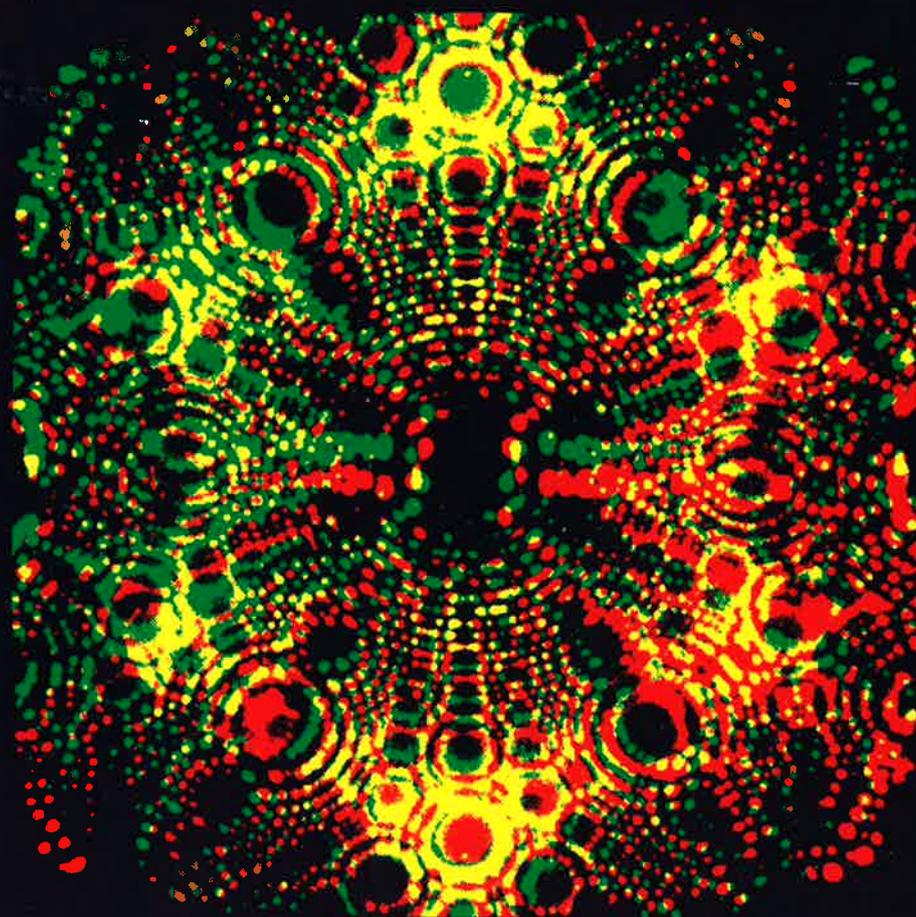


**L'actualité
chimique**

publiée
par la
Société
Chimique
de France

Janvier 1976

n° 1



L'actualité chimique

vous

présente

ses

meilleurs vœux

pour

1976

Sommaire

- 3 Point de vue**
Vers une pédagogie de la personne. Des groupes de niveau au travail indépendant
- 5 Faisons le point**
Le rôle de la chimie dans l'évolution récente de la sidérurgie et dans ses tendances actuelles
par Charles Gleitzer
- 16 Méthodes et techniques**
La spectroscopie de photoélectrons induits par rayons X et ses applications en chimie organique
par Michèle Dessolin
- 23 La chimie et la vie**
La biochimie des maux de tête
par Miranda Robertson
- 25 Enseignement**
Plaidoyer pour une recherche sur l'enseignement des sciences physiques
par G. Delacôte
- 28 Pages d'histoire**
Kasimir Fajans (1887-1975) Souvenirs sur sa vie et ses activités
par Józef Hurwic
- 33 Les livres**
Analyses des livres reçus
- 35 Communiqués et informations**
- 39 Informations S.C.F.**
Réunions
Communiqués
Nouveaux Membres
Demandes et offres diverses
Sommaires des fascicules de novembre-décembre 1975 du B.S.C.F.
- 45 Fiches de demande d'adhésion et cotisations**
- 47 Fiches de changement d'adresse**

Administration - Rédaction Publicité

250, rue Saint-Jacques
75005 Paris
Téléphone : 033.20.78
325.20.78

Lucien Ducret
Rédacteur en Chef

Comité de patronage

Jacques Bénard
Ancien Président de l'I.U.P.A.C.
Georges Champetier
Membre de l'Institut
Gaston Charlot
Membre de l'Institut
Georges Chaudron
Membre de l'Institut
Raymond Cornubert
Correspondant de l'Institut
Jacques Duclaux
Membre de l'Institut
Alain Horeau
Président de la S.C.F.
Maurice-Marie Janot
Membre de l'Institut
Paul Laffitte
Membre de l'Institut
André Michel
Ancien Président de la S.C.F.
Henri Moureu
Membre de l'Institut
Henri Normant
Membre de l'Institut
Raymond Paul
Correspondant de l'Institut
Charles Prévost
Ancien Président de la S.C.F.
Jacques Tréfouel
Membre de l'Institut
Léon Velluz
Membre de l'Institut

Abonnements

(pour 10 numéros)

Membres de la S.C.F.

Les Membres de la Société versent une cotisation annuelle de 70 F qui leur donne droit à un abonnement préférentiel de 50 F à cette revue.

Non-membres

France, Europe, Afrique du Nord : 80 F
Autres pays (envoi par avion) : 130 F

Toute demande de changement d'adresse doit être accompagnée du numéro de code de l'abonné et d'une somme de 10 F (chèque ou timbres).

C.C.P. Paris : 280.28

Prix du numéro : 9 F

En vente uniquement au siège de la S.C.F.

Point de vue

Sur un nouveau livre traitant de la pédagogie...

Vers une pédagogie de la personne Des groupes de niveau au travail indépendant



Jean Vial

Ce livre vient de paraître aux Presses Universitaires de France dans la collection Sup., section « L'Éducateur » que dirige le professeur Gaston Mialaret. C'est d'ailleurs ce dernier qui a préfacé l'ouvrage : en dehors des approbations d'usage, ici particulièrement affectueuses, Gaston Mialaret apporte des informations convergentes sur ce qui se déploie en U.R.S.S. sous le nom de « l'École coopérative ». Et il conclut sur l'exacte concordance entre les traits de l'ouvrage et les critères de la collection : « faire réfléchir les éducateurs à partir des problèmes journaliers que pose la pratique pédagogique ».

Pour mieux comprendre l'esprit de l'ouvrage, il convient de résumer les travaux antérieurs de l'auteur. D'abord instituteur par vocation, il est resté passionné par « tout ce qui se passe à l'école, sur le terrain », dès lors que cette action tend à l'épanouissement de l'Enfant. Des études universitaires ont amené Jean Vial à être en 1942 assistant de sociologie du professeur Halbwochs et ses recherches l'ont conduit à l'analyse des mouvements syndicaux et des groupements industriels. Sa thèse principale de doctorat ès lettres est, d'ailleurs, consacrée à *L'industrialisation de la sidérurgie française 1814-1864*. Il a encore publié aux P.U.F. en 1973, *L'avènement de la civilisation industrielle*.

(*) 226 pages, 34 F.

Mais ces études n'ont jamais congédié une recherche pédagogique conduite pendant près d'un demi-siècle dans les écoles, les milieux ouvriers et, après la Libération, dans l'Armée. Après un passage à la direction des études pédagogiques du Ministère de l'Éducation nationale où il essaie de définir les conditions et modalités de la novation éducative, Jean Vial a publié plusieurs ouvrages consacrés à des questions de doctrine et insertion de l'École dans la Société globale. Aujourd'hui, il entend dresser le tableau des changements profonds qui s'imposent à notre système éducatif, si ce dernier veut répondre (ce qui ne va pas de soi) à la fois aux besoins de l'Enfant présent et aux exigences de la société à venir.

Une certaine sacralisation s'étant établie, le système est resté longtemps inattaqué. Avec la croissance des effectifs scolaires l'enseignement a passé, sans crise grave, du préceptorat à la formule simultanée collective : « Enfants, 40. Maître un ». L'établissement s'est divisé en classes homogènes, comme le faisait déjà, sous Louis XIV, Charles Démia, chargé des Écoles du diocèse de Lyon. Un savoir unifié, clairement défini par disciplines et par année (programmes) était distribué : le contrôle restait assuré à longue échéance par des examens stratifiés; dans l'intervalle, le « passage » de classe à classe était réfléchi. L'uniformité garantissait l'équité. La logique de la progression assurait l'efficacité. L'échec ne pouvait être qu'imputé à l'élève, à son manque de « mérite », de courage au travail, voire à sa mauvaise mémoire, explication acceptée par les plus sourcilleux des parents.

Pourtant, avec le temps, le doute vint dans la plupart des pays : bien que traditionnellement le système ne s'occupât que des élèves « reçus » (il n'y a pas au Ministère de direction pour la récupération des élèves « refusés » ou « perdus »), il apparut vite ce que l'auteur appelle « un problème angoissant et complexe » : la masse compacte des retards, redoublement, évictions; on découvrit que les échecs dépassaient le quart des élèves dès le cours préparatoire (une classe où tout se joue dans un climat de scolarisation intégrale pour des gosses de 6 ans); les échecs s'élevaient au delà de la moitié au cours moyen 2^e année. Sans doute, ne s'agissait-il parfois que de « redoublements ». C'était pour le moins

reporter, non aux enfants, mais à l'institution elle-même la responsabilité de ces résultats négatifs. C'était imposer l'obligation de réformes profondes.

Les plus perceptibles de ces réformes concernent les *structures*.

S'il n'est pas possible de suivre Ivan Illich dans sa solution désespérée de supprimer les écoles, au moins doit-on rechercher (au delà même de *l'ouverture* sur l'environnement) les solutions pratiques, immédiates et efficaces. D'ailleurs, rien n'est simple en l'affaire. D'une part, l'égalisation des chances passe par l'inégalisation du traitement des élèves : appliquer dès l'abord, un « tronc commun » prolongé peut écraser les plus faibles, ces pauvres qui ont besoin d'une pédagogie riche. Mais d'autre part un système diversifié doit atténuer les inégalités au lieu de les cristalliser en catégories irréductibles, de plus en plus éloignées les unes des autres. La première remarque impose une pédagogie de soutien puis un jeu d'options. La seconde remarque recommande des liaisons souples, des passages préparés et amortis : horizontalement, entre les branches diversifiées par natures d'esprits enfantins ; verticalement, de cycle à cycle pour éviter les traumatismes (de la Maternelle au Cours préparatoire, des Cours moyens à la 6^e, de la 3^e à la seconde, du Lycée à l'Université, mais aussi de l'école à l'entreprise)...

Ce sont ces principes qui ont guidé l'auteur lorsqu'il lança et anima, de 1965 à 1969, l'expérience dite du cycle élémentaire aéré (ou « désenclavé »). De cette expérience, le chef du service des recherches pédagogiques de l'Institut National de Recherches et de Documentation Pédagogiques (I.N.R.D.P.), Louis Legrand dira : « Ce sont les traits du cycle désenclavé qui vont se retrouver dans les réformes annoncées : suppression des programmes dans les matières dites d'éveil ; grille Jean Vial d'emploi du temps ; application de la formule 27 heures hebdomadaires de travail pour les maîtres » (une demi-journée étant consacrée au travail en équipe ou à la réflexion et au contrôle pédagogique).

L'expérience autorisait l'application de la formule des « groupes de niveau » : la correspondance des horaires dans les disci-

plines d'acquisition des langages (français, mathématiques...) permettait à un élève de suivre, parfois hors de sa classe d'âge, les cours adaptés à son niveau dans la discipline considérée. L'auteur présente l'histoire de cette structure de « personnalisation » pédagogique, en insistant sur les recherches expérimentales qui se poursuivent en France, sous la direction de l'I.N.R.D.P., tant dans l'enseignement élémentaire que dans les C.E.S. Il en marque les succès, mais aussi les incertitudes et les conditions : diversifier les groupes de niveaux eux-mêmes et accroître l'encadrement et les heures de travaux dirigés pour les plus faibles ; renoncer à la priorité accordée aux disciplines dites fondamentales pour étendre les valorisations désirables aux activités physiques, manuelles, scientifiques, artistiques, sociales, ... ; maintenir la notion de « classe d'âge », communauté affective, ordonnée autour d'un maître ou d'un professeur principal...

Mais, déjà, nous sommes sur le plan des réformes de *méthodes*.

Très attaché à la formule, l'auteur consacre près de 30 pages au *travail en équipes*. Il s'emploie à préciser la terminologie et l'histoire, à présenter des exemples précis et vécus (du club à l'atelier) : grâce à des tableaux et des schémas, il montre les possibilités (indéfinies dans leur extension, mais sûres dans leurs résultats) de la formule. Cependant dit-il, l'équipe deviendrait sclérosée ou fanatique si son activité ne s'ouvrait sur la classe entière (p. 121).

Voilà qui débouche sur la coopération scolaire (coopérative, liaisons inter-scolaires...) faisant participer tous les élèves à la vie, au travail, à la gestion d'une *communauté*, du musée au jardin, de l'exposition à la fête.

L'auteur tient à cette tendance vers l'autonomie personnelle et l'action sociale : il rend compte d'une tentative de compagnonnage scolaire qu'il a menée dans le quartier de la Goutte d'Or à Paris. Mais, tout en rendant justice aux militants, il prend ses distances par rapport aux formes extrêmes de la non directivité ; celle-ci étant pour lui tout au bout du chemin.

Cependant les éloges ne sont pas mesurés quand il s'agit de *travail indépendant*,

c'est-à-dire de tâches assumées volontairement par les élèves, avec l'appui de leurs maîtres et de documentalistes attentifs et discrets, tout à la fois. Les exemples étrangers ou français cités démontrent que, avec le travail en équipe, cette formule pourrait meubler les 10 % arrachés aux programmes.

Pourtant les réformes de structures et de méthodes, pour nécessaires qu'elles soient ne réussiront que si elles s'appuient sur une réforme des *mentalités*, celles des Autorités, des Educateurs, des Parents, si aisément parents d'élèves, si rarement parents d'enfants. Voilà le plus difficile...

Il y faudra une nouvelle *problématique*. L'École doit désormais vivre avec son temps, l'anticiper s'il se peut, et avec son milieu, l'améliorer s'il se doit. C'est une mutation douloureuse, qui remplace des murs par des portes et des programmes rassurants par des finalités ouvertes. Il y faudra de nouveaux moyens, même architecturaux. Il y faudra surtout de nouveaux maîtres, car c'est finalement eux qui devront établir, d'une nouvelle pédagogie à une nouvelle conception des examens, « l'inter-disciplinarité, l'esprit de recherche, le goût de l'initiative, le sens du principal, l'idée de synthèse, l'organisation de l'ensemble » (p. 188). C'est tout le passage d'une pédagogie de la réaction (où l'agent de l'éducation constituait l'élément dominant du travail éducatif) à une pédagogie de la *catalyse*, où le maître agit surtout par sa présence ; c'est le passage de l'instructeur-moniteur à l'animateur conseiller de méthodes, expert, arbitre et juge de dernière instance...

Bref, c'est la conclusion. Dans un monde qui exige des personnes conscientes, autonomes et engagées, l'École doit, sans réticence stupide mais sans hâte abusive, préparer l'avènement des personnes riches d'une culture générale et d'un capital singulier. « L'extension des auxiliaires techniques de la pédagogie, le développement de la participation des élèves au travail scolaire et à la gestion des écoles, n'ont pas congédié l'enseignant, ni tué l'école. Peut-être n'ont-ils jamais été aussi nécessaires ? Mais, par delà la permanence des mots, il y a des mutations qui doivent prendre la dimension d'une révolution... Et son souffle. »

Faisons le point

Le rôle de la chimie dans l'évolution récente de la sidérurgie et dans ses tendances actuelles

par Charles Gleitzer

(Maître de Recherches au C.N.R.S., Laboratoire de chimie du solide, associé au C.N.R.S. n° 158, Service de chimie minérale A, Université de Nancy I, Case officielle n° 140, 54037 Nancy Cedex)



Introduction

Pour un observateur non averti, la sidérurgie semble ne pas être une industrie moderne : héritière de techniques du XIX^e et du début du XX^e siècle, elle paraît continuer simplement à rendre de bons et loyaux services en répondant à la demande de fonte et d'acier. Or s'il est vrai que le principe : haut-fourneau + aciérie ne date pas d'hier, et reste la base encore aujourd'hui, on assiste depuis peu à un foisonnement de nouvelles techniques qui gagnent constamment du terrain : agglomération et bouletage, injection de fuel dans le haut-fourneau, réduction directe,

aciérie à l'oxygène, coulée continue... tandis que les anciennes techniques ne cessent de se perfectionner et tendent simultanément vers le gigantisme.

Le haut-fourneau est un bon exemple de l'accroissement des capacités qui tient à diverses raisons : investissements moindres (par tonne de fonte), productivité accrue, meilleur bilan thermique, production plus homogène. En 1950, un haut-fourneau ne produisait guère plus de 250 t/j; dix ans plus tard, on mettait à feu aux États-Unis des unités de 2 000 à 2 500 t/j, et en 1970 on atteignait les 10 000 t/j, d'abord au Japon, puis dans les pays occidentaux (par exemple le haut-fourneau n° 4 de Dunkerque avec 14 m de diamètre au creuset et 4 000 m³ de volume utile). Cet accroissement des capacités se retrouve à tous les stades de l'élaboration de l'acier (avec, en parallèle, l'apparition de mini aciéries électriques dans des cas particuliers).

La sidérurgie est donc une industrie de plus en plus lourde, et ce caractère rend les investissements tellement énormes (par unité) que la moindre innovation doit faire ses preuves d'une manière très concluante avant de convaincre les financiers hésitants. Pour imposer un nouveau procédé il faut donc mobiliser toutes les ressources depuis la recherche fondamentale jusqu'à l'engineering. Et naturellement la chimie est largement concernée par cette opération chimique qu'est l'élaboration de la fonte et de l'acier.

Ce texte propose une description sommaire de quelques aspects du rôle que la chimie joue dans l'évolution récente de la sidérurgie et dans ses tendances actuelles. Il ne prétend donc pas rendre compte de tous les progrès réalisés dans ce vaste domaine. Mais il indique dans chaque chapitre les principales modifications intervenues dans ces vingt dernières années, et développe quelques points particuliers considérés comme significatifs de l'apport des recherches fondamentales et appliquées menées à bien par les chimistes.

Agglomération

On sait depuis longtemps que les fines particules de minerai ($\varnothing < 5 \text{ mm}$) sont néfastes dans le haut-fourneau où, sous l'effet de la chaleur, elles se collent et forment une masse imperméable qui peut provoquer une perte considérable de perméabilité.

Or la sidérurgie ne peut se permettre de gaspiller les « fines » : poussières riches en fer recueillies au gueulard du haut-fourneau ou à la sortie du convertisseur, poussières de minerai (celles-ci de plus en plus abondantes, par suite de l'abattage mécanique dans les mines qui entraîne la nécessité d'un concassage). D'où le besoin de les agglomérer. Ceci entraîne par ailleurs un avantage non négligeable : en réglant convenablement les paramètres de l'opération d'agglomération on obtient un produit homogène du point de vue physique, chimique et mécanique ; d'où une marche plus facile de haut-fourneau, première étape vers son automatisation.

On a donc commencé, vers 1950, à procéder à l'opération d'agglomération par diverses méthodes dont la plus courante consiste en un grillage rapide du minerai préalablement broyé et additionné d'un combustible comme, par exemple, du poussier de coke. Ce mélange est répandu sur une grille mobile (procédé Dwight-Lloyd) en une couche de 30 cm d'épaisseur environ et soumis à une brève combustion qui le porte à 1 200-1 300 °C. On obtient un mâchefer poreux, assez léger et friable, qui subit un criblage avant enfournement (les fines sont recyclées).

Moyennant quoi, charger un haut-fourneau en agglomérés permet un abaissement de la mise au mille de coke (elle est passée de 1 000 à 650 en France de 1950 à 1970 et approche 400 à Fos), rend la marche de l'appareil beaucoup plus régulière, facilite donc les contrôles et améliore le rendement (2 hauts-fourneaux chargés en agglomérés produisent autant de fonte que 3 chargés en minerai cru). D'où l'essor considérable de l'agglomération : en France, par exemple, on compte une vingtaine d'installations, dont celle de Rombas, en Lorraine, qui peut produire $3,4 \cdot 10^6$ tonnes d'agglomérés par an (1).

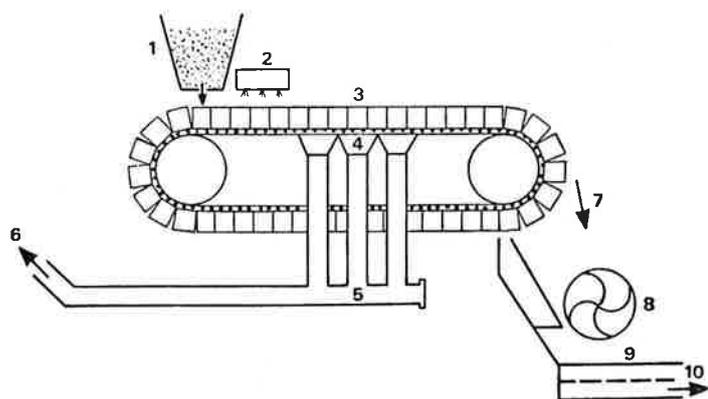


Figure 1.

Schéma d'une installation d'agglomération sur bande Dwight Lloyd (d'après croquis *Actualités Industrielles Lorraines*).

1. Trémie d'alimentation avec mélange de minerai broyé et de fines de charbon. — 2. Brûleur à gaz. — 3. Chariots à fond à grille sur rails. — 4. Boîtes à vent provoquant une aspiration et la propagation de la combustion à travers les chariots. — 5. Collecteur de fumées. — 6. Vers cheminée. — 7. Aggloméré en mâchefer. — 8. Concasseur. — 9. Cribles. — 10. Vers refroidisseur.

Il est clair que les impératifs d'une bonne agglomération sont :

- amélioration de la productivité,
- consommation minimale de combustible,
- obtention d'un produit résistant aux sollicitations mécaniques et facile à réduire au haut-fourneau (en particulier le plus homogène possible).

Le rôle du chimiste était donc ici de jouer sur la composition du lit d'agglomération et sur les paramètres de la combustion. Afin d'apprécier les qualités d'un aggloméré, il lui fallait également mettre au point un test de réductibilité et, pour cela, étudier son comportement à la réduction.

Optimisation du procédé

Très tôt, il est apparu que deux paramètres physicochimiques jouaient un grand rôle : la *pression partielle d'oxygène* (réglée essentiellement par la teneur en combustible) et l'*indice de basicité* (CaO/SiO_2).



