél. : (1) 660.06.11 et 660.45.18, poste 469.

#### ● Groupe de thermodynamique expérimentale et des solutions

P. Cléchet,  
École Centrale de Lyon, B.P. n° 17, 69130 Écully. Tél. : (78) 33.27.00,  
et M. Tachoire,  
Laboratoire de thermochimie, Université de Provence, 3, place Victor Hugo, 13331 Marseille Cedex 03. Tél. : (91) 95.90.71, poste 391.

#### ● Analyse et caractérisation des solides et de leurs surfaces

Les animateurs de ce groupe seront précisés ultérieurement.



## Nouveaux Membres

Sont nommés Membres de la Société Chimique de France :

MM. Calleri Claude, étudiant,  
Chaudhari Popat N.,  
David François, maître de recherche au CNRS,  
Gillard Frédéric, étudiant,  
Girault Jean-Pierre, maître assistant,  
Guérin Philippe, docteur ès sciences,  
Hiberty Philippe, attaché de recherches,

Lemordant Daniel, assistant,  
Mlle Maaref Sayda, étudiante,  
MM. Mesnil Claude, professeur agrégé sciences physiques,  
Minot Christian, assistant,  
Mme Montagu-Bourin Monique, assistant,  
MM. Qureshi Saidul Z.,  
Shafiqul Alam Abdu M., chercheur,  
Teribat Jean-Pierre, chimiste,  
Villemin Bernard, ingénieur,

---

## Nécrologie

• Léo Marion, ancien Doyen de la Faculté des Sciences d'Ottawa (Canada). Membre d'honneur de la Société Chimique de France, décédé le 16 juillet 1979.

• P. E. Verkade, de l'Académie Royale Néerlandaise, décédé le 17 septembre 1979.

---

93 Prix de Chimie analytique 1979.

93 Branche belge de la Société de Chimie Industrielle : XX<sup>e</sup> Cycle de perfectionnement en génie chimique sur le génie chimique dans les opérations biologiques, 26-28 novembre 1979, Bruxelles.

93 Sommaire de la revue *Analisis*.

- 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 (A : épuisé, B : en voie d'épuisement).

- Recueil des conférences:

**Colloque sur l'analyse des gaz en continu et progrès des capteurs,**

19-21 avril 1978, Saint-Étienne.

Prix du recueil : 100 F, en voie d'épuisement.

- Recueil des conférences (vol. 1 : sections 1, 2 et 3; vol. 2 : sections 4 et 5):

**5<sup>e</sup> Conférence européenne des plastiques et des caoutchoucs,**

12-15 juin 1978, Paris.

Prix de chaque volume : 150 F.

- Recueil des communications:

**Colloque « Apport de l'informatique à l'analyse industrielle pour le contrôle et la conduite des procédés,**

18-19 septembre 1979, Villeurbanne.

Prix du recueil : 200 F.

- Recueil des communications :

**Journées sur la technologie des lits fluidisés et dispersés, applications industrielles,**

22-23 octobre 1979, Compiègne.

Prix du recueil : 250 F.

S'adresser à la Société de Chimie Industrielle,  
28, rue Saint-Dominique,  
75007 Paris.

Tél. : 555.69.46.

## Prix de Chimie analytique

Le jury du Groupe « Chimie analytique » a décerné le Prix de Chimie analytique 1979 à M. P. Hocquelet (Institut de recherche sur l'alimentation humaine et animale, Laboratoire municipal de Bordeaux), pour le mémoire intitulé « *Application de l'atomisation électrothermique à la détermination de As, Sb, Se et Hg par spectrométrie d'absorption atomique* ».

La Société de Chimie Industrielle a profité du Colloque « Apport de l'informatique à l'analyse industrielle pour le contrôle et la conduite des procédés », organisé par sa Section Centre-Est et ses Groupes

« Chimie analytique » et « Informatique et automatisation en génie chimique », qui s'est tenu les 18 et 19 septembre 1979, à Lyon-Villeurbanne, pour remettre son prix annuel.

La Municipalité lyonnaise et la Communauté urbaine avaient bien voulu recevoir les congressistes dans les salons historiques de l'Hôtel de Ville de Lyon. C'est dans ce cadre prestigieux que le prix a été remis à M. Hocquelet, en présence de M. Flory, Maire adjoint, qui a souligné l'importance des travaux faits par le Laboratoire municipal de Bordeaux dans le domaine de la chimie analytique.

---

## Branche belge de la Société de Chimie Industrielle

### XX<sup>e</sup> Cycle de perfectionnement en génie chimique : « Le génie chimique dans les opérations biologiques »

26-28 novembre 1979, Bruxelles

Le prochain cycle de perfectionnement en génie chimique de la Branche belge de la Société de Chimie Industrielle aura lieu, dans les locaux de la Maison des Industries Chimiques (49, square Marie-Louise, 1040 Bruxelles), les lundi 26, mardi 27 et mercredi 28 novembre 1979.