(Photo H. Roger-Viollet).

Il y a encore quelques années, la fabrication du fer au Laos s'exécutait d'une façon primitive.

Les indigènes utilisaient comme « hauts-fourneaux » de simples troncs en bambou enroulés de briques réfractaires. Le minerai était déposé entre le cylindre en bambou tressé et la couronne que formaient les briques réfractaires. Ces dernières étaient ensuite recouvertes d'argile. Dans ce four métallurgique, ressemblant à une grande jarre, était versé du charbon de bois (photo) qui était ensuite allumé. Le fer en fusion s'écoulait par des tuyaux placés à la partie inférieure de l'appareil et fabriqués avec des branches de bambou creusé.

Dans ses grandes lignes, en effet, le processus d'agglomération est le suivant (2) :

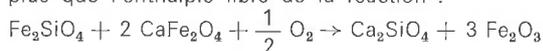
1. Au premier stade, CaO provenant de la dissociation du carbonate consécutive à l'échauffement du lit, attaque les autres oxydes et forme un silicate de calcium contaminé par les oxydes de fer et d'aluminium ; l'enthalpie libre de formation de Ca_2SiO_4 , à partir des oxydes, est en effet de $30 \text{ Kcal.mole}^{-1}$.

2. Cette scorie liquide dissout les oxydes de fer qui vont ensuite précipiter pendant le refroidissement, et 2 cas limites se présentent : les phases secondaires qui se forment sont les suivantes, selon que la pression d'oxygène et l'indice de basicité sont :

— élevées : CaFe_2O_4 , $\text{Ca}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$, CaFe_3O_5 et CaFe_4O_7 (par réactions dans l'état solide) ;

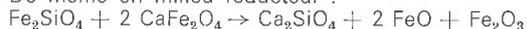
— basses : Fe_2SiO_4 (dans une phase liquide).

En principe ces 2 situations extrêmes s'excluent mutuellement, d'autant plus que l'enthalpie libre de la réaction :



est de -39 Kcal à $1\,000 \text{ °C}$; cette réaction est donc encore possible, même si l'activité du silicate de fer est abaissée par dissolution dans la phase silicatée (par formation de cristaux mixtes, par exemple avec Ca_2SiO_4) par un facteur qui peut atteindre 10^{-7} (8).

De même en milieu réducteur :



entraînant le diagramme de la figure 2, compatible avec les considérations ci-dessus, qui donne une vue d'ensemble des phases pré-

sentes dans un aggloméré en fonction des paramètres : indice de basicité et pression d'oxygène (il faut naturellement y ajouter les oxydes de fer libres, présents essentiellement sous forme de magnétite et d'hématite provenant de la réoxydation au cours du refroidissement) (3).

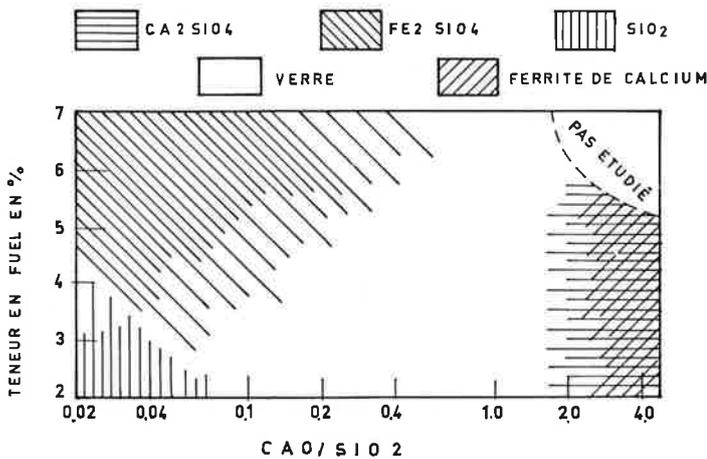


Figure 2. Analyse de phases d'un aggloméré, selon Nyquist.

Malgré les hétérogénéités et les situations hors équilibre inévitables dans un procédé industriel, ce diagramme permet de guider la recherche des meilleures conditions d'agglomération, compte tenu de la composition minéralogique du minerai (dans le cas du minerai lorrain par exemple il y a lieu de considérer un paramètre particulier, appelé S.C.A. : sidérose-chlorite-argile, qui totalise les concentrations de ces 3 minéraux) (4).

Réduction de l'aggloméré

Le mécanisme de réduction a été étudié par des méthodes très diverses (5 à 7). La microscopie optique et la microsonde indiquent clairement que c'est le gaz qui pénètre vers l'oxyde à travers la couche de métal, tandis que la diffusion dans l'état solide est relativement lente vers 1 000 °C (température de la zone de réserve du haut-fourneau), fig. 3 (6).

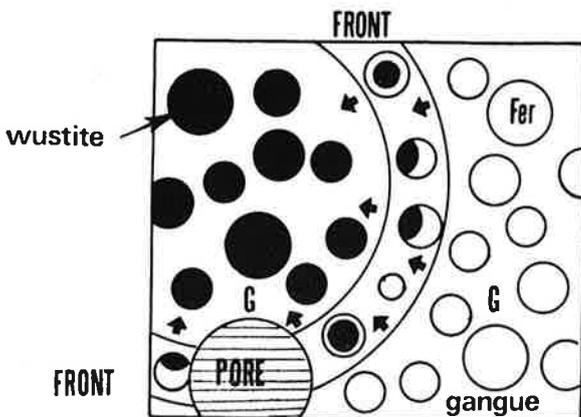


Figure 3. Micrographie optique du front de réduction dans une plage de magnétite. Le front wüstite/magnétite n'est pas discernable. T = 950 °C, selon Le Corre.

Le haut-fourneau

Malgré l'ancienneté du sujet, la réduction des oxydes de fer a fait l'objet d'un grand nombre de nouvelles études, dans lesquelles sont naturellement mises en œuvre :

- de nouveaux moyens expérimentaux [par exemple la microscopie électronique à balayage (5) ou la spectrométrie Mössbauer (6)],
- de nouvelles méthodes : modèles mathématiques (8), génie chimique (44)...

Divers auteurs ont montré (et en particulier Le Corre récemment par spectrométrie Mössbauer), la présence de 2 fronts de réduction Fe/FeO et FeO/Fe₃O₄ séparés par une couche de wüstite; chaque front est étroit, de l'ordre de grandeur des cristaux eux-mêmes (6). Gaballah a explicité les différences de comportement entre la réduction de l'hématite et celle d'un aggloméré de minerai lorrain (5). D'une manière générale, la réduction peut être considérée comme la succession de 2 étapes : diffusion du gaz à travers la couche des produits réduits (diffusion poreuse), et réaction chimique à l'interface interne de cette couche. C'est naturellement l'étape la plus lente qui gouverne le processus global.

La vitesse de diffusion est donnée par l'équation de Seth et Ross :

$$\frac{dR}{dt} = \frac{3 D^p (C_i^0 - C_i)}{r_0 d_o (1 - R)^{-1/3} - 1}$$

R = degré de réduction,
 D^p = coefficient de diffusion du gaz dans les pores,
 C_i^0 = concentration en gaz réducteur i dans la phase gazeuse,
 C_i^* = concentration à l'équilibre métal-oxyde,
 d_o = teneur en oxygène du minerai,
 tandis que la vitesse de réaction est donnée par l'équation de Jander :

$$= \frac{3k}{r_0 d_o} (1 - R)^{2/3},$$

k = constante de vitesse,

r_0 = rayon initial de la particule,

et l'on passe d'un régime à l'autre pour un degré de réduction critique R^* déterminé en admettant, avec Pluschke (15), qu'à ce moment la moitié de la pression disponible est consommée dans le gradient de pression à travers la couche poreuse; les équations ci-dessus conduisent alors à :

$$(1 - R^*)^{1/3} - (1 - R^*)^{2/3} = \frac{D^p}{RTkr_0} = \theta$$

qui se traduit par le graphique de la figure 4, dont la signification physique est simple : pour les faibles valeurs de R , la couche poreuse est mince, la diffusion est rapide, on est en régime chimique; ensuite les choses s'inversent progressivement; mais quand il ne reste plus qu'un petit noyau d'oxyde, la réaction chimique ralentit et le régime terminal est obligatoirement chimique. Il est à peine nécessaire de dire que ceci est cependant une vue simplifiée des choses.

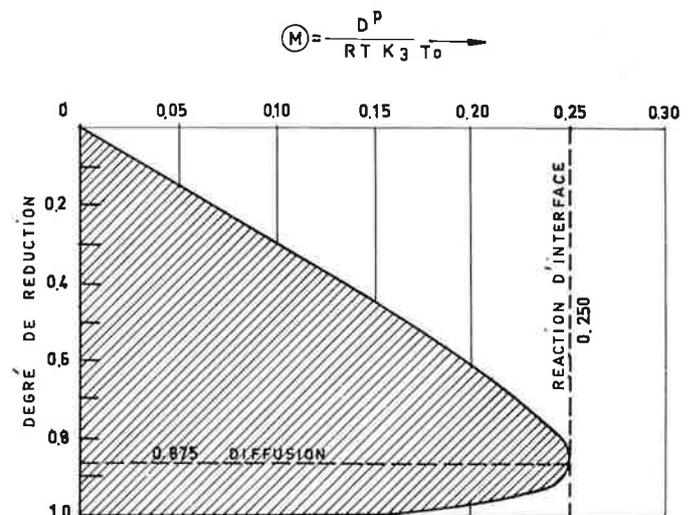


Figure 4. Régime de réduction en fonction des grandeurs physico-chimiques, selon Pluschke.

Et ainsi progressivement la part d'empirisme dans le fonctionnement du haut-fourneau va en décroissant.

Injection de combustible auxiliaire

En dehors de sa taille et de sa charge, le haut-fourneau a connu récemment diverses modifications, en particulier l'injection de combus-

tibles auxiliaires par les tuyères dans le but d'économiser le précieux coke sidérurgique.

Bien que l'idée soit ancienne, c'est seulement à partir de 1950 que des essais systématiques ont été entrepris, par exemple à Pompey près de Nancy.

Ces combustibles sont très variés : charbon pulvérisé, gaz naturel, gaz de cokerie, et surtout fuel. Ce sont donc fréquemment des hydrocarbures avec cette conséquence fondamentale du point de vue scientifique et technique : l'accroissement notable de la teneur en hydrogène du gaz des étalages qui passe ainsi de 2 à 5 % avec 60 kg de fuel/tonne de fonte ; des teneurs de 8 à 10 % sont courantes actuellement.

Cependant il apparaît que la proportion de coke remplaçable plafonne aux environs de 10 à 15 % et si l'on pousse l'injection au-delà de cette valeur critique, il y a dégradation des résultats (9).

Bien entendu, cela peut se comprendre en partie par le fait que le coke est un réducteur puissant et un bon support mécanique de la charge, et pas seulement une source de chaleur ; mais il y a d'autres raisons moins évidentes.

D'une part, la combustion du fuel se fait mal ; l'utilisation d'une tuyère spéciale à onde de choc (mise au point à l'I.R.S.I.D.) devrait permettre d'atteindre 150 à 200 kg de fuel/tonne de fonte (39) ; on peut également suroxygéner le vent pour éviter un abaissement trop important de la température de flamme.

D'autre part, les études de laboratoire de Gaballah et coll. (7) ont montré que, dans la réduction des oxydes de fer par des mélanges $\text{CO} + \text{H}_2$ de composition variable, le degré de carburation du fer passe par un maximum pour un titre en hydrogène de l'ordre de 10 % (fig. 5).

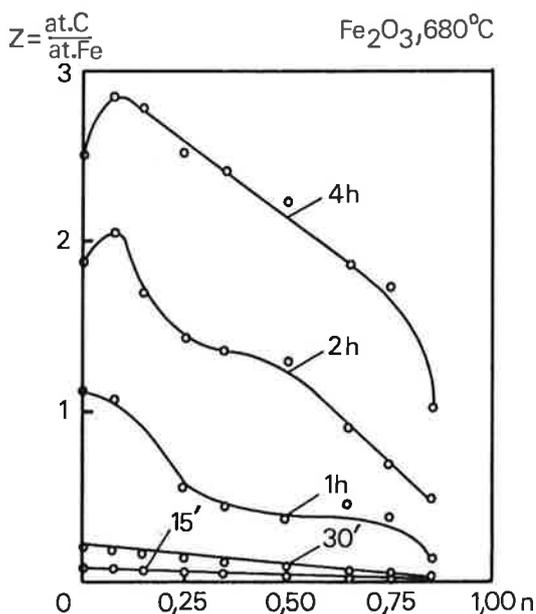


Figure 5. Degré de carburation du fer en fonction du titre en hydrogène du gaz réducteur, selon Gaballah.

Or ce carbone diffuse à travers la couche de fer qui entoure chaque grain d'oxyde partiellement réduit. Il arrive ainsi jusqu'à l'interface métal-oxyde et réagit en formant des poches d'oxydes de carbone qui font éclater la couche de métal rendue ainsi poreuse. Ce mécanisme simple, anciennement considéré par Wiberg comme une hypothèse, est aujourd'hui confirmé directement par les études au microscope électronique à balayage : voir la photo de la figure 6 tirée de (5) montrant clairement l'éclatement de la couche de fer.

Ceci étant démontré, il n'en reste pas moins que l'opportunité des combustibles auxiliaires est avant tout une affaire de prix respectifs des différentes sources de calories.

Le gonflement catastrophique

Une autre question qui était récemment à l'ordre du jour dans le haut-fourneau est celle du « gonflement catastrophique » de certains minerais, particulièrement des boulettes (minerai moulu, conditionné sous une forme approximativement sphérique et cuit modérément). L'expression traduit bien entendu le caractère néfaste de ce gonflement qui s'oppose à l'écoulement des gaz et freine considérablement la marche du haut-fourneau.

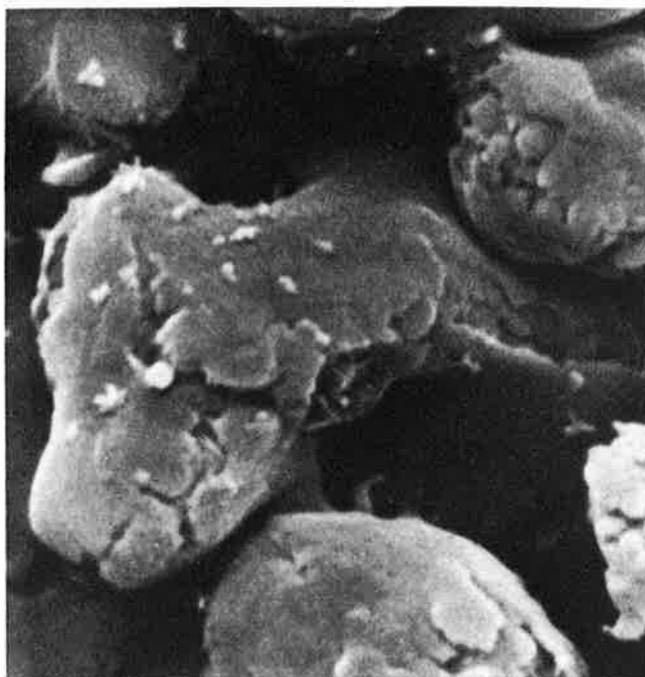


Figure 6. Éclatement de la couche de fer dans la réduction de la wüstite par CO , selon Gaballah (grossissement $\times 27\ 000$).

Les recherches montrent que ce phénomène provient en partie de la croissance des cristaux de fer sous forme de trichites (whiskers) c'est-à-dire de monocristaux aciculaires, et que les paramètres suivants interviennent :

- finesse du grain d'oxyde,
- présence d'oxydes alcalins ou de chaux,
- conditions de réduction.

Ce problème intéresse donc à la fois la chimie du solide et la cristallogénèse. Il n'est pas complètement compris actuellement mais, un modèle a été proposé par Nicolle et Rist en 1974 qui a le mérite d'être en accord avec l'influence de divers paramètres expérimentaux (10).

Ces auteurs partent de la théorie de Wagner selon laquelle la réduction de la wüstite produit une accumulation de fer en sursaturation dans le réseau (sa migration étant réglée par la diffusion des lacunes) suivie d'une précipitation du fer déclenchée par l'apparition du premier germe.

- Les mécanismes élémentaires de la réduction sont donc :
- l'enlèvement de l'oxygène par le gaz à la surface (I),
 - le transport du fer dans la wüstite (II).

En régime limité par l'étape I (régime chimique) il se forme un trichite cylindrique unique à partir de la réserve de fer accumulée en sursaturation ; voir la figure 7 tirée de (5).

En régime limité par l'étape II (régime de diffusion) il se forme de nombreuses plaquettes qui se rejoignent en une couche.

En régime mixte, il se forme des excroissances à base plus ou moins élargie et en nombre variable. Dans ce cas, le bilan du fer (pour une particule sphérique et une réaction chimique du 1^{er} ordre) s'écrit en égalant la quantité produite par la réaction chimique à celle qui diffuse dans le gradient de concentration :

$$D \left(\frac{\partial z}{\partial r} \right)_{r_0, t_c} = k(z^* - z_c) \text{ avec :}$$

- D : coefficient de diffusion du fer dans la wüstite,
- z : rapport Fe/O en excès de l'équilibre wüstite-fer,
- z_c : valeur critique de ce rapport au site du 1^{er} germe,
- z^* : sa valeur d'équilibre avec le gaz,
- k : constante de vitesse de la réaction chimique,
- r_0 : rayon de la particule,
- t_c : instant d'apparition du 1^{er} germe,

d'où l'on tire le paramètre suivant comme critère de l'aptitude à la formation de trichites :

$$p = \frac{D}{kr_0} \frac{z_c}{z^* - z_c}$$

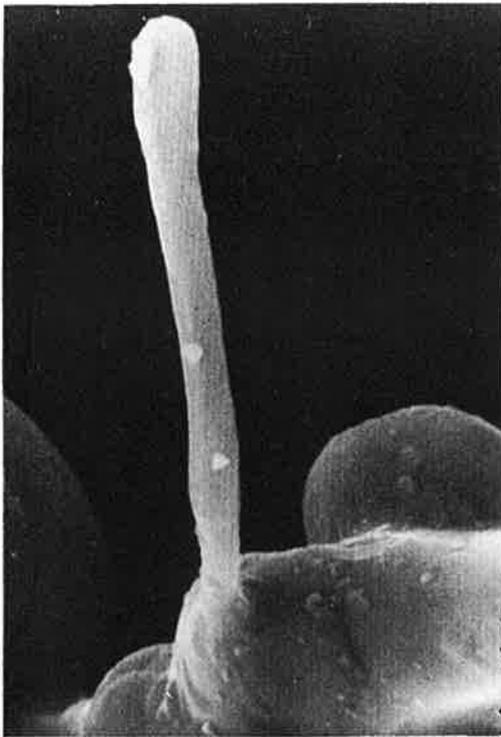


Figure 7.
Trichite de fer dans la réduction de la wüstite par l'hydrogène à 950 °C, selon Gaballah (grossissement $\times 4\ 600$).

qui montre que les trichites sont favorisés par les différentes grandeurs expérimentales d'une manière conforme au tableau ci-dessous :

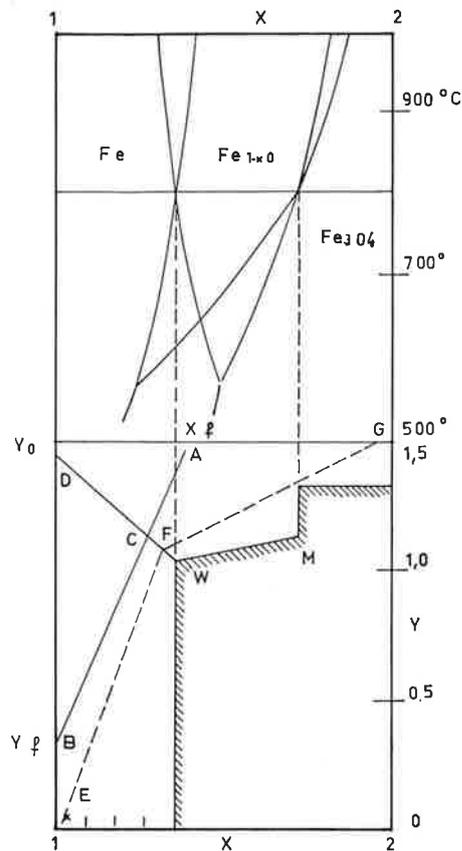


Figure 8.
Diagramme d'échange d'oxygène à 812 °C.

Paramètres expérimentaux	r_0	k	D	$\frac{D}{kr_0}$	z_c	z^*	p	Tendance aux trichites observée
Remplacement de CO par H ₂		↔		↘	↗		↘	↘
Pression de soufre		↔		↘	↗		↘	↘
Cations de gros diamètre	↗		↗	↘			↘	↘
Rayon de la particule	↗			↘			↘	↘
Degré d'oxydation du gaz				?		↘	↘	↘
Raréfaction du gaz		↗	↗	?		↘	↘	↘
Température							?	↘ 1 000 °C ↘

Le modèle de Nicolle et Rist est donc satisfaisant; cependant, il ne considère pas le mécanisme de la germination. Or il faut s'y arrêter pour comprendre le fait suivant : pour un dopage donné en gros cation, il ne se forme pas de trichite si le minerai a subi un traitement thermique susceptible d'homogénéiser la répartition des impuretés (11); par exemple, des teneurs en sodium de quelques % peuvent impunément (c'est-à-dire sans conduire à un gonflement) être introduites dans la wüstite dans un traitement de 24 h à 1 000 °C donc dans des conditions de bonne homogénéisation (12). Ceci revient à dire que les germes se forment dans des régions fortement perturbées de la surface par une accumulation d'impuretés, et que le nombre de germes dépend de la quantité de ces zones propices. Il est d'ailleurs possible que ces zones correspondent à des émergences de dislocations qui comportent des domaines en extension susceptibles de piéger les gros cations (atmosphère de Cottrell). Quelle que soit l'interprétation exacte, ceci explique en tout cas les difficultés rencontrées dans le récent procédé suédois de durcissement à froid des boulettes où le minerai est lié par un ciment (qui apporte de surcroît des quantités notables de chaux). En France le problème du gonflement est considéré aujourd'hui comme pratiquement résolu, grâce à un choix convenable des paramètres de la réduction qui tient compte des résultats ci-dessus.

La réduction directe

Comme son nom ne l'indique pas, c'est un procédé en 2 temps : — le minerai est réduit à l'état d'« éponge de fer », donc à température assez basse pour éviter la fusion (« pré-réduction »),

— ce fer est ensuite traité dans une cornue à l'oxygène, un four Martin, ou un four électrique. Non seulement on peut se passer ainsi du précieux coke sidérurgique, mais des combustibles de toute nature peuvent servir, notamment : — poussier de coke, lignite (*), — hydrocarbures convertis en CO + H₂ (en particulier dans des pays comme le Mexique et le Vénézuéla). Ces facilités, jointes à des considérations sur les sources d'énergie futures (électricité, hydrogène), faisaient dire en 1962 à la revue « Iron Age » que « la réduction directe était partie à l'assaut du haut-fourneau » (1). Cette prévision tarde pour le moins à se réaliser, néanmoins de nombreux essais à l'échelle pilote et même industrielle ont eu lieu. Les plus intéressants sont naturellement ceux où le minerai et les gaz circulent à contre-courant dans un four vertical (comme dans la partie supérieure du haut-fourneau, là où la réduction est dite « indirecte » car elle passe par l'intermédiaire des gaz). Par exemple dans le procédé Purofer, mis en marche à l'échelle industrielle (500 t/jour) en 1970 à Oberhausen (R.F.A.), le minerai est traité à 900-1 000 °C par un gaz riche en hydrogène (40 % H₂ + 20 % CO + 40 % N₂) provenant de la conversion du méthane. Or pour apprécier la valeur de telles méthodes, il faut naturellement considérer la qualité des échanges chimiques et thermiques. Rist et

(*) Voir L'actualité chimique, avril 1975. Rubrique : Nouvelles des Communautés Européennes.

Bonnivar ont élaboré dans ce but en 1966 un diagramme qui facilite la compréhension de la réduction et du bilan thermique (13).

La figure 8 représente ce diagramme pour une réduction à contre-courant à 812 °C (point d'équivalence thermodynamique CO — H₂) en correspondance avec le diagramme de Chaudron; on porte le degré d'oxydation du solide $y \left(= \frac{O}{Fe} \right)$ en fonction de celui du gaz x

$$\left(= 1 + \frac{CO_2 + H_2O}{CO + CO_2 + H_2 + H_2O} \right); \text{ on désigne par :}$$

x_0 et y_0 , x_f et y_f leurs valeurs initiales et finales,

n_G et n_{Fe} les débits de gaz et d'oxydes en moles/mn,

μ la consommation spécifique de CO + H₂ en moles/mole de fer, le bilan d'oxygène dans une tranche élémentaire de la cuve s'écrit :

$$n_{Fe} dy = n_G dx$$

d'où

$$dy = \frac{n_G}{n_{Fe}} dx = \mu dx \text{ en régime permanent } \mu \text{ est constant,}$$

d'où

$$y_0 - y_f = \mu (x_f - x_0).$$

L'aciérie

L'affinage à l'oxygène et les procédés en continu constituent ici les principales mutations, réalisées ou potentielles de ces dernières années. Il faut également envisager les « autres routes vers l'acier » susceptibles de s'affirmer prochainement.

Dans les années 50, s'est imposé le *soufflage à l'oxygène* des convertisseurs (et d'une manière générale l'introduction d'oxygène dans toutes les opérations d'affinage). Déjà envisagé par Bessemer, ce principe n'a vu le jour industriellement que lorsque le prix de l'oxygène a baissé largement. Les avantages attendus de ce procédé sont les suivants (40) :

- élimination plus complète de l'azote : pour certaines applications (aciers aptes au formage à froid, aciers de construction de bonne résistance...), il faut en effet une teneur en azote inférieure à 0,01 %.
- réactions plus rapides,
- gain de calories (l'azote de l'air est chauffé inutilement),
- contrôle plus facile des fumées (volume de gaz plus faible),
- laitier hors équilibre (on peut ainsi par exemple déphosphorer sans décarburer complètement).

Mais la grande réactivité de l'oxygène aux températures élevées, vis-à-vis des tuyères et des réfractaires, a conduit au soufflage par le haut du convertisseur grâce à une lance refroidie par où l'oxygène est envoyé avec la chaux. Ce sont les procédés L.D., O.L.P., Kaldo... aujourd'hui largement répandus.

Cependant, on tend depuis quelques années à revenir au soufflage par le fond, les procédés ci-dessus présentant quelques inconvénients :

- les pertes en fer dans les scories sont plus élevées (du fait que le laitier est au contact de l'oxygène),
- le volume du laitier ayant donc augmenté, l'affinage est plus difficile à maîtriser; on impose donc des teneurs plus faibles en Mn et Si dans la fonte,
- il faut dans certains cas opérer avec deux laitiers.

On cherche donc à développer le *soufflage par le fond à l'oxygène pur* en maîtrisant l'attaque des tuyères par une injection de fuel (qui les protège de l'oxydation) ou par d'autres additifs. Les avantages de ces nouveaux procédés sont :

- brassage efficace mais calme (→ moins de projections et meilleur remplissage de la cornue),
- meilleur rendement thermique,
- fumées rousses plus faibles (de même que les rejets de chaux),
- déphosphoration poussée : P < 0,04 % avec 14 % de fer dans la scorie, mais en consentant cette fois une décarburation totale.

Plusieurs convertisseurs de 30 à 60 t ont démarré en Lorraine avec ces procédés depuis 1973, cependant que des variantes pour les inox par exemple ont également atteint le stade industriel (36, 37).

Simultanément, on voit se développer l'*affinage en poche sous vide* pour les aciers spéciaux (inox, réfractaires...). Car en fait il n'est pas tellement rationnel de faire dans le même four la fusion des ferrailles, le préaffinage et l'affinage poussé, surtout s'il s'agit d'un four électrique qui, au cours de ces diverses opérations, est très loin d'utiliser constamment toute la puissance installée. La solution technologique moderne consiste donc à transférer l'acier, préaffiné classiquement au four à arc, dans un « four-poche » servant à la fois de chauffage (électrique) pour la poursuite du travail métallurgique, de récipient pour le traitement sous vide et de poche de coulée (le brassage est magnétique); le vide permet naturellement une décarburation et une désoxygénation poussées.

Des installations industrielles sont maintenant en service avec divers procédés basés sur ces principes (36, 45).

Cette équation définit la « droite opératoire » AB :

- AC correspond (en gros) à la « zone de préparation » où le minerai est chauffé et réduit en wüstite,
- CB représente la « zone d'élaboration » : réduction en fer,
- dans le cas du haut-fourneau, cette droite se prolonge au-delà de B par un domaine traduisant la réduction directe par le carbone,
- le rendement de l'opération : oxygène réellement échangé/oxygène théoriquement échangeable, est donné par le rapport DC/DW (si la réduction est idéale la droite passe par W; le domaine hachuré est donc interdit à la droite opératoire).

Ce diagramme est aujourd'hui très largement utilisé, y compris bien sûr pour le haut-fourneau. Dans la réduction directe, la droite opératoire est en 2 tronçons; EF : oxydation du gaz par le minerai, FG : oxydation du gaz recyclé.

Dans le cas du procédé Purofer, le taux d'utilisation du gaz peut atteindre environ 45 % en produisant une éponge de fer renfermant 85 à 90 % de métal et présentant non seulement un bas taux de carbone : 0,55 %, mais également des teneurs en soufre et en azote bien plus faibles que dans le procédé classique : S : 0,004 %; N : 0,003 % (14). C'est pourquoi la mise au point d'une installation plus importante (1 000 t/j) était décidée et achevée en 1973.

La mesure électrochimique de l'activité de l'oxygène

Il n'est pas question de décrire, même sommairement, les différents aspects de l'affinage à l'oxygène qui connaît, en particulier selon la nature de la fonte, pas mal de variantes. Un aspect général évident est l'accélération de l'opération par rapport aux méthodes classiques. Et ceci entraîne la nécessité d'un contrôle rapide et sûr de l'activité de l'oxygène dissous dans le bain.

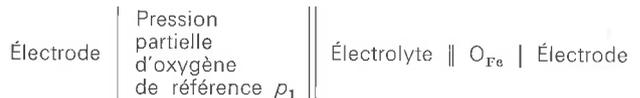
Les méthodes habituelles consistaient à prélever un échantillon (avec les aléas de la représentativité) et à doser sa teneur en oxygène par l'un des 2 procédés suivants :

- fusion réductrice, dans un creuset de graphite porté à 2 000 °C, et dosage de l'oxyde de carbone produit,
- activation neutronique (¹⁶O → ¹⁶N).

Mais dans chaque cas le délai minimum est de l'ordre de 3 minutes, donc une fraction importante de la durée d'affinage; de plus ces méthodes sont globales : elles ne séparent pas l'oxygène dissous de l'oxygène combiné.

Il fallait donc mettre au point une mesure directe (in situ) et quasi-instantanée de l'activité de l'oxygène.

Des recherches simultanées, effectuées dans divers pays, ont abouti à des réalisations industrielles basées sur la propriété qu'ont certains oxydes d'être, à haute température, des électrolytes solides conducteurs des ions O²⁻. La chaîne électrochimique est la suivante :



Soient :

a_0 l'activité de l'oxygène,

ΔG° l'enthalpie libre standard de dissolution de l'oxygène dans le fer liquide,

E la f.é.m. de la pile.

La loi de Nernst conduit alors à :

$$E = \frac{RT}{4} \left(\ln p_1 - \frac{2 \Delta G^\circ}{RT} - 2 \ln a_0 \right)$$

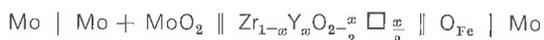
p_1 étant connue, la mesure de E donne l'activité a_0 ; on passe ensuite au besoin à la teneur en oxygène $\{0\% \}_{Fe}$ en utilisant les coefficients d'interaction e_i^0 des différents constituants du bain, par :

$$\log \{0\% \}_{Fe} = \log a_0 - \sum e_i^0 \{ \% i \}_{Fe}$$

Néanmoins, les valeurs des e_i^0 sont parfois mal connues.

Les réalisations industrielles basées sur ce principe font pratiquement toutes appel à la zircone substituée au calcium ou à l'yttrium comme électrolyte solide : $Zr_{1-x}Ca_xO_{2-x} \square_x$ (les lacunes d'oxygène facilitant la diffusion des ions O²⁻).

Dans la sonde mise au point par Olette et coll. à l'I.R.S.I.D. (38), la chaîne électrochimique est la suivante :



qui conduit à :

$$\log a_0 = 3,884 - \frac{7\,724 + 10,08 E}{T} \quad (E \text{ en mV, } a_0 \text{ en poids } \%),$$

d'où on calcule qu'en mesurant E à ± 2 mV et T à ± 5 °C (la canne comprend un thermocouple), l'incertitude sur a_0 est de l'ordre de 6 %. Avec une telle sonde, dont l'immersion dans le bain d'acier prend environ 20 secondes, la mesure de l'activité de l'oxygène prend 8 à 10 secondes seulement. C'est pourquoi cette méthode est maintenant appliquée dans des installations métallurgiques variées et à divers stades de l'élaboration, en particulier dans la désoxydation car :

- dans les aciers effervescentiels il faut trouver un compromis entre les teneurs en carbone et en oxygène pour avoir des zones d'effervescence satisfaisantes,
- dans les aciers semi-calmés il faut éviter la surdésoxydation source de porosité et de retassures, et aussi la soursdésoxydation source de défauts de surface (15).

Enfin, une conséquence du meilleur contrôle de l'oxygène est une précision accrue sur les fourchettes en éléments oxydables : Al, Si, Mn...

L'aciérie continue

Son intérêt, en partie évident, réside dans les points suivants :

- mesure et contrôle plus faciles des réactions,
- réduction des investissements : en particulier plus de machineries pour chargement, basculement (voire rotation dans le convertisseur Kaldo), et déchargement de cornues de plusieurs dizaines de tonnes de capacité (on atteint couramment 100 t),
- productivité accrue,
- uniformité de l'acier produit.

C'est pourquoi diverses réalisations sont apparues dans les grands pays producteurs d'acier :

- en Angleterre : un filet de fonte liquide est attaqué par un jet d'oxygène sous pression (procédé Bisra),
- aux États-Unis : la fonte circule dans un conduit horizontal sous des lances à oxygène (procédé Bethlehem),
- au Japon : principe assez voisin mais avec 3 réacteurs en série (procédé N.R.I.M.),
- de même en U.R.S.S. et en Australie (procédé Misis et Worcra).

La France est relativement bien placée dans cet effort multinational car l'I.R.S.I.D. a développé de bonne heure un procédé original sous la conduite de Vayssière, Trentini et Berthet (16). Il peut être décrit sommairement comme suit (*) :

- l'affinage a lieu dans un réacteur alimenté en fonte par le bas ; un jet vertical d'oxygène chargé de chaux est dirigé sur la fonte avec assez de force pour provoquer la formation d'une émulsion complexe : métal + laitier + gaz. Cette phase, sous l'effet de la montée des bulles de gaz, atteint un trop-plein qui l'écoule dans un décanteur (fig. 9),
- là se dépose le métal soutiré par un siphon, cependant que le laitier s'écoule par un orifice qui peut servir aussi à un décrassage éventuel. L'acier ainsi obtenu est désoxydé dans une poche appelée

« nuanceur » car elle permet d'ajuster la composition finale par les additions habituelles.

Pendant plusieurs années, une installation semi-industrielle a fonctionné à Hagondange (Moselle) à la cadence de 500 t/j. Ses principales caractéristiques sont les suivantes (17) :

- faibles fluctuations de composition de l'acier : en 8 jours, l'écart-type de la teneur en carbone est de 0,014 % pour une teneur visée de 0,06 % (pour cela l'opérateur joue sur la température et le débit d'oxygène),
 - la déphosphoration d'une fonte à 1,8 % de phosphore est possible ($\rightarrow < 0,02$ % dans l'acier) avec 19 % de fer dans la scorie) grâce aux échanges rapides dans l'émulsion métal-laitier ; de même la désulfuration se traduit par un coefficient de partage
- $$\alpha = \frac{(S)_{\text{laitier}}}{[S]_{\text{métal}}}$$
- meilleur que dans les procédés classiques,
- le revêtement du réacteur (en magnésie) tient relativement bien, car il ne subit pas de choc thermique et baigne dans une scorie de composition constante,
 - l'émulsion diminue les pertes en poussières et fumées rousses améliorant ainsi le rendement métallique,
 - le bilan thermique est meilleur que dans l'affinage discontinu,
 - on peut parfaitement ajouter des ferrailles (18) ou des minerais prééduits,

ce type de four est naturellement adapté à la coulée continue.

Néanmoins, malgré ses performances maintenant bien démontrées, l'avenir du procédé I.R.S.I.D. dépend de bien des facteurs, en particulier économiques et financiers, et se heurte à l'inertie inhérente à l'industrie lourde (19).

De même l'aciérie électrique continue est en voie de réalisation, avec également un procédé I.R.S.I.D. en cours de mise au point (20) et conçu avec 2 étages en série :

le 1^{er} pour la fusion de ferrailles et de minerais prééduits,

le 2^e pour l'affinage proprement dit.

Aux avantages précédents, s'ajoute ici celui d'une consommation électrique sans à coups évitant en particulier les instabilités des arcs électriques.

Autres routes vers l'acier

On sait bien que la sidérurgie conventionnelle utilise un procédé fondamentalement irrationnel puisque du minerai à l'acier on opère par surréduction et suroxydation.

Eketorp a schématisé récemment ce phénomène comme le montre la figure 10 en représentant les niveaux du potentiel d'oxygène dans la succession des opérations. Dans la figure suivante, il a porté dans le diagramme composition-température le trajet conventionnel ABCD (21).

Et dans ce diagramme d'autres possibilités théoriques apparaissent : trajet AED : le segment AE est la fusion de l'oxyde ; une addition ménagée de carbone permet d'atteindre le segment FG où coexistent

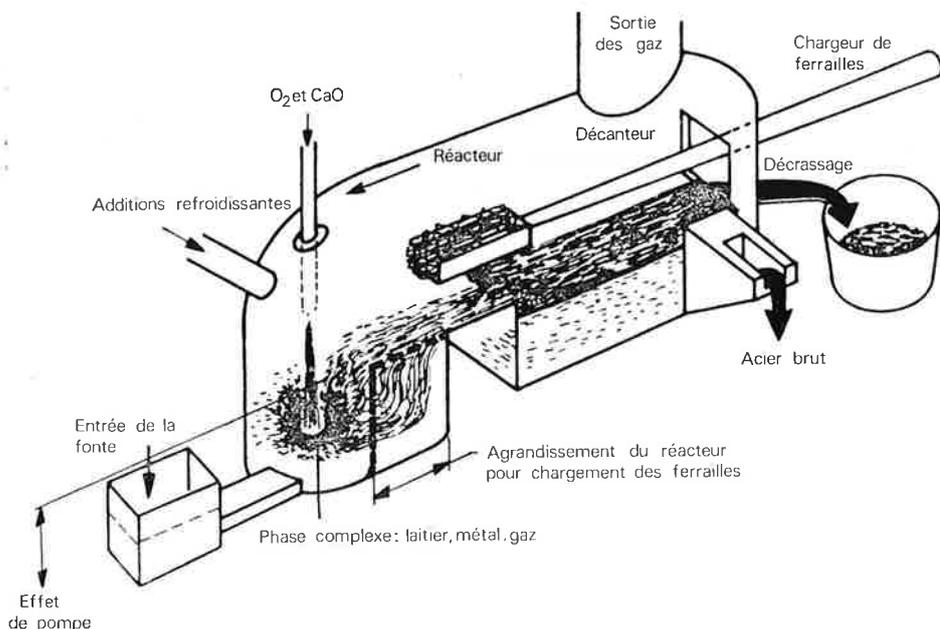


Figure 9.
Principe de l'affinage continu.

(*) Il existe un film en couleurs, disponible à l'I.R.S.I.D.

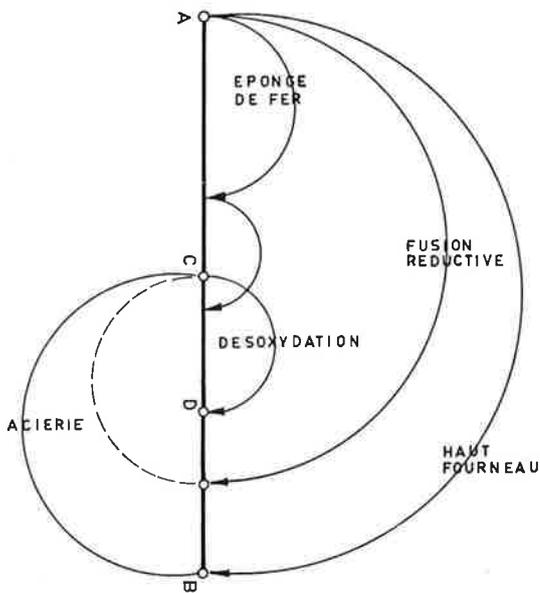


Figure 10. Niveau du potentiel d'oxygène du minerai à l'acier, selon Eketorp.

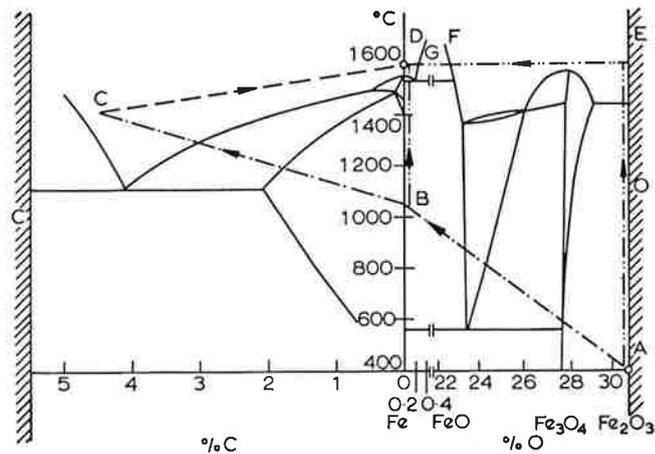


Figure 11. Méthodes de réduction dans les diagrammes Fe-O et Fe-C, selon Eketorp.

2 liquides; en soutirant le plus dense on obtient du fer à 0,25 % d'oxygène (point G); la désoxydation finale conduirait au point D (et un léger excès de carbone à la nuance d'acier désirée). Néan-

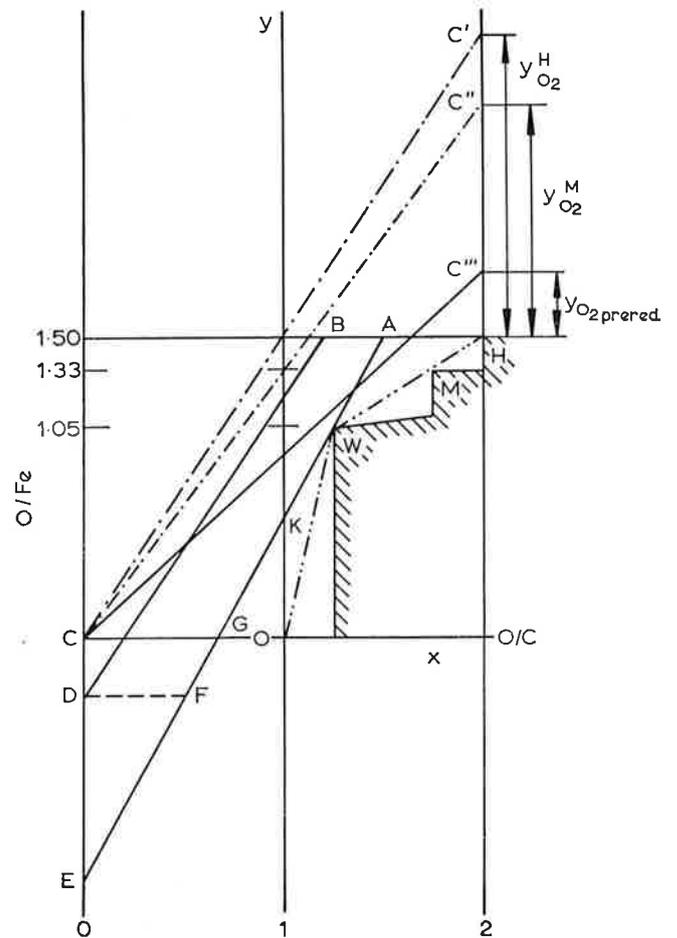


Figure 13. Diagramme d'échange d'oxygène.

moins la manipulation d'oxyde de fer liquide pose un problème de réfractaire qui n'est pas résolu, trajet ABD : il se différencie du précédent par une plus grande participation de la réduction dans l'état solide, et s'apparente à la réduction directe.