Ce cycle sera consacré au « Génie chimique dans les opérations biologiques ».

#### Programme provisoire :

*Introduction générale*, par C. A. Masschelein (Chargé de cours à l'Institut des Industries de Fermentation, CERIA, Bruxelles).

*Bioreactors*, par K. Schügerl (Professeur à l'Institut für Technische Chemie, Technischen Universität, (Hanovre, R.F.A.).

*Influence des cinétiques biochimiques sur la conduite des fermentations*, par M. Goma (Laboratoire de génie biochimique, INSA, Toulouse).

*Aération et agitation des réacteurs biochimiques*, par M. Bruxelmane (Professeur associé, Faculté Polytechnique de Mons).

*Engineering aspects of S.C.P. fermentation*, par F. Müller (Executive manager, R + D Chemap AG, Männedorf, Suisse).

*Du processus biologique de méthanogenèse au procédé technologique de biométhanation. Dimensionnement, conception et conduite des digesteurs*, par E. J. Nyns (Professeur, à la Faculté des sciences agronomiques, Université catholique de Louvain).

*Les techniques modernes de mesure, contrôle et conduite optimale dans les procédés biotechnologiques*, par H. Blachère (Directeur de la Station de génie microbiologique, INRA, Dijon).

*L'ultrafiltration*, par Ch. Eyraud (Professeur à l'Université Claude Bernard, Laboratoire de chimie appliquée et de génie chimique, Lyon).

*Le blanchiment*, par H. Gibert (Maître de conférence, Laboratoire de génie alimentaire, Université des sciences et techniques du Languedoc, Montpellier).

*Les principes du nettoyage, de la désinfection et du rinçage dans l'industrie biochimique*, par J. Lenges (Chargé de cours à l'Institut des Industries de la Fermentation, CERIA).

*Les méthodes et le matériel de nettoyage et de désinfection*, par M. Ir, Velings (SA Sopura, Courcelles).

*L'extrusion polymères biologiques*, par D. J. van Zuilichem (Maître assistant, Department of Food Science, Agricultural University, Wageningen, Pays-Bas).

#### Renseignements et inscriptions

Société de Chimie Industrielle, 28, rue Saint-Dominique, 75007 Paris, Tél. : 555.69.46.

#### Droits d'inscription :

pour les membres de la Société de Chimie Industrielle : 1 300 FF,  
pour les non-membres : 1 600 FF.

---

## Sommaire de la revue Analisis

Vol. 7, n° 7-8, août-septembre 1979

(Numéro spécial sur la chromatographie en phase liquide et la chromatographie sur couche mince à haute résolution) :

*L'optimisation en chromatographie sur couche mince*, par G. Guiochon, A. Siouffi.

Cette étude porte sur l'optimisation des performances en CCM. Elle a nécessité une étude fouillée de tous les paramètres et l'élaboration d'un modèle mathématique corroboré par des résultats expérimentaux. Un ensemble de recommandations en découle.

*Utilisation de microparticules de silice greffée en chromatographie sur couche mince*, par A. M. Siouffi, T. Wawrzynowicz, F. Bressolle, G. Guiochon.

Avec les plaques maintenant homogènes et solides, un nouvel horizon s'ouvre pour la CCM ; dans ce but, on étudie les problèmes liés à leur utilisation et ensuite la sélectivité des supports et le choix du solvant. Quelques applications.

*Nouveaux dispositifs d'injection pour la chromatographie en phase liquide analytique et préparative*, par G. Ferraris, M. Lauret.

Description de deux nouveaux systèmes d'injection à la vanne qui permettent d'obtenir une efficacité comparable à l'injection au moyen d'une seringue.

*Élargissement de bande lié aux extrémités de colonne*, par B. Coq, G. Cretier, J.-L. Rocca.

Ce travail décrit brièvement une technique de simulation analogique permettant de déterminer ce champ d'écoulement dont la connaissance donne accès au calcul de l'élargissement de bande correspondant.

*Analyse par spectrométrie de masse en désorption/ionisation chimique (D/IC) de substances organiques peu volatiles*, par P. J. Arpino, G. Devant.

Après avoir relié les différentes étapes qui ont conduit à la D/IC, on expose la mise en pratique de la méthode sur un spectromètre de masse quadripolaire. Différentes applications avec des échantillons difficiles à analyser jusqu'alors par SM.

*Réactions d'amplification de fluorescence adaptables à la chromatographie en phase liquide. Applications aux dérivés indoliques*, par J.-P. Garnier, B. Bousquet, C. Dreux.

La CLHP couplée à l'amplification de fluorescence permet une analyse rapide (15 mn) et sensible (limite de détection : 10 pg) de différents métabolites dans les milieux biologiques.