Et pour frappante qu'elle soit, cette figure ne montre pourtant pas que l'incursion dans le diagramme Fe-C, dans le procédé conventionnel, amène la réduction d'oxydes non ferreux conduisant à des éléments indésirables, par exemple le phosphore.

La figure 12 représente une proposition d'Eketorp pour une usine sidérurgique propre et continue (21); ses différents modules sont les suivants :

— fusion réductrice : le minerai est soufflé dans le bain liquide avec

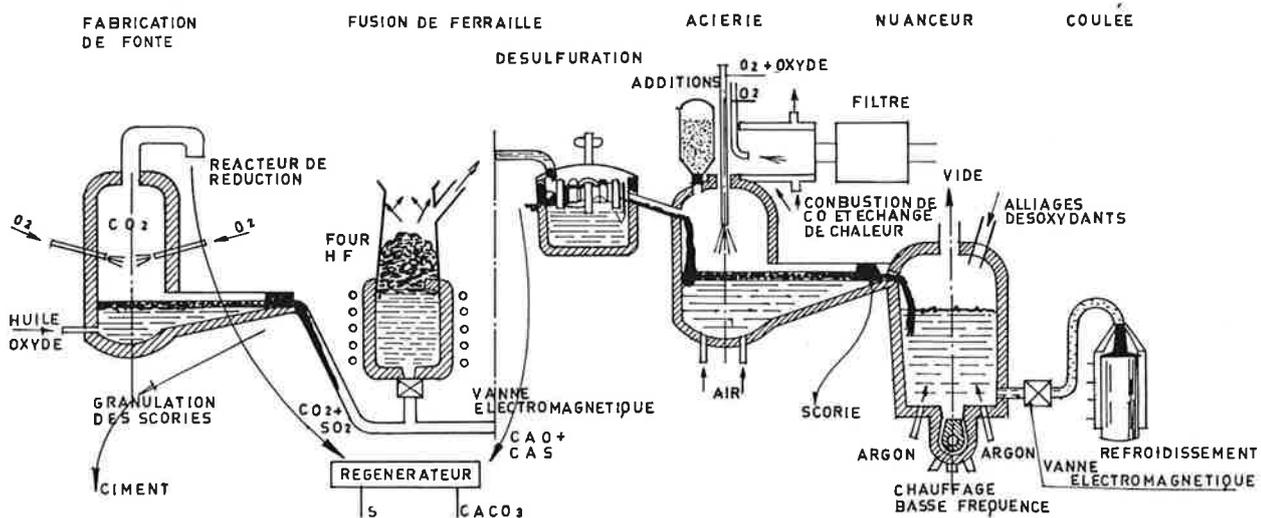


Figure 12. Proposition d'Eketorp pour une sidérurgie propre et continue

un réducteur solide ou liquide. Contrairement au cas du haut-fourneau, il n'y a pratiquement pas de réduction indirecte, l'oxyde de carbone dégagé est oxydé dans la phase gazeuse produisant des calories. La ligne opératoire du diagramme d'échange d'oxygène est ainsi plus avantageuse : la figure 13 compare différents cas :

- haut-fourneau : EA,
- réduction directe : OH,
- bas fourneau électrique : DB,
- fusion réductrice : CC', CC'' ou CC''' selon qu'on part d'hématite, de magnétite ou de minerai pré-réduit (les quantités d'oxygène nécessaires pour la combustion sont respectivement $Y_{O_2}^{H_2}$, $Y_{O_2}^{M_2}$, $Y_{O_2}^{prered}$).

— addition de ferraille fondue dans un four haute-fréquence fermé par une vanne électromagnétique qui permet de réguler le débit,

Les problèmes à l'ordre du jour

Il s'agit naturellement de la pollution et de l'énergie; il faut évoquer aussi le renchérissement des matières premières qui pourrait, concernant le minerai, bouleverser bien des points de la situation actuelle :

- revaloriser les minerais nationaux (lorrain en particulier),
- donner le feu vert aux procédés d'enrichissement de minerais pauvres mis au point dans les années 50 et relégués dans l'oubli par suite de l'offensive des minerais exotiques (par exemple grillage réducteur suivi d'un triage magnétique).

La pollution

En sidérurgie elle concerne principalement les émissions de poussières et d'effluents gazeux, essentiellement (avec, entre parenthèses, les origines par ordre d'importance) :

- CO (agglomération, haut-fourneau, cokerie),
- SO₂, SO₃ (agglomération ou bouletage, cokerie, haut-fourneau),
- NO₂, NO (haut-fourneau, agglomération, cokerie),
- HF (bouletage, agglomération, aciérie),

avec parfois des aspects spectaculaires (fumées rousses). Ceci a conduit la profession à créer, en France :

- une commission spéciale de l'Association Technique de la Sidérurgie,
- un laboratoire d'Études et de Contrôle de l'Environnement Sidérurgique (L.E.C.E.S.),

et dans tous les domaines un effort est entrepris, stimulé par de nouvelles réglementations.

Citons simplement ici quelques réalisations :

- le haut-fourneau n° 4 de Dunkerque a subi en 1973 les aménagements suivants (22) :

- dépoussiérage de la préparation et du chargement,
- captage et évacuation des fumées dans les halles de coulée,
- décompression du sas dans l'épuration secondaire,
- évacuation des poussières de gaz par transporteur spécial,
- granulation étanche du laitier,

notons cependant que tous les hauts-fourneaux ne se prêtent pas aisément à un tel assainissement (mais un haut-fourneau est en principe étanche et ne pollue l'atmosphère que par ses périphériques (granulation du laitier, coulée de fonte) ou par suite d'accidents),

- le captage des gaz de convertisseur est rendu possible par un procédé I.R.S.I.D.-C.A.F.L. qui permet un dépoussiérage poussé des gaz; il est appliqué en France à une douzaine de convertisseurs (23),

- les émissions de fluor sont limitées en agglomération par un indice de basicité élevé, le fluor restant alors fixé sous forme de CaF₂ non toxique (l'idéal serait cependant un dépoussiérage humide qui retiendrait HF); en aciérie on tend à remplacer le spath fluor par des fondants non fluorés (24),

- il est clair que les procédés continus se prêteront mieux à des dispositifs anti-pollution car ils marchent sans à-coups.

Cependant des recherches fondamentales sont encore largement nécessaires, ne serait-ce que pour mettre au point les appareils et les méthodes de détection d'effluents gazeux qu'il s'agit de mesurer dans la gamme des v.p.b. (volumes par milliard).

C'est ainsi que, pour informer ses commettants, le L.E.C.E.S. a entrepris une étude du matériel concernant SO₂ considéré comme un traceur de la pollution sidérurgique. Or pour cela il faut disposer d'un équipement délivrant un gaz d'étalonnage en continu et à très faible teneur en polluant. Dans ce but le L.E.C.E.S. a mis en œuvre la récente technologie américaine des tubes de perméation (25) qui constitue actuellement la meilleure méthode dans ce domaine, et dont l'aspect général et fondamental mérite une brève description.

Comme le montre la figure 14, c'est un appareil d'une rare simplicité, constitué d'un récipient cylindrique renfermant le gaz liquéfié et muni d'une membrane en téflon à travers laquelle le gaz diffuse.

- à ce stade, le métal contient environ 3-4 %C; il est désulfuré par CaO jusqu'à S ≤ 0,005 %; ce soufre est récupéré dans un générateur sous l'action de CO₂ + SO₂ provenant du premier réacteur,
- affinage avec lance à oxygène verticale et agitation par soufflage d'air par le fond (seul C est à éliminer, il n'y a ni Si ni P),
- désoxydation sous argon,
- coulée continue.

Il faut noter que dans cette chaîne complète, seuls les 3 premiers modules n'ont pas fait leurs preuves industriellement. Il ne s'agit donc ni d'une utopie, ni d'un projet définitif. En particulier il y aurait lieu de prévoir, entre les différents modules, des dispositifs tampons, susceptibles de stocker le produit semi-fini; sinon en cas d'incident (technique ou social) en un point quelconque de la chaîne, tout ce qui est en aval doit s'arrêter (43).

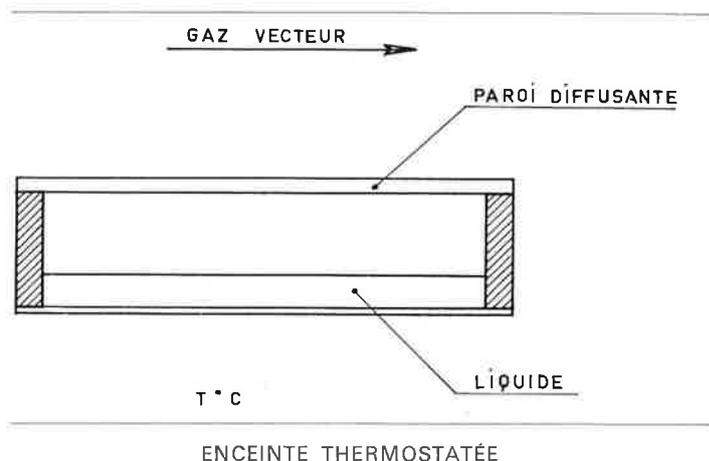


Figure 14.
Tube de perméation.

Il est évident que le débit du tube est donné par :

$$q = DSs \frac{p_1 - p_2}{e}$$

avec

- D : constante de diffusion,
- S : solubilité du gaz dans la membrane,
- s : surface de la membrane,
- e : épaisseur de la membrane,
- p_1, p_2 : pression partielle du gaz à l'intérieur et à l'extérieur,

Lucero a montré qu'en régime stationnaire une expression plus complète est donnée par (26) :

$$q = \frac{2\pi L P^0 e^{-E/RT} (p_i - p_e)}{\ln r_i/r_e}$$

avec

- L : longueur du tube,
- P^0 : coefficient de perméabilité de la paroi diffusante,
- E : énergie d'activation de la perméabilité,
- p_i, p_e : pression partielle (interne, externe) du gaz,
- r_i, r_e : rayons du tube (interne, externe),
- p_i étant également une fonction exponentielle de la température (loi de Clapeyron). Cette expression explicite les paramètres expérimentaux, et montre que :

la vitesse de perméation est une fonction linéaire de la pression externe (elle-même liée à l'écoulement du gaz vecteur et à son débit masse),

il faut thermostatier l'appareil, à cause des variations de la perméabilité et de la pression interne du gaz,

enfin on peut ainsi calculer le temps nécessaire pour atteindre un nouvel équilibre après une perturbation (25).

Le L.E.C.E.S. a mis en œuvre de tels tubes pour SO₂, H₂S, NH₃, HF, CH₃SH, NO₂. Certains montages portatifs permettent le calibrage des analyseurs sur sites sidérurgiques (mais en fait utilisables partout où se produisent des combustions industrielles). Par la suite les autres polluants seront pris en compte.

Enfin, en ce qui concerne la pollution de l'eau, la sidérurgie, du fait qu'elle met en jeu des températures élevées, nécessite de grandes quantités d'eau (200 tonnes d'eau par tonne d'acier) (41); et de la

cokerie au laminoir on enregistre diverses sources de pollution (42). La solution radicale est donc l'utilisation maximale d'eau en circuit fermé, comme cela s'était d'ailleurs déjà imposé dans les régions manquant d'eau douce.

L'énergie

C'est un point sensible pour la sidérurgie : après E.D.F. c'est en effet l'industrie qui consomme le plus d'énergie (du coke à l'électricité en passant par les dérivés du pétrole, le gaz naturel...).

Astier et coll. ont fait récemment le point de cette question pour la France (27). Ils notent que depuis longtemps les efforts ont porté sur une diminution de la consommation spécifique (c'est-à-dire par tonne d'acier) on constate une évolution régulière qui la fait passer de :

6 700 th/tonne d'acier lingot. (non laminé) en 1955 à 5 600 th/tonne d'acier lingot en 1973 (7 150 pour l'acier laminé).

La répartition entre les principaux postes étant la suivante :

50 % pour le haut-fourneau,

17 % pour l'agglomération,

20 % pour le laminage (davantage si on tient compte des chutes).

D'où l'intérêt de la recherche de la diminution des mises au mille :

coke/tonne de fonte,

acier liquide/acier laminé.

Conclusion

Ce bref tour d'horizon de la sidérurgie moderne ne prétend pas avoir recensé tous les aspects concernant le chimiste ; l'auteur y a naturellement développé quelques-uns des points qui lui sont les plus familiers.

Il aurait fallu par exemple donner un aperçu des deux rubriques suivantes touchant particulièrement à la chimie : les réfractaires et les méthodes d'analyse.

L'importance des réfractaires est telle que souvent « ils décident de la validité d'un procédé » (21), en ce sens qu'ils jouent sur le coût, la température maximale, le transfert de chaleur et les inclusions.

Aussi des solutions radicales ont été envisagées pour limiter cette contrainte :

réacteur tournant à une vitesse telle que le métal est centrifugé vers la paroi ainsi isolée de la scorie,

chemises métalliques refroidies sur lesquelles la scorie vient se solidifier formant un « auto-creuset » (les pertes thermiques ne seraient pas excessives).

Et en attendant la mise au point (problématique) de nouveaux réfractaires de qualité exceptionnelle, on améliore constamment les matériaux traditionnels. Par exemple, dans le haut-fourneau, une qualité essentielle d'un réfractaire de haut niveau est sa résistance à l'action des alcalins (29) : le laitier alcalin présent dans le briquetage des étalages peut contenir couramment 55 % de K_2O et 10 % de Na_2O (30) ; c'est dire que les alcalins sont présents et agressifs aussi bien pour les silico alumineux (31) que pour les briques de carbone (formation de combinaisons graphite-alcalins). Ces réfractaires sont encore soumis à (30) :

l'action des laitiers primaires,

celle du fer liquide en cours de carburation.

Bibliographie

(1) M. Wittmann et C. Thouvenot, La mutation de la sidérurgie, Masson, 1972.

(2) N. Ponghis et V. Leroy, Circulaires d'informations techniques du C.D.S., 1972, p. 583.

(3) O. Nyquist, *Jernkont. Ann.*, 1962, 146, 82.

(4) C. Barry et A. Didier, Circulaires d'informations techniques du C.D.S., 1973, p. 417.

(5) I. Gaballah, Thèse, Nancy, 1970.

(6) C. Le Corre, Thèse, Nancy, 1973.

(7) I. Gaballah, F. Jeannot et C. Gleitzer, *Mem. Sci. Rev. Met.*, 1972, 69, 513.

(8) L. Von Bogdandy et H. J. Engell, The reduction of iron ores, Springer Verlag, 1971.

(9) P. Dancoisne et J. Michard, Congrès Int. Charleroi « Coke en sidérurgie », 1966, p. 425.

(10) R. Nicolle et A. Rist, 15^e Séminaire de Thermodynamique et Physico-Chimie Métallurgique I.R.S.I.D., Maizières-les-Metz, 1974.

Il a été question de la première au paragraphe 2, quant à la seconde elle sera très améliorée par la coulée continue (moins de chutes et pas de réchauffage).

En considérant, par ailleurs, les différentes filières d'élaboration de l'acier liquide, Astier et coll. retiennent 3 possibilités (entre parenthèses sont donnés les rendements par rapport à l'énergie théoriquement nécessaire pour préparer une tonne de fer liquide, à 1 600 °C, à partir de Fe_2O_3 , compte tenu des apports usuels de ferraille).

1. Usine moderne de conception classique, avec minerai riche : 3 400 th/t (50 %).

2. Idem avec minerai pauvre : 4 700 th/t (38 %).

3. Préréduction de minerai riche + four électrique : 4 500 th/t (40 %).

La filière 3 n'est donc pas avantageuse, mais il faut remarquer que :

— ce procédé récent est encore largement perfectible,

— il s'accommode d'hydrocarbures abondants dans certains pays,

— il sera bien adapté à l'énergie d'origine nucléaire.

A ce sujet, il faut préciser que si l'énergie nucléaire fournit de l'électricité et de l'hydrogène, la filière classique s'y prêterait également :

— il faudrait développer l'injection d'hydrogène dans le haut-fourneau (au niveau du bas de cuve et non seulement aux tuyères),

— en chargeant le haut-fourneau avec des minerais préréduits à l'hydrogène,

— tandis que les fours et laminoirs pourraient facilement être alimentés intégralement à partir d'hydrogène et d'électricité (28).

l'érosion mécanique,

l'action moins définie d'éléments comme le zinc,

la décomposition de CO au cœur des maçonneries.

Pour ce dernier point, on connaît depuis longtemps le rôle catalytique du fer, mais Poirson a montré en 1967 que, moyennant certains traitements thermiques, les composés ferreux contenus dans les briques alumineuses ne conduisent pas toujours à du fer actif car il est en partie sous forme d'îlots très fins ($\varnothing < 150 \text{ \AA}$) noyés dans la matrice d'alumine (32). D'où l'intérêt des matériaux à très haute teneur en alumine (33).

Quant à l'analyse chimique, elle a progressé à tous les stades de la chaîne : minerai et aggloméré (34), fonte et acier (35), mettant en œuvre tout l'arsenal des méthodes physicochimiques modernes, comme par exemple la spectrométrie Mössbauer (6). Il en va de même pour l'analyse des phases constituant les minerais, les agglomérés... ; là aussi la spectrométrie Mössbauer a été développée avec succès (6).

Même incomplet, cet exposé suffit donc à montrer l'ampleur de la mutation de la sidérurgie au cours de ces dernières années, et le rôle joué par la chimie. Mais il découvre également les nombreux problèmes qui restent à résoudre et le champ passionnant d'activité qui est ouvert à la recherche fondamentale et appliquée.

L'auteur remercie MM. A. Berthet et C. Offroy, Ingénieurs à l'I.R.S.I.D., M. I. Gaballah, Attaché de recherches au C.N.R.S., et M. F. Klein, Ingénieur au L.E.C.E.S., pour leurs commentaires et leurs conseils amicaux.

- (21) S. Eketorp, *Iron and Steel Conf.*, Londres, 1971.
- (22) A. Cauchy, Circulaires d'information techniques du C.D.S., 1975, p. 25.
- (23) P. Cesselin et coll., Circulaires d'information techniques du C.D.S., 1974, p. 1459.
- A. Maubon, *Iron and Steel Engineer*, 1973, 50, 87.
- (24) M. Bojic, G. Jecko, F. Klein et J. Raguin, Circulaires d'information techniques du C.D.S., 1975, p. 439.
- J. K. Stone, *L.D. Process Newsletter*, 1972, 60, 1.
- (25) P. Geny, F. Klein et J. Raguin, Circulaires d'information techniques, 1973, p. 2457.
- (26) D. P. Lucero, *Anal. Chem.*, 1971, 43, 1744.
- (27) J. Astier, H. Della Casa et P. Emery, Circulaires d'information techniques du C.D.S., 1975, p. 101.
- J. Astier et J. Michard, *Revue Française de l'Énergie*, avril 1968, n° 200.
- (28) J. Astier, Circulaires d'information techniques du C.D.S., 1975, p. 369.
- (29) L. Halm, Circulaires d'information techniques du C.D.S., 1973, p. 741.
- (30) G. König et coll., Circulaires d'information techniques du C.D.S., 1971, p. 1089.
- (31) A. Bon, Travaux non publiés.
- (32) G. Poirson, *Thèse*, Nancy, 1967.
- (33) J. M. Bauer, Circulaires d'information techniques, 1975, p. 3.
- (34) G. Jecko, Circulaires d'information techniques du C.D.S., 1970, p. 2479 et 1972, p. 143.
- (35) G. Jecko et coll., Circulaires d'information techniques du C.D.S., 1970, p. 545.
- P. de Gelis, Circulaires d'information techniques du C.D.S., 1970, p. 1825.
- (36) M. Cadart et coll., Alloy Steel Producers Assoc. India, Congrès de Bengalor, 1974.
- (37) K. Brotzmann, *Teknik und Forschung*, 1968, 41, 718.
- (38) C. Gatellier, K. TorrSELL, M. Olette, N. Meysson, M. Chastant, A. Rist et P. Vicens, *Revue de Métallurgie*, 1969, 66, 673.
- (39) D. Borgnat, H. Della Casa, M. Schneider et C. Staib, Journées Internationales de Sidérurgie, Dusseldorf, 1974.
- (40) Basic Oxygen Furnace Steelmaking, vol. 1, Ed. Iron and Steel Soc. of A.I.M.E., New York, 1974.
- (41) H. Darnell, *Metals and Materials*, Janvier 1974.
- (42) J. L. Harrisson, *Steel Times*, Septembre 1974, p. 557.
- (43) P. Vayssières, Communication personnelle.
- (44) A. Rist et G. Bonnivard, *Revue Métallurgie*, 1963, 60, 23; 1966, 63, 197.
- G. R. Saint Pierre, *The Physical chemistry of steelmaking*, Wiley, New York, 1958.
- (45) A. Eggenhofer et coll., *Berg und Hüttenmännische Monatshefte* 1974, 119, 338.

Méthodes et techniques

La spectroscopie de photoélectrons induits par rayons X et ses applications en chimie organique

par Michèle Dessolin *

(Laboratoire de physico-chimie instrumentale, Université Paris VII, 2, place Jussieu, 75221 Paris Cedex 05)



La spectroscopie de photoélectrons induits par rayons X, que nous désignerons par le sigle S.P.X. (et qui est aussi appelée X.P.S. : X ray Photoelectron Spectroscopy ou E.S.C.A. : Electron Spectroscopy for Chemical Analysis) a été développée à l'origine par l'équipe de K. Siegbahn à l'Institut de Physique de l'Université d'Uppsala (1). La mesure à haute résolution de l'énergie cinétique des photoélectrons émis par une substance irradiée par des rayons X nous permet de déterminer l'énergie de liaison de l'électron pour chaque couche des divers atomes d'une molécule.

Par le domaine d'énergie mis en jeu, c'est une technique complémentaire des autres méthodes physiques.

Divers ouvrages décrivent le principe, le dispositif expérimental et les applications de cette technique à l'étude des problèmes chimiques (2-7). Deux articles de revue contenant respectivement 166 et 545 références regroupent toute la littérature publiée sur la S.P.X. qui figure dans les « Chemical Abstracts » pendant la période 1968-1973 (8-9). Bien que ce soit dans le domaine de l'analyse des surfaces que cette technique s'avère particulièrement appropriée, elle a été largement testée en chimie organique (10-16).

Dans ce mémoire, nous souhaitons donner un aperçu des possibilités offertes par la spectroscopie de photoélectrons induits par rayons X pour résoudre certains problèmes de la chimie organique, et mettre en évidence les limites actuelles de cette méthode. Nous n'aborderons pas deux aspects souvent fructueux de la S.P.X. : l'exploitation des pics Auger et l'étude des bandes de valence.

I. Problèmes particuliers aux composés organiques dans l'application de la méthode E.S.C.A.

Le problème de l'étalonnage du spectromètre est particulièrement difficile à résoudre dans le cas de l'étude des composés organiques et la méthode adoptée dépend de l'état physique de l'échantillon. Peu d'exemples d'étude de liquides ou de solutions en phase liquide sont actuellement rapportés dans la littérature (17). Les composés gazeux ou liquides à température ordinaire sont étudiés à l'état gazeux ou bien ils sont congelés sur un support refroidi. La valeur de l'énergie

Adresse actuelle : Laboratoire de chimie organique biologique, Université de Paris-Sud, Bât. 420, 91405 Orsay.

de liaison déterminée pour l'état solide est proche de celle caractérisant le même composé à l'état gazeux (18). Les échantillons gazeux présentent l'avantage d'une calibration facile du spectromètre par mélange

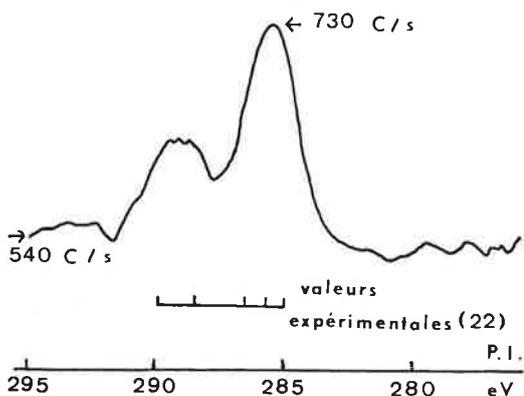


Figure 1.
Spectre C 1s de la thymine, Brundle (21).

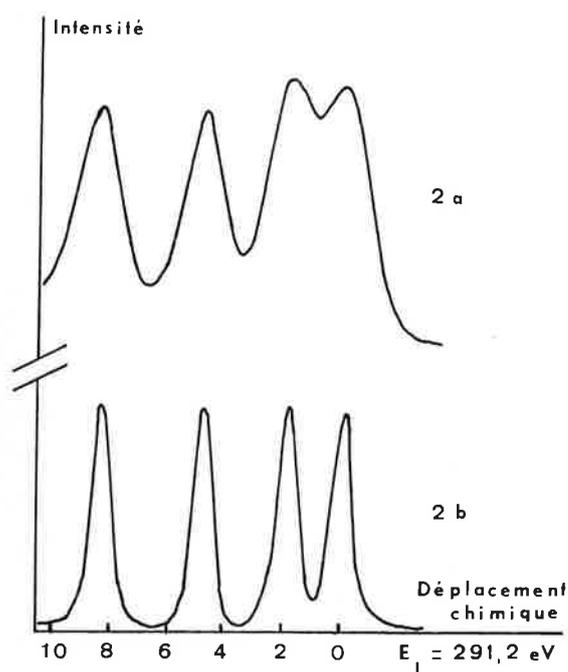


Figure 2.
Spectre C 1s du trifluoracétate d'éthyle, Siegbahn (24) :
a. sans monochromateur,
b. avec monochromateur.

II. Application à l'étude des composés organiques

1. Analyse quantitative

L'énergie de liaison d'un électron étant caractéristique de l'atome, la S.P.X. permet de faire rapidement l'analyse qualitative des éléments présents et même de préciser leur degré d'oxydation dans la molécule. La sensibilité de cette méthode généralement moyenne peut être grande pour certains éléments (25) et Siegbahn a détecté la présence d'un atome de cobalt parmi les 180 atomes de la vitamine B₁₂ (2). La surface du pic obtenu pour un niveau électronique d'un élément est proportionnelle au nombre d'atomes de l'élément caractérisés par cette énergie dans la molécule (cf. figure 4, 2 pics d'intensité relative 1 : 2 sur le spectre C 1s de l'acétone; 2 pics d'égale intensité sur le spectre N 1s du nitro-3 benzène-sulfonamide) : l'analyse quantitative est donc possible. Comme d'autres facteurs que la concentration de l'élément interviennent (section efficace de photoionisation, atténuation du flux de photoélectrons au cours du trajet parcouru dans la matière, efficacité du détecteur en fonction de l'énergie du photoélectron...), il est nécessaire de calibrer le spectromètre avant de procéder à des mesures quantitatives. Enfin, seule la surface de

d'un gaz (CF₄ par exemple pour l'étude du carbone). Dans le cas des solides isolants ou semi-conducteurs, l'émission de photoélectrons provoque l'apparition d'une charge positive à la surface de l'échantillon, ce qui peut amener un déplacement des pics du spectre. Plusieurs méthodes ont été proposées pour corriger cet effet de charge (19). Un étalon d'énergie peut être ajouté à l'échantillon (mélange mécanique de graphite, évaporation sous vide d'une mince couche d'or); le pic de carbone de contamination provenant d'un léger dépôt d'huile de pompe à vide sur la surface de l'échantillon, souvent utilisé comme étalon pour les échantillons minéraux (20) est généralement confondu avec l'un des pics de carbone des produits organiques. Dans la mesure du possible, il est donc souhaitable de repérer les énergies de liaison des électrons par rapport à celle connue caractérisant l'un des atomes de la molécule étudiée.

Une autre difficulté inhérente aux composés organiques est que les déplacements chimiques peuvent être faibles et la déconvolution des spectres souvent nécessaire peut conduire à des résultats peu sûrs. A titre d'exemple, nous pouvons citer le cas de la thymine (21) : à partir du spectre du carbone 1s (figure 1), cinq valeurs d'énergies de liaison des électrons (ou potentiels d'ionisation) ont été déterminées entre 284,7 et 287,8 eV (22).

L'utilisation d'un monochromateur permet néanmoins d'améliorer la résolution des spectres de photoélectrons (23) (figure 2). La largeur naturelle à mi-hauteur de la bande résultant de la superposition des raies K α_1 et K α_2 qui est de 0,95 eV pour l'aluminium (figure 3) (soit de 1,10 eV environ sur le spectre photoélectronique) est réduite à 0,20 eV par l'utilisation du monochromateur (soit 0,50 eV environ sur le spectre de photoélectrons).

Malgré les difficultés techniques qui viennent d'être exposées, la spectroscopie de photoélectrons induits par rayons X peut être un outil précieux pour les chimistes organiciens.

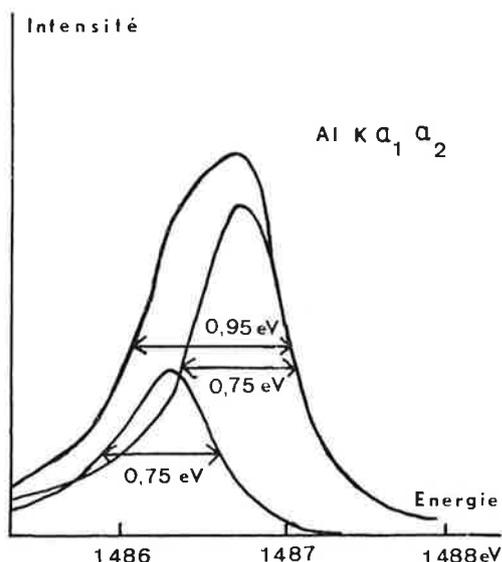


Figure 3.
Doublet K α_1 K α_2 de l'aluminium, Siegbahn (2).

l'échantillon est analysée par cette technique (les électrons éjectés proviennent d'une profondeur inférieure à 100 Å (2)) et les résultats obtenus ne concordent avec ceux de l'analyse pondérale que dans la mesure où la composition de la surface reflète celle du cœur de l'échantillon.

2. Corrélation entre les déplacements chimiques expérimentaux et les charges calculées pour différents atomes

Les études systématiques effectuées sur les composés organiques ont montré comment les déplacements chimiques observés pour les atomes de carbone, azote, oxygène, phosphore, soufre, ..., dépendaient de l'environnement de l'atome considéré.

Carbone

Parmi les travaux portant sur l'étude du spectre du carbone de différentes fonctions chimiques, nous citerons ceux de Siegbahn et coll. (18) pour l'état d'hybridation sp³ dans les composés saturés (amines, alcools, éthers, dérivés halogénés), l'état d'hybridation sp² dans le

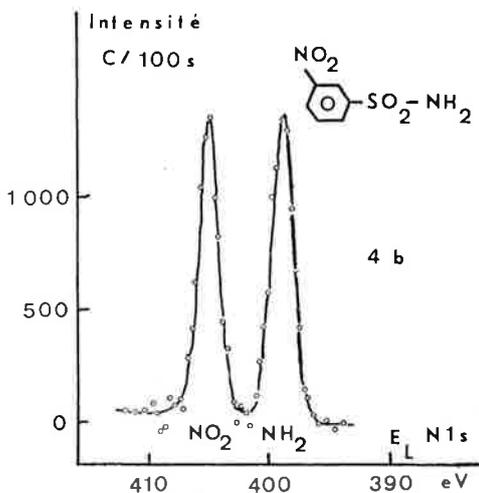
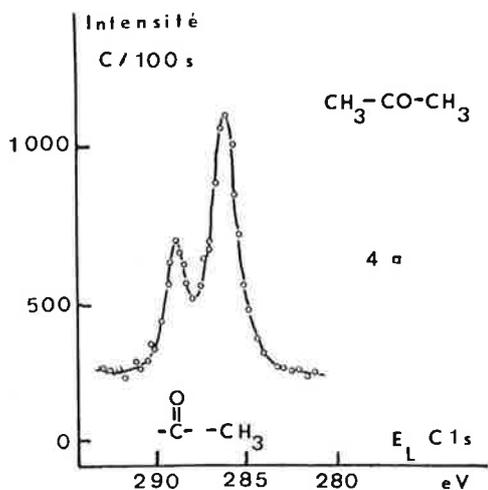


Figure 4.
 a. Spectre C 1s de l'acétone, Siegbahn (3).
 b. Spectre N 1s du nitro-3 benzènesulfonamide, Siegbahn (35).

groupement carbonyle (aldéhydes, cétones, acides, esters, amides) et les composés aromatiques, puis l'état d'hybridation sp . La figure 5 donne l'énergie de liaison de l'électron 1s du carbone de différentes

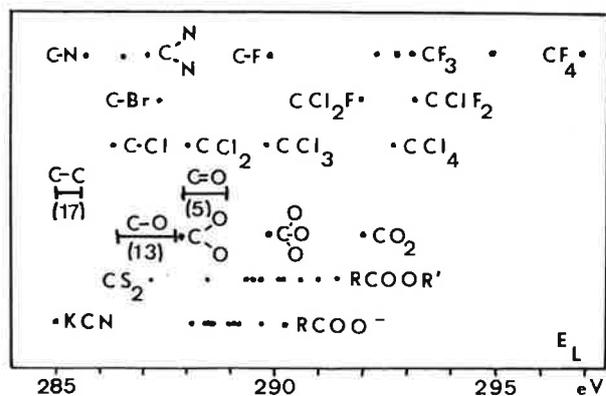


Figure 5.
 Énergies de liaison C 1s pour divers groupements fonctionnels. Valeurs de Siegbahn (18) rassemblées par Hercules (11). Le nombre de composés utilisés pour les corrélations est indiqué entre parenthèses.

fonctions et la figure 6 montre que les déplacements chimiques se corrèlent sur la même droite en fonction de la charge q_p (calculée par la méthode de Pauling) quel que soit l'état d'hybridation du carbone.

Il en est de même pour la relation entre le déplacement chimique expérimental et le déplacement chimique calculé à partir des charges obtenues par la méthode CNDO et en tenant compte du potentiel moléculaire. Siegbahn (18) montre qu'il y a additivité de l'effet des substituants et que le déplacement chimique peut être évalué empiriquement, sans avoir recours à des calculs compliqués, en faisant la somme des déplacements chimiques induits par les différents groupes substituant le carbone. Ceci est valable lorsque les substituants peuvent être considérés comme indépendants les uns des autres. Des hydrocarbures simples ont également été étudiés (26) ainsi que des hétérocycles à 5 atomes saturés (27) ou non (28), des composés aromatiques et leurs dérivés perfluorés (29), des pseudohalogènes (30), les dérivés fluorés de petites molécules (31), des fluorobenzènes (32), ... et récemment les chlorobenzènes (33).

Azote

Diverses corrélations entre l'énergie de liaison de l'électron 1s de l'azote et la charge calculée ont été rapportées. Pour Hollander (34), la répartition des anions et des molécules neutres sur 2 droites est un artefact de la méthode de calcul des charges (CNDO). Siegbahn et coll. (35) obtiennent une corrélation non linéaire pour une série de 27 composés organiques (figure 7). Les déviations observées pour 4 composés sont expliquées par l'incertitude sur le calcul de la charge (méthode de Pauling).

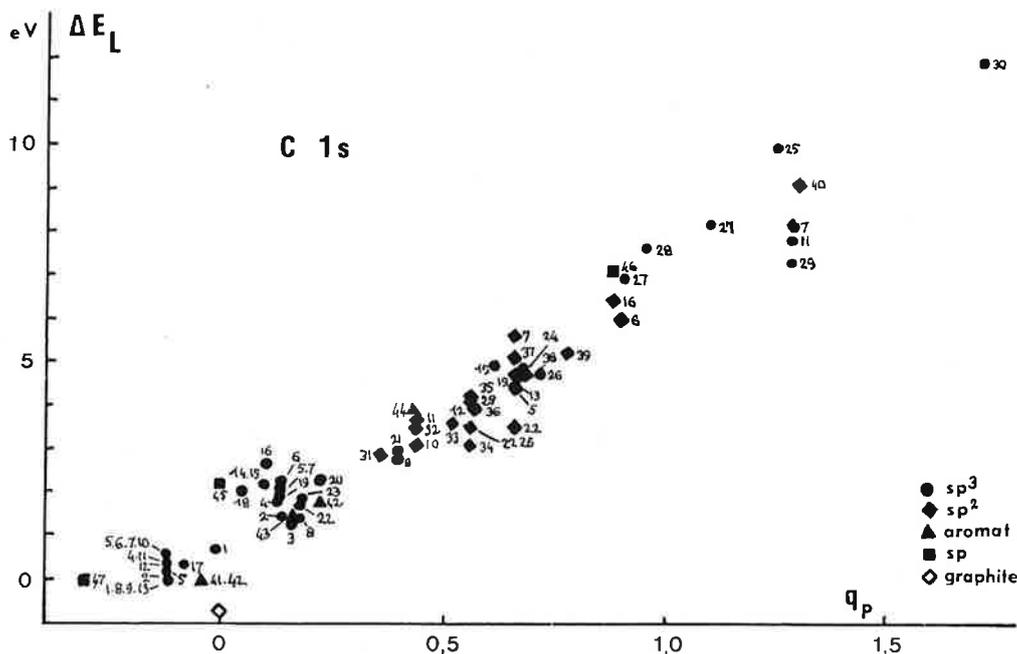


Figure 6.
 Déplacement chimique pour C 1s en fonction du paramètre de charge calculé suivant la méthode de Pauling, Siegbahn (18).

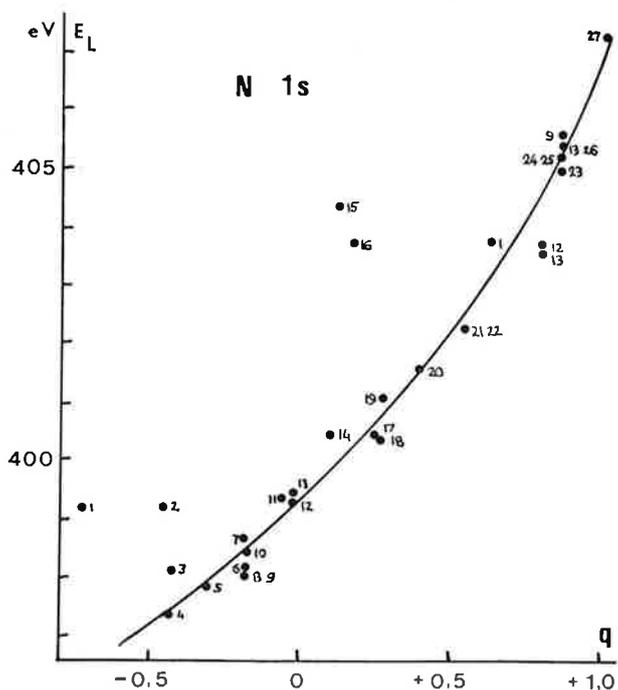


Figure 7.
Énergie de liaison N 1s en fonction de la charge calculée, Siegbahn (35).

Pour certains composés tels que la *p*-nitroaniline, un 2^e pic est obtenu à côté de celui attendu pour le groupement —NO₂ et le produit se décolore : ce sont des exemples de décomposition sous l'influence du rayonnement X.

Hercules (10) a corrélé les données de Siegbahn (35) pour l'énergie de liaison 1s de l'azote avec la fonction azotée présente dans la molécule (figure 8). Il a également étudié systématiquement une soixantaine de composés à ammonium quaternaire, de façon à mettre en évidence l'influence de divers facteurs (substituants, contre-ion, basicité, ...) (36).

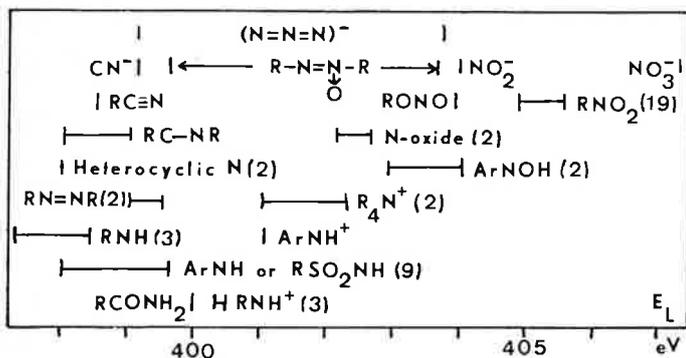


Figure 8.
Énergies de liaison N 1s pour diverses fonctions azotées. Valeurs de Siegbahn (35) rassemblées par Hercules (10). Le nombre de composés utilisés pour la corrélation est indiqué entre parenthèses.

Phosphore

Pelavin (37) n'obtient pas de corrélation entre l'énergie de liaison de l'électron 2p du phosphore et la charge calculée par différentes variantes de la méthode de Hückel étendue : il en conclut que la méthode de calcul, satisfaisante pour l'atome d'azote, n'est pas utilisable pour le phosphore. De même, l'étude des sels de phosphonium quaternaires effectuée par Hercules (38) montre l'absence de corrélation entre le déplacement chimique et l'électronégativité du substituant, même lorsque des corrections sont faites pour tenir compte de l'influence du contre-ion. Cependant, une relation linéaire existe entre le déplacement chimique observé et la somme des déplacements partiels caractéristiques des groupes substituant le phosphore pour une série de 49 composés organophosphorés (39) (figure 9).

Soufre

C'est probablement l'élément qui a été le plus étudié dans les composés organiques par spectrométrie de photoélectrons. Siegbahn et coll. (40)

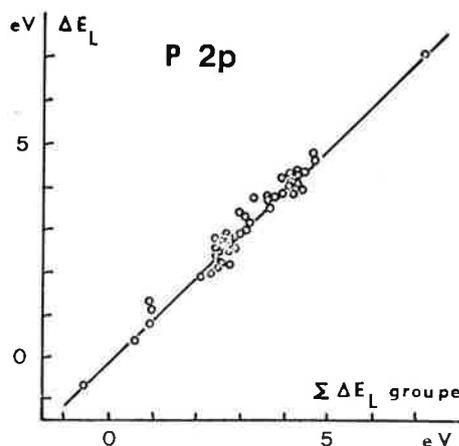


Figure 9.
Déplacement chimique global observé en fonction de la somme des déplacements chimiques des groupes pour P 2p, Hedman (39).

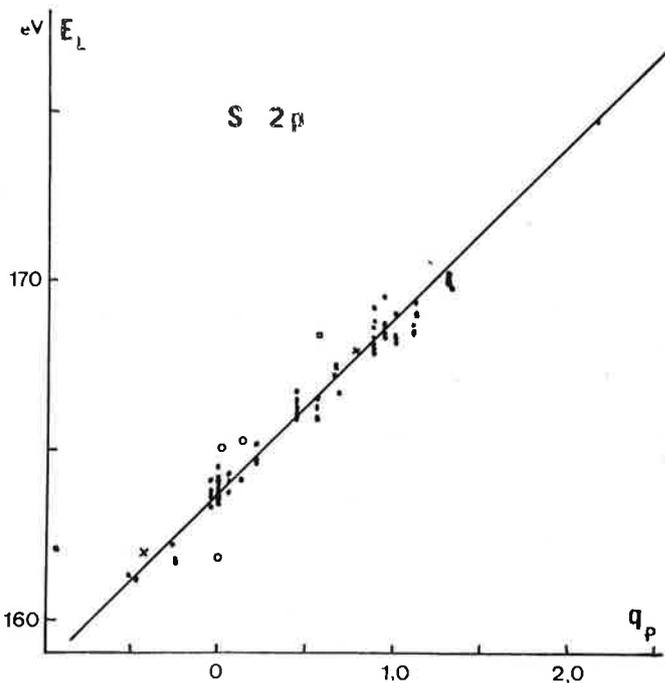


Figure 10.
Énergie de liaison S 2p en fonction du paramètre de charge, Siegbahn (40).

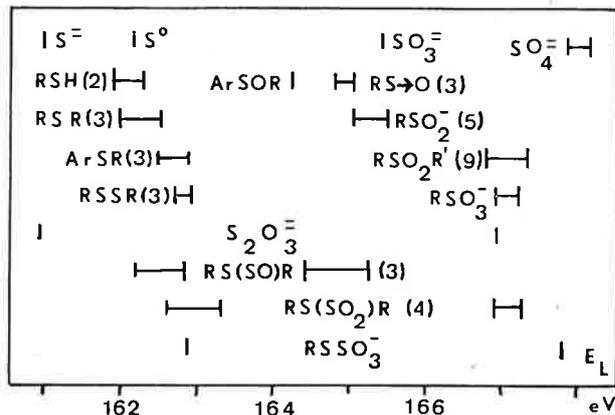


Figure 11.
Énergie de liaison S 2p pour différentes fonctions. Valeurs de Siegbahn (2) rassemblées par Hercules (10). Le nombre de composés utilisés pour les corrélations est indiqué entre parenthèses.

ont corrélé l'énergie de liaison de l'électron $2p$ du soufre et la structure de 136 composés organiques contenant du soufre. L'influence de la structure est discutée en terme de charge atomique calculée d'après la méthode de Pauling : une relation linéaire est obtenue entre l'énergie de liaison et le paramètre de charge q_p (figure 10).

La figure 11 montre comment l'énergie de liaison de l'électron $2p$ du soufre dépend du degré d'oxydation de cet atome pour différentes fonctions.