*Application de la chromatographie en phase liquide à la détermination simultanée des anticonvulsivants dans le plasma*, par G. Mahuzier, R. Farinotti, M.-Ch Plaff-Dessalles.

Deux méthodes sont décrites : l'une se prête aux dosages du phénobarbital et de l'acide valproïque, l'autre aux dosages de l'acide valproïque, du phénobarbital, de la diphenylhydantoïne, de la carbamazépine, de l'éthosuccimide et de la primidone.

*Chromatographie d'échange de ligandes sur silice chargée en cuivre (II). Application à la séparation d'acides aminés*, par E. Schmidt, A. Foucault, M. Caude, R. Rosset.

Cette méthode permet de séparer huit acides aminés en régime isocratique, en quinze minutes. La phase mobile est constituée d'un mélange eau-acétonitrile-ammoniac et permet la séparation directe des acides aminés par absorptiométrie dans l'UV à 210 nm.

*Comparaison de diverses techniques chromatographiques pour l'analyse des acides mono- et di-carboxyliques à courte chaîne*, par C. Gonnet, M. Marichy, N. Philippe.

Cette analyse d'acides mono- et di-carboxyliques est réalisée soit directement, soit indirectement par formation de dérivés fluorescents.

*La détection électrochimique appliquée à l'analyse de faibles quantités d'amines biologiques, par chromatographie en phase liquide*, par J.-L. Ponchon, P. Hutter, J.-F. Pujol, P. Blond.

Ce travail présente la réalisation de deux cellules de détection dont les électrodes de travail sont en carbone vitreux ou en fibre de carbone.

*Détection des sucres en chromatographie en phase liquide après leur dérivation post-colonne*, par Suon Kim Nuor, J. Vialle, J.-L. Rocca. On montre l'intérêt d'une réaction de dérivation post-colonne à l'aide du bleu de tétrazolium pour la détection de solutés tels que des sucres, après leur séparation chromatographique sur Lichrosorb NH<sub>2</sub> (10 µm).

*Analyse par chromatographie en phase liquide des agents de surface utilisés dans les formulations détergentes*, par D. Thomas, J.-L. Rocca. La CPL à polarité de phase inversée appliquée aux tensio-actifs permet des analyses très performantes et des contrôles très rapides quand on s'intéresse aux composés sulfonés et sulfatés, aux savons et aux composés non ioniques.

*Séparation des cations métalliques par chromatographie en phase liquide à l'aide d'agents chélatants*, par A. Berthod, M. Kolosky, J.-I. Rocca, O. Vittori.

La mise en solution dans la phase mobile de l'agent chélatant permet l'injection directe de ces espèces sans dérivation préalable.

*Influence de la déformation des pics d'élution sur l'optimisation de la séparation d'un mélange binaire en chromatographie en phase liquide préparative*, par P. Gareil, L. Personnaz, M. Caude.

On rappelle les propriétés remarquables d'un modèle de comportement non linéaire en chromatographie d'échange d'ions. Le modèle est appliqué au mélange binaire des anions maléate et fumarate.

*Contrôle automatique de l'éluat en sortie de colonne en chromatographie en phase liquide préparative*, par J.-P. Moissonnier, B. Serkiz, J.-P. Volland.

Description d'un dispositif de prélèvement automatique et d'injection séquentielle de l'éluat en sortie de colonne préparative permettant le contrôle simultané par HPLC ou CPG analytiques.

# Demandes et offres diverses

Chimiste organicien diplômé en 1975 Université de Milan, expérience (3 ans) dans recherche, cherche emploi, étudie toute proposition, région indifférente. Praticien analyse instrumentale. Écrire à : Denis Vaghi, 136, rue d'Avron, 75020 Paris.

**Offre** mes collections du Bulletin de la S.C.F. années 1964 à 1968 inclus à venir prendre chez Mme Dubourg, 50, rue d'Assas, Paris 6<sup>e</sup>. Tél. : 222.26.71.

M. Germain (Draveil, Essonne) cède collection complète de Chimie et Industrie-Génie chimique, de 1947 à 1967. Écrire à M. Germain, La Rivière, Creysse, 24100 Bergerac.

**A vendre** : collection complète reliée des Chemical Abstracts 1933 à 1960 ainsi que

d'autres collections de périodiques scientifiques de la chimie. S'adresser à l'Institut des Corps Gras : 5, boulevard de Latour-Maubourg, 75007 Paris, Tél. : 555.07.73.

**A vendre** : Spectromètre de masse AEI MS 12 transistorisé, séparateur à membrane - CPG - MPM - introduction directe programmée, enregistreurs UV et plume. Bon état. IFP, Tél. 749.02.14 (poste 2245).