Oxygène

Pour l'atome d'oxygène, une corrélation entre l'énergie de liaison de l'électron $1s$ et la charge calculée existe (2), mais le déplacement chimique maximal observé est faible (4 eV seulement, tandis qu'il est de 8 eV pour le soufre et le phosphore, 12 eV pour l'azote et le carbone). Un pic correspondant à des composés oxygénés adsorbés (probablement H_2O) est toujours présent dans les spectres des solides étudiés en S.P.X.

3. Étude des liaisons chimiques

L'énergie de liaison d'un électron d'une couche profonde d'un atome étant reliée à la charge portée par cet atome, la spectrométrie de photoélectrons induits par rayons X est utilisée pour l'étude des liaisons chimiques.

Siegbahn et coll. (40) ont fait une étude approfondie de la liaison entre le soufre et l'oxygène. En comparant l'énergie de liaison $0\ 1s$ dans le groupement sulfoxyde à celle de $0\ 1s$ dans un groupement $X = O$ de référence contenu dans la même molécule (>C=O , $-\text{NO}_2$, $-\text{COO}^-$), ils trouvent pour le groupement sulfoxyde une polarité comparable à celle du carbonyle. De l'étude des énergies de liaison $0\ 1s$ et $S\ 2p$ dans les dérivés plus ou moins oxydés du soufre, ils déduisent que les sulfones sont plus polaires que les sulfoxydes. Le spectre $0\ 1s$ des sulfinates et des sulfonates ressemble à celui des carboxylates. Dans les esters sulfureux et les sulfates d'alcyle, deux types d'oxygène se distinguent. L'obtention d'énergies de liaison $S\ 2p$ voisines dans les sulfoxydes et les sulfonium est expliquée par l'influence du contre-ion associé au sulfonium. La polarité de la liaison entre le soufre et l'azote a été étudiée dans les sulfimides (41).

La délocalisation d'une charge peut être également mise en évidence par S.P.X. La corrélation obtenue par Siegbahn et coll. (35) entre l'énergie de liaison de l'électron $1s$ et la charge calculée pour l'atome d'azote (figure 7) leur a permis d'évaluer le pourcentage de conjugaison dans diverses molécules. Pour l'aniline, par exemple, les charges calculées pour les deux formes limites sont $-0,42$ et $+0,10$; la charge qui correspond sur la courbe à l'énergie de liaison expérimentale ($E_L = 398,6\ \text{eV}$) est $-0,14$; le pourcentage de conjugaison est donc de 54%. L'influence de la conjugaison sur le spectre « E.S.C.A. » a été étudiée dans des dérivés soufrés du nitrobenzène (42). D'après les travaux de Mateescu (43), le spectre $C\ 1s$ présente deux pics ($E_L = 285,2$ et $288,6\ \text{eV}$) d'intensité relative 3 : 1 pour le cation *t*-butyle et un pic seulement ($E_L = 284,7\ \text{eV}$) pour les cations trityle et tropylium, ce qui montre la délocalisation de la charge positive dans ces derniers. Le même auteur a apporté un argument en faveur de la structure non classique pour le cation norbornyle en comparant les spectres $C\ 1s$ des cations cyclopentyle, méthyl-cyclopentyle, *z*-butyle, méthyl-2 norbornyle et norbornyle (44).

Le caractère zwitterionique d'hétérocycles peut être évalué par interpolation entre les déplacements chimiques calculés pour différentes structures limites ou entre les déplacements obtenus pour des composés modèles. A titre d'exemple cf. (13) et (45).

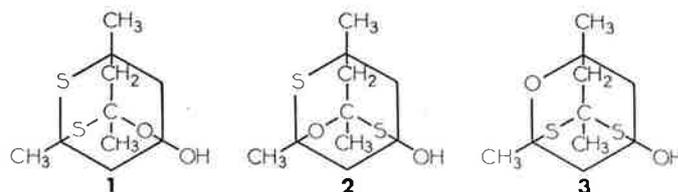
La liaison hydrogène dans les acides carboxyliques à l'état solide est facilement mise en évidence en comparant le spectre $O\ 1s$ de l'acide en phase solide (1 pic) à celui obtenu en phase gazeuse (2 pics) (3). Le spectre $N\ 1s$ du bis-diméthyl-amino-1,8 naphthalène monoprotoné étudié à l'état solide montre la non équivalence des deux atomes d'azote (46).

Enfin, la S.P.X. a été utilisée pour l'étude des liaisons dans les complexes. Blackburn et coll. (47) ont trouvé que l'énergie de liaison $P\ 2p$ dans des complexes du platine contenant le groupement triphénylphosphine comme ligand est proche de celle déterminée dans la triphénylphosphine libre. Ils en déduisent que le « π back donation » d'électrons du métal compense le déplacement d'électrons qui se fait du phosphore vers le métal par la liaison, Siegbahn et coll. (48) ont également mis en évidence le transfert de charge entre le métal et les ligands et déterminé le degré d'oxydation du métal dans des complexes organophosphorés du platine.

4. Détermination des structures

La spectrométrie de photoélectrons est un outil complémentaire des autres méthodes physiques (R.M.N., I.R., ...) pour la détermination des structures des molécules.

L'un des premiers problèmes de structure résolu par « l'E.S.C.A. » est celui discuté par Hedman (49). Le produit de la réaction de la pentanedione-2,4 avec H_2S dans HCl concentré peut *a priori*, avoir les structures suivantes :



La R.M.N. et la spectrométrie de masse permettent de retenir les formules **1** et **3**. A partir de composés modèles, le spectre $C\ 1s$ a été calculé pour **1** et **3**. La comparaison du spectre observé avec les spectres calculés permet de retenir la structure **1** pour le produit de la réaction (figure 12).

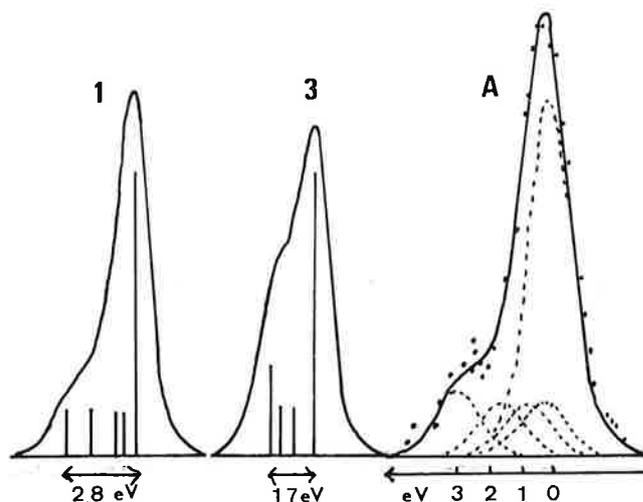


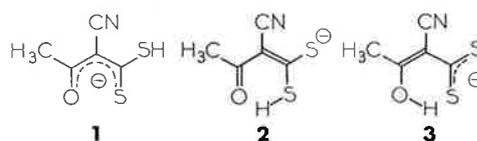
Figure 12.

Spectres $C\ 1s$ calculés pour les structures **1** et **3** et spectre observé (A).

L'étude du cation azonium montre que la structure classique est à retenir (50). Le spectre de R.M.N. du tétraméthyl-2,4,2',4' azobenzène protoné présente un pic attribué aux protons du groupement *o*-méthyle. Si les groupements méthyle sont remplacés par des groupements méthoxy, deux pics sont attribuables aux protons du groupement *o*-méthoxy, ce qui prouve la dissymétrie du cation; or dans ce cas, une liaison hydrogène ralentit le passage du proton d'un atome d'azote sur l'autre. La S.P.X., méthode d'ionisation très rapide ($10^{-16}\ \text{s}$), a permis, après déconvolution du spectre $N\ 1s$, de mettre en évidence la présence de deux atomes d'azote différents dans l'azobenzène protoné.

La S.P.X. a été utilisée pour confirmer les résultats de la spectroscopie I.R. dans l'identification des produits obtenus par action du sulfure de carbone sur des composés à méthylène actif (51). Par exemple,

le spectre $S\ 2p$ du composé $\left[\begin{array}{c} \text{NC} \\ | \\ \text{C} = \text{C} \begin{array}{l} \text{SH} \\ \text{S} \end{array} \end{array} \right]^{\ominus} \text{Bu}_4\text{N}^{\oplus}$, pour lequel trois structures sont possibles :



montre la présence de deux atomes de soufre portant une même charge. La structure **1** est à exclure, ainsi que la structure **2**, même si la charge négative était localisée sur l'oxygène car l'énergie de liaison observée est très différente de celle déterminée pour $S\ 2p$ dans $\left[\begin{array}{c} \text{NC} \\ | \\ \text{C} = \text{C} \begin{array}{l} \text{SH} \\ \text{S} \end{array} \end{array} \right]^{\ominus} \text{CH}_3$. La structure **3** est à retenir, en accord avec les données I.R. qui révèlent la présence d'un énol.

L'étude d'une série de 8 isocoumarines, thioisocoumarines et isoquinoléines a montré que l'atome d'azote (ou de soufre) du cycle se différencie de l'atome d'azote (ou de soufre) doublement lié à la

fois par l'énergie de liaison de l'électron 1s (ou 2p) et par l'intensité du pic (52).

La structure de polymères fluorés a été étudiée par S.P.X. (53), ainsi que les modifications de la surface du Téflon après que celui-ci ait subi différents traitements (54).

5. Corrélation des énergies de liaison avec d'autres grandeurs physiques

Corrélation entre déplacements chimiques

dans les énergies de liaison des électrons des couches profondes et déplacements chimiques en R.M.N.

Ce type de relation a été observé dans certains cas (55), en particulier entre l'énergie de liaison C 1s et le déplacement chimique en R.M.N. du ^{13}C pour des composés de structure très voisine : carbocations (56), halométhanés (57-58) (1 corrélation par halogène). Une relation linéaire existe entre l'énergie de liaison P 2p et le déplacement chimique en R.M.N. du ^{31}P pour les sels de phosphonium (38). Basch a montré qu'il y a une relation théorique entre l'énergie de liaison des électrons des couches profondes d'un atome et la contribution diamagnétique au déplacement chimique en R.M.N. (59).

Corrélation entre le potentiel d'ionisation d'une couche profonde et le potentiel d'ionisation d'une couche de valence

Pour les iodures d'alcyle, Shirley et coll. (60) obtiennent une relation linéaire entre l'énergie de liaison de l'électron $3d_{5/2}$ de l'iode et le potentiel d'ionisation d'un doublet libre de l'iode (couche $5p_{1/2}$) déterminé par spectrométrie de photoélectrons induits par U.V. La déviation observée pour l'acide iodhydrique mesure l'hyperconjugaison dans les iodures d'alcyle (déstabilisation de 0,14 eV pour la couche $5p_{1/2}$ de l'iode). La pente de la droite ($\rho = 1,22$) a été initialement interprétée par une plus grande sensibilité des électrons des couches profondes aux effets inductifs des substituants à cause de la plus faible distance qui les sépare des électrons de liaison. Récemment, une autre interprétation de la variation de l'énergie

de liaison des électrons $3d_{5/2}$ de l'iode a été donnée (61). Shirley décompose la photoionisation en deux étapes virtuelles. La première étape consiste en la formation d'un cation dans lequel la charge est très localisée; la variation de l'énergie pour ce processus lorsqu'on passe d'un composé à un autre est due à la variation de l'effet inductif. La deuxième étape est la relaxation de la charge sur l'ensemble de la molécule, conduisant l'ion à l'état final; la différence d'énergie associée à ce processus dans deux composés est due à une polarisation interne différente pour chacune des molécules. Dans le cas des iodures d'alcyle, ce sont les effets de polarisation interne qui seraient dominants.

Corrélation des énergies de liaison avec l'affinité pour le proton

Shirley et coll. (61) en faisant l'analogie entre le processus d'ionisation d'une couche profonde :



et le processus de protonation :



prévoient que le déplacement chimique pour O 1s dans les alcools ou N 1s dans les amines est égal, au signe près, à la différence d'affinité pour le proton entre les deux composés considérés. Ils obtiennent effectivement une relation linéaire, de pente égale à un, entre l'affinité pour le proton et l'énergie de liaison O 1s des alcools ou N 1s des amines déterminées en phase gazeuse. Le déplacement chimique en S.P.X. est donc une mesure relative des basicités selon Brönsted. La corrélation affinité pour le proton-énergie de liaison O 1s a été étendue à des composés autres que les alcools : aldéhydes, cétones, acides, esters, O_2 , CO_2 , N_2O (62). Le spectre O 1s des esters permet de déterminer deux énergies de liaison, C'est la valeur la plus faible, attribuée à l'oxygène cétonique par comparaison avec les valeurs obtenues pour d'autres composés, qui se corréle avec l'affinité pour le proton. On peut donc prévoir que la protonation d'un ester se fera sur l'oxygène cétonique.

Conclusion

La spectrométrie de photoélectrons induits par rayons X permet l'analyse élémentaire qualitative; elle permet, de plus, de préciser le degré d'oxydation des atomes. Dans certaines conditions, l'analyse quantitative est possible. Cette technique apporte des informations précieuses sur les liaisons chimiques et se révèle complémentaire des autres méthodes physiques dans la détermination de la structure d'un composé organique.

Cependant, il est nécessaire d'insister sur le fait que seule la surface plus ou moins contaminée (carbone et oxygène de contamination) de l'échantillon solide est analysée et les informations recueillies ne reflètent pas obligatoirement les propriétés de cœur de l'échantillon. De plus, les produits peuvent se décomposer sous l'influence des rayons X. Enfin, l'utilisation de cette technique en chimie organique est limitée par la résolution qui est actuellement souvent insuffisante pour mettre en évidence de faibles déplacements chimiques.

Bibliographie

- (1) N. Svartholm et K. Siegbahn, *Arkiv. Mat, Astrom, Fys.*, 1946, 33 A, 21.
- (2) K. Siegbahn et al., Atomic, molecular and solid state structure studied by means of electron spectroscopy. Almquist and Wiksells. Uppsala, 1967.
- (3) K. Siegbahn et al., E.S.C.A. applied to Free Molecules, North Holland/American Elsevier, Amsterdam, New York, 1969.
- (4) D. A. Shirley, *Advances in Chemical Physics*, 1973, 23, 85.
- (5) a) Proceedings of the International Conference held at Asilomar, Pacific Grove, Sept. 7-10, 1971, D. A. Shirley (ed.), North Holland Publ. Co., Amsterdam, 1972.
- b) Proceeding of the International Conference held in Namur, Belgium, April 16-19, 1974, R. Caudano and J. Verbist (ed.), Elsevier scientific publishing company, Amsterdam, 1974.
- (6) J. P. Contour, *L'actualité chimique*, 1973, 4, 8.
- (7) a) P. Abelard et V. Gabis, *L'actualité chimique*, 1975, 8, 24.
- b) G. Hollinger et Tran Minh Dic, *L'actualité chimique*, 1975, 9, 15.
- c) J. Grimblot, *L'actualité chimique*, 1975, 10, 10.
- (8) D. M. Hercules, *Anal. Chem.*, 1972, 44 (5), 106 R.
- (9) D. M. Hercules, *Anal. Chem.*, 1974, 46 (5), 133 R.
- (10) D. M. Hercules, *Anal. Chem.*, 1970, 42 (1), 20 A.
- (11) S. H. Hercules et D. M. Hercules, *Rec. Chem. Progr.*, 1971, 32 (4), 183.
- (12) D. T. Clark, *Ann. Rep. Progr. Chem. section B*, 1971, 68 (43), 91.

Néanmoins, l'utilisation de monochromateurs pour réduire la largeur du rayonnement X, donc améliorer la résolution (23), le perfectionnement de diverses parties du spectromètre (source, analyseur, détecteur) (63) et des méthodes de déconvolution (64), le développement des mesures en solution (17) permettent d'entrevoir un élargissement de champ d'application de l'« E.S.C.A. » aux problèmes chimiques (24), en particulier l'étude des mécanismes réactionnels par la mise en évidence d'intermédiaires réactionnels de très courte durée de vie.

Je remercie M. le Professeur G. Mouvier de m'avoir accueillie dans le Laboratoire de physico-chimie instrumentale pour un stage. Je remercie également ses collaborateurs qui m'ont initiée à la spectrométrie de photoélectrons et, tout particulièrement, M. J. P. Contour qui m'a encouragée à rédiger ce mémoire et a bien voulu, ainsi que M. P. Carlier, relire et critiquer le manuscrit.

- (13) B. Lindberg, Colloq. Spectrosc. Int. Plenary Lect. Rep. XVI, Heidelberg, 4-9 octobre 1971, Adam Hilger Ltd, London, 1972, p. 95.
- (14) C. Nordling, *Angew. Chem. int. Edit.*, 1972, 11 (2), 83.
- (15) Photoelectron Spectroscopy of Molecules, *Discuss. Faraday Soc.*, 1972, 54.
- (16) J. M. Dereppe, R. Touillaux, A. Schanck et M. Van Meerssche, *Ind. Chem. Belg.*, 1973, 38, 247.
- (17) a) H. Siegbahn and K. Siegbahn, *J. Electr. Spectrosc. relat. Phenomena*, 1973, 2, 319.
- b) H. Siegbahn, L. Asplund, P. Kelfve and K. Siegbahn, *J. Electr. Spectrosc. relat. Phenomena*, 1975, 7, 411.
- c) H. Fellner-Feldegg, H. Siegbahn, L. Asplund, P. Kelfve and K. Siegbahn, *J. Electr. Spectrosc. relat. Phenomena*, 1975, 7, 421.
- (18) U. Gelius, P. F. Heden, J. Hedman, B. J. Lindberg, R. Manne, R. Nordberg, C. Nordling et K. Siegbahn, *Physica Scripta*, 1970, 2, 70.
- (19) G. Johansson, J. Hedman, A. Berndsson, M. Klasson et R. Nilsson, *J. Electr. Spectrosc. relat. Phenomena*, 1973, 2, 295.
- (20) J. P. Contour et G. Mouvier, *J. Electr. Spectrosc. relat. Phenomena*, 1975, 7, 85.
- (21) C. R. Brundle, *Applied Spectrosc.*, 1971, 25, 18.
- (22) M. Barber and D. T. Clark, *Chem. Comm.*, 1970, p. 24.
- (23) U. Gelius, E. Basilier, S. Svensson, T. Bergmark et K. Siegbahn, *J. Electr. Spectrosc. relat. Phenomena*, 1974, 2, 405.

- (24) K. Siegbahn, *J. Elect. Spectrosc. relat. Phenomena*, 1974, 5, 3.
- (25) C. D. Wagner, *Anal. Chem.*, 1972, 44 (6), 1050.
- (26) D. T. Thomas, *J. chem. Phys.*, 1970, 52 (3), 1373.
- (27) G. Maccagnani, A. Mangini et S. Pignataro, *Tetrahedron Letters*, 1972, 36, 3853.
- (28) U. Gelius, C. J. Allan, G. Johansson, H. Siegbahn, D. A. Allison et K. Siegbahn, *Physica Scripta*, 1971, 3, 237.
- (29) D. T. Clark, D. B. Adams et D. Kilcast, *Chem. Phys. Letters*, 1972, 13, 439.
- (30) P. Baybritt, W. N. E. Meredith, M. F. Guest et V. R. Saunders, *Mol. Physics*, 1973, 25 (5), 1011.
- (31) D. W. Davis, M. S. Banna et D. A. Shirley, *J. chem. Phys.*, 1974, 60 (1), 237.
- (32) D. W. Davis, D. A. Shirley et T. D. Thomas, *J. amer. chem. Soc.*, 1972, 94, 6565.
- (33) D. T. Clark, D. Kilcast, D. B. Adams et W. K. R. Musgrave, *J. Elect. Spectrosc. relat. Phenomena*, 1975, 6, 117.
- (34) J. M. Hollander, D. N. Hendrickson et W. L. Jolly, *J. chem. Phys.*, 1968, 49, 3315.
- (35) R. Nordberg, R. G. Albridge, T. Bergmark, U. Ericsson, J. Hedman, C. Nordling et K. Siegbahn, *Ark. Kemi*, 1968, 28 (19), 257.
- (36) J. Jack et D. M. Hercules, *Anal. Chem.*, 1971, 43 (6), 729.
- (37) M. Pelavin, D. N. Hendrickson, J. M. Hollander et W. L. Jolly, *J. phys. Chem.*, 1970, 74, 1116.
- (38) W. E. Swartz Jr. et D. M. Hercules, *Anal. Chem.*, 1971, 43 (8), 1066.
- (39) J. Hedman, M. Klasson, B. J. Lindberg et C. Nordling, Réf. 5a, p. 681.
- (40) B. J. Lindberg, K. Hamrin, G. Johansson, U. Gelius, A. Fahlman, C. Nordling et K. Siegbahn, *Physica Scripta*, 1970, 1, 286.
- (41) C. E. Mixan et J. B. Lambert, *J. org. Chem.*, 1973, 38 (7), 1350.
- (42) B. J. Lindberg et K. Hamrin, *Acta chem. scand.*, 1970, 24, 3661.
- (43) G. A. Olah et D. G. Mateescu, *J. amer. chem. Soc.*, 1970, 92, 7231.
- (44) G. A. Olah, G. D. Mateescu et J. L. Riemenschneider, *J. amer. chem. Soc.*, 1972, 94, 2529.
- (45) M. Patsch et P. Thieme, *Ang. Chem. int. Edit.*, 1970, 10 (8), 569.
- (46) E. Haselback, A. Henriksson, F. Jachimowicz et J. Wirz, *Helv. Chim. Acta*, 1972, 55 (5), 1757.
- (47) J. R. Blackburn, N. Nordberg, F. Stevie, R. G. Albridge et M. M. Jones, *Inorg. Chemistry*, 1970, 9, 2374.
- (48) C. D. Cook, K. Y. Wan, U. Gelius, K. Hamrin, G. Johansson, E. Olsson, H. Siegbahn, C. Nordling et K. Siegbahn, *J. amer. chem. Soc.*, 1971, 93, 1904.
- (49) J. Hedman, P. F. Heden, R. Nordberg, C. Nordling et B. J. Lindberg, *Spectrochim. Acta*, 1970, 26 A, 761.
- (50) E. Haselback, A. Hendricksson, A. Schmelzen et H. Berthou, *Helv. Chim. Acta*, 1973, 56 (2), 705.
- (51) H. Kolind-Andersen, L. Dalgaard, L. Jensen et S. O. Lawesson, *Rec. Trav. chim. Pays-Bas*, 1973, 92, 1169.
- (52) J. Escard, G. Mavel, N. Lozac'h et L. Legrand, *Tetrahedron Letters*, 1973, 3, 249.
- (53) D. T. Clark, D. Kilcast et D. B. Adams, Réf. 15, p. 182.
- (54) W. M. Riggs et D. W. Dwight, *J. Elect. Spectrosc. relat. Phenomena*, 1974, 5, 447.
- (55) B. J. Lindberg, *J. Elect. Spectrosc. relat. Phenomena*, 1974, 5, 149.
- (56) G. D. Mateescu et J. L. Riemenschneider, Réf. 5a, p. 661.
- (57) U. Gelius, G. Johansson, H. Siegbahn, C. J. Allan, D. A. Allison, J. Allison et K. Siegbahn, *J. Elect. Spectrosc. relat. Phenomena*, 1972/1973, 1, 285.
- (58) D. Zeroka, *Chem. Phys. Letters*, 1972, 14, 471.
- (59) H. Basch, *Chem. Phys. Letters*, 1970, 5, 337.
- (60) J. A. Hashmall, B. E. Mills, D. A. Shirley et A. Streitwieser Jr., *J. amer. chem. Soc.*, 1972, 94, 4445.
- (61) R. L. Martin et D. A. Shirley, *J. amer. chem. Soc.*, 1974, 96, 5299.
- (62) T. X. Carroll, J. R. Smith et T. D. Thomas, *J. amer. chem. Soc.*, 1975, 97, 659.
- (63) H. Fellner-Feldegg, U. Gelius, B. Wannberg, A. G. Nilsson, E. Basilier et K. Siegbahn, *J. Elect. Spectrosc. relat. Phenomena*, 1974, 5, 643.
- (64) H. Ebel et N. Gurker, *J. Elect. Spectrosc. relat. Phenomena*, 1974, 5, 799.

La chimie et la vie

La biochimie des maux de tête *

par **Miranda Robertson**
(De la revue *Nature*)

Pour la plupart des personnes qui souffrent de migraine, il n'existe toujours qu'un seul remède : se coucher et attendre qu'elle passe. Toutefois, des recherches récentes sur la constitution biochimique des migraineux commencent à nous apporter des renseignements plus précis sur cette affection, ce qui laisse espérer que l'on pourra arriver à découvrir un traitement rationnel à base de médicaments.

La migraine qui, à un moment ou à un autre, afflige jusqu'à un dixième de la population en Grande-Bretagne, a jusqu'à présent résisté à tous les efforts qui visaient à trouver soit la cause de cette affection soit un moyen de la guérir. Toutefois, récemment, le Conseil britannique de la recherche médicale (British Medical Research Council) s'est demandé s'il ne fallait pas affecter davantage de crédits pour essayer de résoudre ce problème.

Deux raisons expliquent cet intérêt. D'une part, le fait que la migraine est très répandue, qu'elle provoque des douleurs et qu'elle peut même handicaper provisoirement le malade. D'autre part, le Conseil a été impressionné par les progrès que les pharmacologues ont réalisés en essayant de découvrir les racines biochimiques de cette affection. Quelle que soit la gravité du problème, il serait vain de verser des crédits dans un domaine où les recherches n'ont pas pris de direction définie mais les derniers travaux ont fait au moins entrevoir ce que le Professeur Merton Sandler, qui est lui-même à l'avant-garde de ces recherches sur la migraine, a appelé « la lumière au bout du tunnel ».

Cependant, comme le révèle très vite une analyse de certains des aspects les plus prometteurs de ces recherches, il y a plusieurs tunnels. Il est généralement accepté à l'heure actuelle que finalement le mal de tête est le résultat de l'action d'un composé ou d'un autre sur les parois musculaires des vaisseaux sanguins de la tête et du cou. L'une des façons de consi-

dérer ce problème de la migraine est de commencer par la question suivante : quelles substances affectent donc ces muscles ? Le Professeur Sandler et ses confrères ont adopté une approche différente.

Ils ont examiné certaines substances qui, on le sait, provoquent des attaques et ont essayé de retracer le chemin biochimique qui va de l'ingestion de la substance active au mal de tête à proprement parler. Pour faire progresser leurs recherches, ils se sont fermement appuyés sur le fait biochimique suivant : la faible proportion de cas où le mal de tête est déclenché par un aliment spécifique.

Pourquoi le fromage ?

Les recherches ont commencé à prendre cette direction lorsque le Dr Edda Hanington, travaillant au Wellcome Trust, a décidé d'essayer de découvrir ce qu'il y avait dans le fromage qui le rendait tabou pour certaines victimes de la migraine. Ses recherches aboutirent à une substance particulière : la tyramine qui s'avéra amener une attaque chez les patients dont la migraine était provoquée par le fromage. Mais pourquoi ?

Comme le Dr Hanington voulait trouver une explication à ce fait, elle s'adressa au Professeur Sandler du Queen's Charlotte Hospital, à Londres. Celui-ci fut en mesure de lui signaler une propriété très intéressante de la tyramine : elle libère une seconde substance, la noradrénaline, qui est présente dans les nerfs qui alimentent les vaisseaux sanguins cérébraux et qui pourrait bien causer la migraine — quoique son rôle exact ne nous apparaît pas encore très clairement.

En tous cas, il est important de savoir que l'on trouve des produits de décomposition des catécholamines (dont la noradrénaline fait partie) en quantités accrues dans l'urine des migraineux pendant les attaques de migraine.

En collaboration avec Hanington, Sandler a poursuivi ses recherches dans cette voie en comparant l'urine des victimes de la migraine qui réagissent à la tyramine à celle de volontaires normaux après avoir administré aux deux groupes une dose de tyramine. Chez les patients réagissant à la tyramine, mais pas chez les volontaires normaux, on put noter une augmentation

* De *Spectrum* 131.



(Photo H. Roger-Viollet).

du niveau des métabolites des catécholamines. Ce résultat confirmait l'idée que la tyramine peut provoquer des maux de tête en libérant la noradrénaline mais il n'expliquait pas pourquoi ce phénomène ne se produisait que chez certains individus.

La réponse à cette énigme s'avéra se trouver dans la manière dont la plupart des gens traitent la tyramine qu'ils ont ingérée. Normalement, la tyramine est rendue en grande partie inactive par la décomposition enzymatique qui dépend d'un important processus appelé désamination oxydative et d'un processus secondaire appelé sulfo-conjugaison. Chez les patients dont la migraine est provoquée par la tyramine il s'avéra que le second processus était inexistant. Leur souffrance ne provient donc pas d'une sensibilité spéciale à la tyramine mais simplement

du fait qu'un excès du composé s'introduit dans leur système.

Et pourquoi le chocolat ?

Toutefois, toutes les migraines ne sont pas déclenchées par l'ingestion d'un aliment. En outre, dans la majorité des cas, c'est le chocolat qui est en cause et non pas le fromage. Il était donc tout naturel que ces recherches se concentrent, en second lieu, sur le chocolat.

Contrairement au fromage, le chocolat ne contient pas de tyramine ; mais il contient une autre substance : la phényléthylamine qui appartient au même groupe (les monoamines) que les tyramines et qui se trouve également dans certains fromages. Cependant, dans le cas de la phényléthylamine, il ne peut s'agir d'un manque de sulfo-

conjugaison car la sulfo-conjugaison ne joue aucun rôle dans l'inactivation de cette monoamine. Il fallait que Sandler et Hanington cherchent ailleurs pour trouver un défaut d'inactivation.

Ils aboutirent à la possibilité qu'il existait une imperfection dans l'enzyme mono-amino-oxydase dont l'activité est le principal mécanisme d'inactivation dans le cas de la phényléthylamine. Tout d'abord, Hanington vérifia que la phényléthylamine causait bien des maux de tête chez les patients qui réagissaient au chocolat ; ensuite, avec la collaboration du Dr Hanington, et du Dr M. B. H. Youdim de l'hôpital Radcliffe à Oxford, Sandler poursuivit ses recherches en analysant des prélèvements sanguins pour étudier l'activité oxydante des monoamines. Les résultats s'avérèrent quelque peu particuliers.

Ce que l'on soupçonnait était exact : chez les patients sujets à la migraine les niveaux d'activité enzymatique étaient plus bas que chez les témoins normaux mais il n'y avait aucune différence entre les victimes de la migraine dont les maux de tête étaient provoqués par le chocolat et ceux qui n'avaient pas de problème diététique particulier.

Indications importantes

L'une des expressions favorites du Professeur Sandler à propos de toute tentative visant à expliquer l'activité des composés biologiques est la suivante : « excès de simplification ». Il est certain que cette description s'applique à la situation mais le message qu'il faut capter de ses expériences est bien plus constructif que cela. Ses recherches ont fourni des indications importantes qui serviront aux recherches à venir. Par exemple, il est connu, d'après des expériences effectuées sur des animaux, que la tyramine et la phényléthylamine libèrent diverses substances actives à partir des poumons. Certaines de ces substances, on le sait, provoquent des maux de tête et affectent certainement les parois musculaires des vaisseaux sanguins mais elles tendent également à avoir une durée de vie très brève dans le sang. C'est parce qu'elles sont éliminées par l'activité métabolique du tissu pulmonaire à mesure qu'elles passent à travers sa circulation. Sandler suggère que ces substances sont peut-être en réalité originaires des poumons et qu'elles pourraient être pompées vers l'extérieur dans le sang artériel nouveau avant qu'aucune dégradation ne se produise. C'est pour cela qu'il suggère qu'il pourrait être important d'examiner le sang tiré des artères plutôt que des veines dans le cas de l'étude des substances qui déclenchent la migraine. Il s'agit d'une simple indication venant de recherches dont les ramifications biochimiques possibles sont considérables. La sortie du tunnel est encore loin d'être visible mais il ne manque pas de voies prometteuses à suivre.

Enseignement

Plaidoyer pour une recherche sur l'enseignement des sciences physiques

par G. Delacôte

(Professeur de physique, Université de Paris VII, Membre de la Commission enseignement de l'I.U.P.A.P., Responsable du « Laboratoire de recherche sur l'enseignement des sciences physiques et de la technologie »)

Depuis 1971 une Commission installée par le Ministre de l'Éducation (à l'époque, nationale) travaille à concevoir et à expérimenter un nouvel enseignement de sciences physiques dans les écoles secondaires françaises (lycées et collèges).

Le Groupe de travail permanent de cette Commission s'est consacré essentiellement au 1^{er} cycle. Ce groupe est formé actuellement de collègues de l'enseignement supérieur (13) et du C.N.R.S. (2) (environ une dizaine de physiciens et pour les chimistes Mlle Caretto, M. Viovy, M. Sossan), de collègues de l'enseignement secondaire général et technique (une quinzaine au total) et de quelques psychologues. Il a établi une liaison avec 17 villes universitaires où des coordinateurs universitaires assurent le fonctionnement de l'expérimentation au plan local en animant de petites équipes de professeurs volontaires qui pratiquent ce nouvel enseignement dans des situations normales de classe.

Un sommaire des activités de recherche de ce groupe est donné dans le tableau suivant :

Calendrier des actions

On y distingue deux secteurs d'activité : une recherche sur des thèmes légers d'initiation scientifique et technique (I.S.T.) au niveau des classes de 6^e-5^e qui a commencé en 1974,

une recherche plus ancienne et plus importante sur des modules d'I.S.T. en 4^e-3^e commencée en 1971.

Octobre 1974 à juillet 1975

Classes de 4^e-3^e :

Expérimentation nationale des 4 modules (30 h chacun) :

Automatisme,
Photographie,
Polymères et plastiques,
Technique de fabrication.

30 professeurs, 1 500 élèves par module dans 15 villes universitaires.

Continuation des anciens modules : électronique, chimie, astronomie.

Classes de 6^e-5^e :

Expérimentation d'unités légères (15 h)

avec 6 élèves à la Faculté et/ou en classe :
Circuits électriques,
Matériaux et forces,
Météorologie,
Technologie de l'habitat,
Chimie,
Statistiques et mesure.

Octobre 1973 à juillet 1974

Classes de 4^e-3^e :

Expérimentation parisienne des 4 modules précités,

5 professeurs, 250 élèves dans la région parisienne.

Évaluation des anciens modules expérimentés au plan national.

Octobre 1972 à juillet 1973

Classes de 4^e-3^e :

Expérimentation nationale :

Électronique,
Chimie } 20 professeurs, 6 villes,
Astronomie } 1 000 élèves par module.

Octobre 1971 à juillet 1972

Classes de 4^e-3^e :

Préexpérimentation de ces 3 modules par le Groupe de travail et quelques enfants.

Villes concernées : Besançon, Bordeaux, Clermont-Ferrand, La Rochelle, Lille, Lyon, Marseille, Montpellier, Nancy, Nice, Orléans, Paris, Poitiers, Reims, Rennes, Strasbourg, Toulouse.

Récemment (en janvier 1974) le Groupe permanent de la Commission installé dans des locaux de Paris VII est devenu Équipe de recherche associée au C.N.R.S., dépendant des physiciens (ancienne Section de physique des solides 08) et des psychologues (ancienne Section de psychologie 23) avec comme intitulé : « Laboratoire de recherche sur l'enseignement des sciences physiques et de la technologie ».

Une telle évolution a, bien sûr, conduit à se poser un certain nombre de questions :

Quelle est la nature d'une telle recherche ?
Quel peut être son contenu ?
Comment encourager son développement ?

Nous tenterons dans la suite d'apporter quelques éléments succincts de réponse à ces questions en élargissant d'emblée le champ de cette recherche à l'ensemble des degrés d'enseignement (primaire, secondaire, supérieur, formation des adultes) et à la question de la formation des maîtres.

I. Nature de la recherche

Cette recherche a un but fondamental qui commande son organisation et son déroulement : contribuer à l'amélioration, et même dans certains cas à la création d'un enseignement de sciences physiques et techniques. A ce titre on pourra dire que ce n'est pas une recherche fondamentale dans la mesure où elle se donne des buts pratiques spécifiques.

Par contre cette recherche s'appuiera sur des résultats de recherche fondamentale ou pourra même susciter de nouvelles recherches de ce genre. Elle pourra tirer parti de recherches en philosophie, sociologie, histoire des sciences et, bien sûr, des recherches menées en physique, chimie et technologie. Si ce n'est pas une recherche fondamentale, ce n'est pas non plus une simple opération de transformation de l'enseignement (par exemple : rédaction d'un nouveau polycopié, mise au point d'une expérience voulant illustrer une loi ou un concept particulier, etc...). Pour qu'il y ait recherche, il ne suffit pas qu'un « produit pédagogique » nouveau apparaisse. Il faut aussi, au préalable, qu'on ait recensé des besoins, définis des objectifs pour répondre à ces besoins, proposé une ou plusieurs stratégies pour satisfaire ces objectifs et que des procédures d'évaluation de la (ou des) stratégie(s) soient définies et employées en cours de réalisation. Il faut aussi que l'activité s'insère dans le contexte national ou international de recherche qui

peut fournir des exemples (ou contre-exemples), des points de départ, des méthodes d'investigation qu'il serait dange-reux d'ignorer.

Ce n'est donc pas une « simple » opération de transformation de l'enseignement même si elle s'effectue selon des procédures établies par la recherche.

Il est donc préférable de considérer cette recherche comme un mélange de « recherche appliquée » (dont la finalité est de répondre à un besoin de la société) et de « recherche de développement » (dont l'objectif est de créer des méthodes ou procédés nouveaux, pédagogiques par exemple, en utilisant divers résultats de recherche appliquée ainsi que de nombreuses connaissances et considérations empiriques) : en bref, c'est, une recherche orientée vers des *décisions* (1).

Il résulte de cette analyse que cette activité de recherche doit posséder un certain nombre de caractéristiques :

- a. Elle doit s'opérer en étroite symbiose entre les chercheurs, et les praticiens (qui peuvent eux-mêmes contribuer à la recherche) que sont les enseignants directement concernés.
- b. Elle doit tenir compte des conditions aux limites qu'impose le système d'éducation actuel car c'est le point de départ de toute transformation.

c. Elle doit faire l'objet de travaux de publication qui peuvent être aussi bien les « produits pédagogiques » élaborés que les analyses méthodologiques et critiques faites à propos ou en cours d'élaboration de ces produits.

d. Elle doit tenir compte des recherches nationales et internationales menées dans des domaines analogues, ce qui se traduira par une politique de publications qui tout en réservant la priorité au public enseignant concerné (et donc, dans notre cas, de langue française), devra de temps à autre se soumettre à la critique et à la comparaison internationale.

e. Elle suppose une compétence avancée dans le domaine scientifique concerné de manière à favoriser dans l'enseignement scientifique amélioré une vue équilibrée des divers aspects de la science que seule une pratique effective de la science, au moins pendant une période donnée, peut donner au chercheur correspondant.

f. Elle implique une formation approfondie et sans cesse améliorée des chercheurs concernés dans divers domaines des sciences humaines qui peuvent concourir au développement pédagogique recherché. Elle doit prendre aussi le plus souvent possible un aspect interdisciplinaire.

II. Quelques objectifs possibles de la recherche sur l'enseignement des sciences physiques

Nous voudrions simplement sans prétendre être exhaustif donner un ensemble de thèmes possibles à propos desquels des recherches utiles et nécessaires pourraient être entreprises et/ou continuées.

Il s'agit de thèmes concernant en priorité les élèves quel que soit leur niveau. Des thèmes analogues pourraient orienter une recherche sur la formation des maîtres. Ce n'est d'ailleurs pas un hasard si plusieurs des items de cette grille forment l'ossature d'un nouveau cours destiné à former sur le plan pratique les étudiants-professeurs de sciences en Angleterre (5).

Quelques thèmes de recherche

Finalités et objectifs de l'enseignement scientifique.
Nature de la science et de la recherche scientifique en relation avec l'enseignement scientifique.
Contexte social et institutionnel de l'enseignement scientifique.
Histoire des sciences et enseignement des sciences.
Modes de pensée des enfants.
Langage et communication.
Interaction maître-élève.

Méthodes et techniques d'enseignement.
Ressources diverses pour l'enseignement scientifique.

Contrôle, notation et examens.
Le laboratoire, son organisation.
Principes guidant la conception de nouveaux curricula de sciences.
Évaluation sommative et (ou) formative de nouveaux curricula de sciences.

On voit au travers de cette liste brève, la très grande diversité des thèmes de recherche possibles en même temps que l'aspect interdisciplinaire de nombre d'entre eux.

III. Comment promouvoir le développement de cette recherche ?

Nous venons de voir quelques caractéristiques de la recherche sur l'enseignement des sciences physiques. Ces caractéristiques se traduisent par la nécessité d'une mise au point de structures et d'affectations de moyens nouveaux.

1. Structures de formation

On peut citer l'exemple de l'Université de Paris VII où est organisé, en fin de maîtrise, un certificat C₄ de didactique des sciences physiques (essentiellement encadré par des chimistes).

Il est plus important encore qu'il y ait des structures de *formation à la recherche* ; c'est le cas dans cette même université du D.E.A. de Didactiques des sciences physiques et de la technologie. Un tel D.E.A. assure à des étudiants ayant une maîtrise de physique, de chimie ou de sciences physiques un début de formation de chercheurs en pédagogie des sciences

physiques. Au cours de cette première année expérimentale (1975-1976), on propose des cours de méthodologie générale de la recherche en éducation (1). Cours de l'Open University en Angleterre, etc..., de pédagogie comparée (en référence à des exemples étrangers) et de psychologie de l'enfant (psychologie génétique, etc...).

Des structures analogues plus développées existent dans de nombreux pays étrangers. Signalons par exemple le cas de l'Université de Berkeley et celui du M.I.T.

A Berkeley (3), un groupe sur « l'enseignement des sciences et des mathématiques » a vu le jour en 1968. Ce groupe, sous la direction du physicien F. Reif, offre un programme de formation conduisant à un Ph. D. en éducation scientifique. Le groupe s'est assuré le concours de professeurs de mathématiques et de professeurs de sciences (physiciens, chimistes, biologistes, ...) de l'Université pour diriger des thèses de

Ph. D. sur des « travaux éducatifs innovateurs ». Il travaille en liaison avec le « Lawrence Hall of Science » de la même Université que l'on peut considérer comme un Centre de recherche en éducation scientifique.

Le M.I.T., à son tour, vient de créer une division pour l'étude et la recherche en éducation qui organisera des recherches et dispensera une formation de chercheurs dans ce secteur en se préoccupant particulièrement de l'enseignement des sciences et des techniques.

2. Publications

Il n'existe pas en France à l'heure actuelle de revues spécifiques et de niveau reconnu où ceux qui se consacrent à la recherche sur l'enseignement des sciences expérimentales destiné à des élèves de tout niveau (depuis l'âge de la maternelle jusqu'à l'âge adulte de la formation permanente) puissent publier leurs travaux. Certes,

il existe diverses revues françaises dont la liste non exhaustive (2) est donnée plus loin, qui acceptent ce genre d'articles. Aucune, de par sa nature, n'en a fait sa spécialité.

A l'étranger, par contre, des revues de ce genre existent. Nous indiquons en note (4) une liste assez complète de revues anglaises et américaines destinées en partie ou en totalité à accueillir des articles de recherches au moins sur l'enseignement de la Physique. Les chimistes connaissent bien par ailleurs la revue américaine « Journal of Chemical Education ».

L'absence d'une revue française consacrée uniquement à la recherche sur l'enseignement des sciences expérimentales est un puissant frein au développement de cette recherche. Une initiative conjointe des diverses sociétés de spécialistes (Société Chimique de France, Société Française de Physique, etc...) pourrait permettre de lever ce handicap. L'existence d'une telle revue, avec un comité de rédaction dont le rôle ne serait pas simplement de filtrer mais aussi de conseiller utilement les auteurs d'articles de recherche (ce qui n'exclurait pas certains articles d'opinions), favoriserait les échanges de résultats entre chercheurs et le dynamisme de la recherche française dans ce domaine.

3. Gestion des carrières

Comme cela existe déjà dans de nombreux pays étrangers (Allemagne, Angleterre, Danemark, Suède, U.S.A., etc...) des universitaires (Universités, I.U.T., Centre de formation des adultes...) de formation scientifique se consacrent maintenant en nombre croissant (bien que encore très limité) à une recherche sur l'enseignement des sciences physiques.

Il conviendrait que les sections du C.C.U. dont dépendaient au départ les enseignants universitaires reconvertis dans une recherche de didactique puissent continuer de porter

un jugement sur les nouvelles activités de recherche. Ce jugement devrait être fondé sur l'existence de travaux publiés et sur un jugement complémentaire des spécialistes, à divers titres, de sciences de l'éducation.

En effet, l'absence de politique cohérente des sections scientifiques du C.C.U. empêche actuellement un contrôle sérieux et donc un encouragement réel à la reconversion des chercheurs physiciens et chimistes vers des spécialités de didactique.