**Donne** : Bulletin de la S.C.F., années 1957, 1959, 1964 à 1972 en fascicules brochés. Écrire Soc. Chim. n° 266.

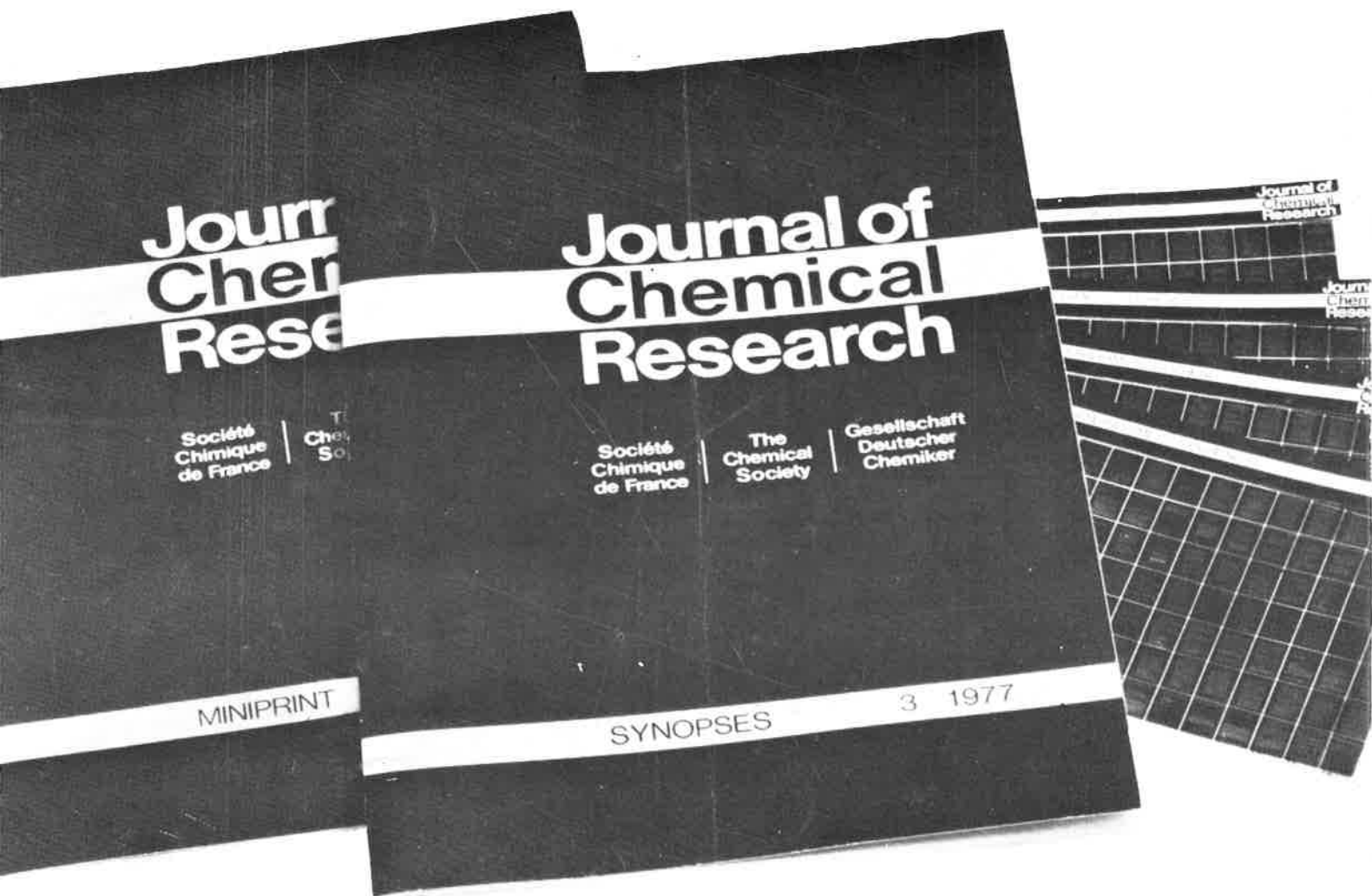
**Offre** : Bulletin de la S.C.F., broché, années 1957 à 1973, à bibliothèques universitaires ou autres. Écrire Soc. Chim. n° 267.

## Table des annonceurs

A.P.V. ....	Couv. II	VERFILCO .....	58
A.R.L. ....	4	SOFRANIE .....	59
C.E.A. ....	6	LANCER. ....	60
MESUCORA .....	14	ENVITEC 80 .....	66
VARIAN. ....	15	DELHOMME .....	70
THERMANALYSE .....	27	BRODIE .....	78
BRUKER. ....	28-29	C.N.R.S. INFORMASCIENCES. ....	82
B.N.P. ....	30	Compendium de la Nomenclature en Chimie Analytique .....	89
PHILIPS .....	35-38	J.C.R. ....	Couv. IV
JOBIN ET YVON. ....	52-53		

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