Il ne paraît pas évident, même à terme, qu'il faille regrouper ces chercheurs dans une section particulière, voire nouvelle. La recherche en éducation concerne en effet l'ensemble des enseignants de chaque discipline scientifique. Elle profitera ainsi de l'appui et de la critique circonstanciée des pairs dans la discipline, sans pour autant manquer de l'apport et du jugement des secteurs des sciences humaines auxquelles elle emprunte de nombreuses méthodes d'investigation.

Le C.N.R.S. de son côté, doit pouvoir également gérer la carrière de chercheurs qui, pour une durée plus ou moins longue, se reconverteraient dans le secteur didactique. Les jugements et le financement pourraient être plus directement laissés à la responsabilité des nouveaux groupes sectoriels, dont les chercheurs dépendent par leurs origines. Il faudrait aussi envisager des possibilités de recrutement.

Enfin, des thèses de 3^e cycle ou d'État de didactique des sciences pourraient être soutenues dans le cadre d'U.E.R. scientifiques ayant des relations avec des U.E.R. de sciences humaines (au sein d'une université ou entre deux universités).

4. Structures de recherche

Des équipes de recherches devraient pouvoir se développer à moyen terme dans le secteur de la didactique des sciences

expérimentales. Travail décentralisé, cette recherche concerne tous les secteurs de l'Université. Elle a un rôle particulier à jouer en relation avec les Centres de formation (initiale et/ou permanente) des maîtres; de tels Centres devraient en effet promouvoir la recherche pédagogique.

Il va de soi que cette recherche devrait être menée (quand elle concerne les établissements secondaires et primaires) en relation avec les enseignants concernés et les diverses structures responsables de la recherche à ce niveau (I.N.R.D.P. ou ex I.P.N., Commission rectoriale de recherche pédagogique, corps d'inspection, etc...).

Des crédits de diverses sources devraient être disponibles et affectés (Secrétariat d'État aux Universités, C.N.R.S., mais aussi par exemple sur contrat avec le Ministère de l'Éducation, ou le Secrétariat d'État à la formation permanente, etc...).

On pourrait envisager, comme en Allemagne fédérale par exemple (6), l'existence de quelques instituts de recherche spécialisés de rang national qui auraient à leur disposition des ressources plus importantes. De tels instituts pourraient être des pôles de formation et de recherche relayés d'une manière souple et décentralisée par des équipes de tailles moins importantes mais assez largement répandues.

En conclusion, remarquons que le moment est venu pour mettre l'accent en France sur un développement de la recherche sur l'enseignement des sciences, et plus particulièrement des sciences physiques. Une politique souple et cohérente pourrait être mise en œuvre avec une relative facilité. L'impact qu'une bonne recherche pourrait ainsi avoir sur l'enseignement des sciences à tout niveau serait assez vite important, compte tenu, dans ce domaine, du retard considérable de notre pays par rapport à de nombreux pays étrangers.

Bibliographie

(1) G. de Landsheere, Introduction à la recherche en éducation, Armand Colin, 1974, p. 25.

(2) *Revue française de pédagogie*, I.N.R.D.P., *Revue internationale de pédagogie multilingue*.

Sciences de l'éducation.

L'orientation scolaire et professionnelle (I.N.O.P.).

Bulletin de la Société de Physique.

L'actualité chimique.

Bulletin de l'Union des physiciens.

(3) F. Reif, *Educational Challenges for the University Science*, 1974, 184, 537-542.

(4) Revues anglaises :

Nature, *International Journal of Science* (hebdomadaire).

New Scientist, *New Science Publications* (hebdomadaire).

School Science Review, journal de l'Association des professeurs du second degré (A.S.E.) publié 4 fois par an. Interdisciplinaire.

Supplément éducatif du Times, hebdomadaire. Niveau scolaire. Il en existe un pour le niveau Higher Education.

Trends in Education, publié trimestriellement par le Département d'enseignement et de science du Ministère de l'Éducation.

Education in Science, Bulletin de l'A.S.E., 5 numéros par an.

Physics Education, publié par l'Institut de physique (7 numéros).

Studies in Science Education, Université de Leeds, Publication de recherches du Centre du même nom.

Revue américaine :

School Science and Mathematics, journal officiel de l'Association qui porte le même nom. Articles d'évaluation et de propositions.

Science Education, ce journal publie des articles sur l'enseignement et la formation des maîtres dans toutes les sciences naturelles et à tous niveaux (élémentaires, université). Articles d'évaluation contrôlés avec soin.

Journal of Research in Science Teaching, publié trimestriellement. « Communiquer des résultats de la recherche sur l'enseignement des sciences qui contribuent d'une manière significative aux connaissances théoriques et pratiques sur l'enseignement et l'apprentissage des sciences. »

The Physics Teacher, il couvre le domaine de l'enseignement de la physique jusqu'au niveau des collégiés. Articles revus par l'éditeur. Notes publiées sans revues.

American Journal of Physics, niveau universitaire.

The Science Teacher, journal de la N.S.T.A. La physique n'est abordée que par la bande.

(5) *Science Teacher Education Project*, The Art of the Science Teacher, Ed. C. R. Sutton et J. T. Haysom, Mac Graw Hill, 1974.

(6) L'Institut pour la pédagogie des sciences de la nature (4 000 m², plusieurs millions de D.M. de budget Physique, chimie, biologie), auprès de l'Université de Kiel est le principal lieu de recherche sur la didactique des sciences en République Fédérale Allemande. D'autres recherches concernant les mêmes domaines sont effectuées dans les Universités ou des Instituts de recherches en sciences de l'éducation, à Berlin par exemple.

Lié à l'Université de Kiel, à l'École Normale de Kiel (Pädagogische Hochschule) par l'appartenance d'un certain nombre de ses chercheurs à ces Institutions, l'I.P.N. est actuellement un Institut inter-lands, financé de 1969 à 1972 par la Fondation Volkswagen. Une centaine de personnes y travaillent en 1975.

Outre les trois départements correspondant aux trois disciplines rappelées ci-dessus, il existe un Département de sciences de l'éducation. L'ensemble est administré par une direction collégiale, sous la responsabilité actuelle du professeur K. Frey, directeur du Département de sciences de l'éducation.

Pages d'histoire

Kasimir Fajans (1887-1975) Souvenirs sur sa vie et ses activités

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

Kasimir Fajans, un des fondateurs de la radiochimie, avait commencé de préparer pour L'actualité chimique ses souvenirs, liés à l'histoire de la science sur la radioactivité, que je devais faire précéder d'une succincte introduction. J'étais en train d'écrire cet avant-propos, quand j'appris la triste nouvelle du décès de ce grand savant, le 18 mai dernier, une dizaine de jours avant son 88^e anniversaire. Dans ces circonstances, la rédaction de ses souvenirs n'étant pas prête, mon introduction se transformera en un article indépendant sur Kasimir Fajans, avec lequel, depuis plusieurs



Kasimir Fajans (à gauche) en conversation avec l'auteur de ces souvenirs, au cours du symposium International à Varsovie, en 1967, à l'occasion du centenaire de la naissance de M^{me} Curie.

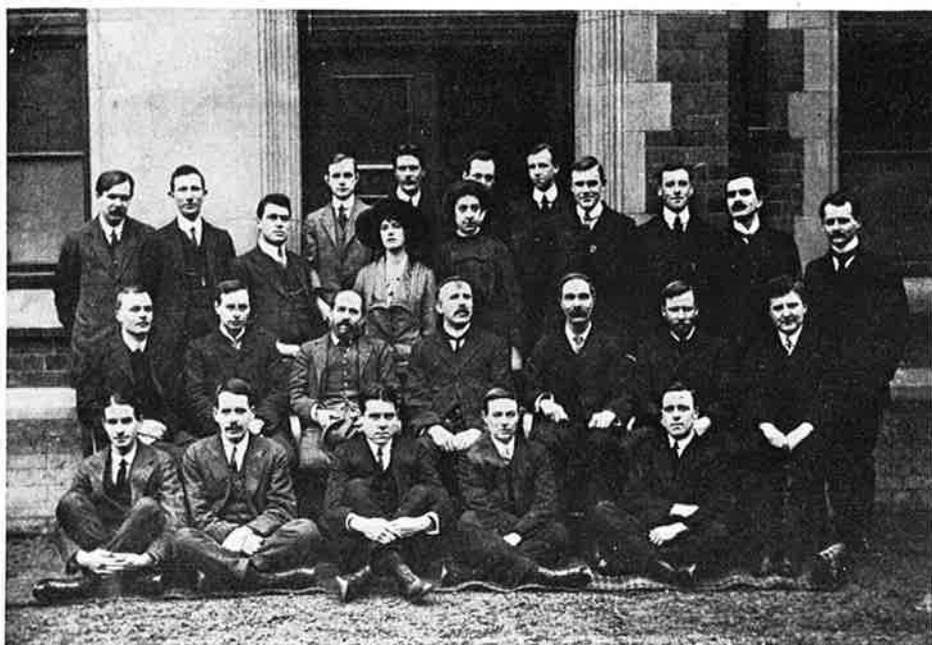
années, j'avais l'honneur et le bonheur d'être en relations amicales.

En écrivant cette esquisse j'ai utilisé, en dehors de ses publications originales, quelques articles biographiques [(1)-(5)], la conférence faite par Fajans lui-même le 17 octobre 1968 à Varsovie, au cours du symposium international à l'occasion du 100^e anniversaire de la naissance de Mme Curie, et publiée sous forme un peu abrégée, en polonais (6) et en russe (7), ainsi que certains renseignements privés.

Kasimir Fajans est né le 27 mai 1887 à Varsovie. Après avoir terminé, dans sa ville natale, ses études secondaires, il part en Allemagne pour obtenir une formation supérieure. Il étudie la chimie à Leipzig sous la direction de Wilhelm Ostwald et à Heidelberg où Georg Bredig guide sa thèse de doctorat sur la catalyse stéréochimique (séparation des isomères optiques), soutenue en 1909. Mais déjà à cette époque il commence à s'intéresser à la radioactivité. Il est entré en premier contact avec cette discipline en préparant, au séminaire de physique chez Philipp Lenard, un exposé concernant les recherches de Rutherford et Geiger de 1908 sur les particules α .

Pendant l'année universitaire 1909-1910, Fajans essaye d'approfondir ses connaissances en chimie organique à Zurich chez Richard Willstätter. Cependant, il s'intéresse plus à la physique moderne en fréquentant les cours du jeune, mais déjà célèbre, Albert Einstein. La radioactivité devient le sujet auquel il veut se consacrer.

Il y a à l'époque deux grands centres de recherches dans ce domaine : un à Paris, dirigé par Madame Curie et l'autre à Manchester, sous la direction de Ernest Rutherford. Fajans passe l'année 1910-1911 dans le célèbre laboratoire de ce dernier et de cette façon se met au courant des recherches les plus avancées qui ont conduit Rutherford à la découverte du noyau atomique. Le 7 mars 1911, Fajans assiste à la séance historique de la Manchester Philosophical Society où Rutherford évoque, pour la première fois, cette grande découverte. Dans ce laboratoire Fajans commence ses recherches sur la radioactivité. Ensemble avec Henry G. Moseley, il détermine les très courtes périodes de deux radionuclides : AcA (0,1 s) et ThA (0,002 s). Il découvre ensuite le premier cas connu de l'embran-

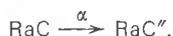


Ernest Rutherford (au deuxième rang au milieu) avec ses collaborateurs à Manchester en 1912. Parmi eux plusieurs futurs prix Nobel.

chement dans la série radioactive : une petite partie des atomes de RaC, parallèlement à la transformation principale :



subit une transformation :



Après son retour en 1911 en Allemagne, Fajans, occupant d'abord le poste d'assistant et ensuite de maître de conférences à l'École Polytechnique de Karlsruhe, continue ses recherches dans le domaine de la radioactivité.

En 1912, en étudiant la variation des propriétés électrochimiques des éléments après transformation radioactive, il fait sa découverte la plus célèbre : la loi des déplacements radioactifs. Suivant cette loi, l'élément produit par une désintégration α est déplacé dans la classification périodique de deux rangs vers la gauche par rapport à l'élément qui se décompose; la transformation β conduit à l'élément déplacé d'un rang vers la droite. Aujourd'hui, en connaissant la composition du noyau atomique et sachant que la radioactivité α consiste en l'expulsion de la particule α (ensemble de deux protons et deux neutrons) du noyau atomique et la radioactivité β correspond à la transformation d'un neutron dans le noyau en un proton, même un étudiant débutant peut déduire facilement cette loi. Il peut même l'élargir sur la transformation β^+ (des noyaux artificiels) : déplacement d'un rang vers la gauche. Mais à l'époque, cette loi n'a pu être établie qu'à partir d'analyses minutieuses et poussées de plusieurs données expérimentales sur le comportement chimique des radioéléments.

La loi de Fajans a eu une importance énorme pour le développement de la science sur la radioactivité. Au début des années 1910, le nombre des espèces radioactives découvertes, considérées comme de nouveaux éléments distincts, dépassait la trentaine, tandis que, le nombre de cases

disponibles dans la classification périodique, entre le plomb et l'uranium, était bien inférieur. La loi des déplacements radioactifs a permis de placer tous ces radioéléments en pléiades, comme les appela Fajans, occupant des places déterminées dans la classification périodique, de préciser les filiations dans des familles radioactives et de prévoir, dans certains cas, l'existence de nouveaux éléments. Un peu plus tard, Frederick Soddy a donné aux nuclides de la même pléiade le nom d'isotopes. Entre parenthèses, précisons que ce n'est pas Soddy qui a inventé le mot « isotope » mais une anglaise médecin, Mme Margaret Todd qui a suggéré cette appellation à Soddy.

La loi de Fajans a pris place dans tous les traités de la radioactivité et même dans des manuels scolaires. Fajans a raconté que, en visitant, en 1958, un château en Pologne, quand il apposa dans le livre des visiteurs sa signature, le guide fut étonné que l'auteur de la loi, qu'il avait apprise au lycée, fût encore vivant.

En citant la loi des déplacements radioactifs, on associe souvent le nom de Soddy à celui de Fajans. Quelle est la contribution de Soddy? C'est la chronologie qui répond sans ambiguïté à cette question.

Les manuscrits de deux mémoires de Fajans, avec la description détaillée des faits expérimentaux et avec l'énoncé de cette loi, ont été reçus par la rédaction du « Physikalische Zeitschrift » le 31 décembre 1912 et publiés le 15 février 1913 [(8) et (9)]. Effectivement, Soddy dans son ouvrage sur les radioéléments, publié en 1911 (10), a indiqué quelques cas du déplacement de deux groupes vers la gauche de l'élément, à la suite de la désintégration α , mais pas comme une règle générale, et n'a rien dit sur la transformation β . Ce n'est que le 28 février 1913 qu'il publia la loi des déplacements radioactifs (11), le manuscrit de ses mémoires ayant été reçu par la rédaction le 18 février 1913, c'est-à-dire après la publication de l'article de Fajans et d'ailleurs avec référence à cet article. Ilia Frank, le prix Nobel de

physique en 1958, considère tous ces faits comme une preuve de la priorité de Fajans (5). Dans une lettre privée, du 26 février 1975, adressée par Frank à Fajans, que le destinataire, avec la permission de l'expéditeur, m'a rendue accessible, on peut lire :

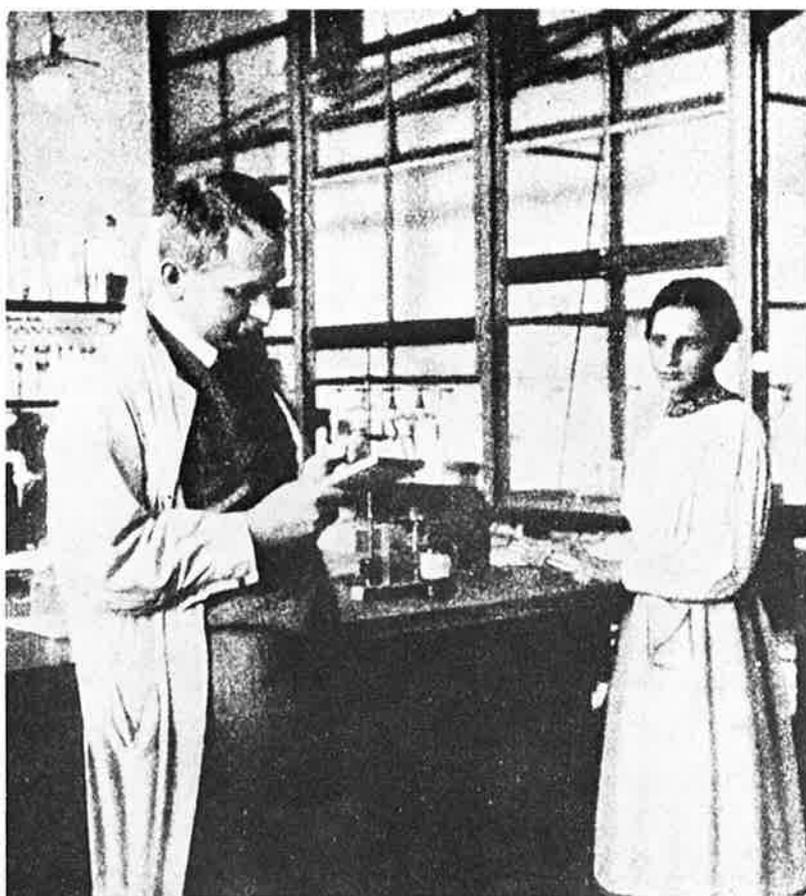
« La question de votre priorité est, selon moi, hors de doute. Il est admis par tous que la priorité est déterminée par la date de réception de l'article par la rédaction. Et dans ce cas, Soddy fait référence à votre mémoire déjà publié et comportant l'énoncé complet des lois du déplacement, c'est-à-dire que son travail est non seulement ultérieur au vôtre, mais, de plus, ne peut être considéré comme indépendant. »

Bien que la priorité appartienne incontestablement à Fajans, il faut quand même, pour être strict, ajouter que les déplacements radioactifs étaient étudiés, en dehors de Fajans et Soddy, par Georg v. Hevesy et A. S. Russel. Selon ce dernier, d'ailleurs, les déplacements vers la gauche et vers la droite pouvaient se produire aussi bien par la transformation α que β , ce qui est évidemment faux.



Kasimir Fajans (à droite en bas) en 1915 à Karlsruhe avec ses collaborateurs Oswald Helmuth Göhring et Max Ernest Lambert.

La loi des déplacements radioactifs a ouvert à Fajans la voie à de nouvelles découvertes. $\text{U}_{11} \equiv {}^{232}_{90}\text{U}$ était considéré comme le produit de transformation β de l'uranium X, isotope de thorium (N° 90). Mais d'après la loi de Fajans, cette transformation devait conduire à l'élément N° 91 se trouvant sous le tantale dans la classification périodique. En effet, en 1913, Fajans, avec son collaborateur O. Göhring, a montré que ce qu'on appelait l'uranium X était en réalité un mélange constitué par deux radioéléments UX_1 et UX_2 dont seulement le premier était l'isotope du thorium : $\text{UX}_1 = {}^{232}_{90}\text{Th}$. UX_2 représentait l'isotope de l'élément 91 jusqu'à ce moment inconnu. De cette façon Fajans et Göhring ont découvert un nouvel élément (12), prévu sous le nom d'ékatantale par Mendéléev. A cause de sa période très courte, de 1,13 mn, ils lui ont donné le nom de Brevium (brevius : court en latin). Otto Hahn et Lise Meitner, cinq ans plus tard,



Otto Hahn et Lise Meitner en 1913 à Berlin.

ont découvert l'isotope plus stable de cet élément qu'ils ont appelé Protactinium et ce nom était définitivement retenu. L'élément 91 a été indépendamment découvert aussi par Soddy et J. Cranston, $UX_2 = {}^{231}\text{Pa}$, obtenu par la transformation de UX_3 , par une nouvelle transmutation β , se transforme à son tour en UII.

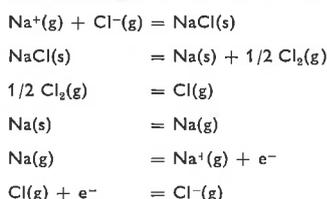
Fajans, en se basant sur la loi des déplacements radioactifs, a prédit que la masse atomique du plomb doit, selon son origine, être différente. En effet, on trouve la valeur 207,90 de la masse atomique du plomb isolé par Fajans d'un minerai du thorium, tandis que la masse atomique du plomb ordinaire est 207,19. Les mesures de la masse atomique du plomb, effectuées par Fajans, M. Lambert, T. W. Richards, O. Hönlischmid et les autres, ont démontré que la notion d'isotopie s'étend sur les éléments stables : les derniers termes RaG, ThD et AcD de trois familles radioactives sont les trois différents isotopes stables du plomb.

L'idée qui a conduit à énoncer la loi des déplacements radioactifs, est venue à l'esprit de Fajans en écoutant, à la fin de novembre 1912, l'opéra de Wagner « Tristan et Isolde ». Un autre opéra : « Tsar et charpentier » de Lortzing a dirigé, en 1913, l'esprit de Fajans vers l'établissement des règles suivantes (présentant toutefois quelques exceptions) :

1. La stabilité des isotopes α -radioactifs d'un élément donné augmente avec le nombre de masse; et
2. La stabilité des isotopes β -radioactifs d'un élément donné, au contraire, diminue avec l'augmentation du nombre de masse.

chimistes qui étaient aussi des musiciens.

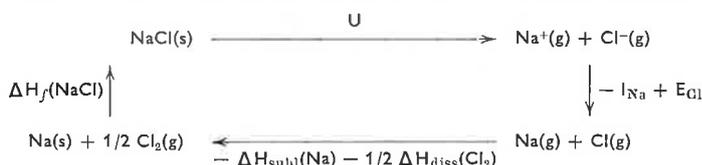
Le chimiste russe, Alexandre Borodine contemporain de Mendéléev, est même plus connu comme auteur de l'opéra « Le prince Les cas où la musique aide la pensée, facilite la créativité scientifique, ne sont pas isolés. On peut citer les noms de plusieurs Igor », de sonates et de symphonies. L'organicien tchèque, Emil Votoček, renommé par ses recherches dans le domaine de chimie des glucides, a en même temps composé



- U
Énergie réticulaire
- $\Delta H_f(\text{NaCl})$
Enthalpie de formation du cristal
+ $1/2 \Delta H_{\text{diss}}(\text{Cl}_2)$
Enthalpie de dissociation de Cl_2
+ $\Delta H_{\text{sub}}(\text{Na})$
Enthalpie de sublimation du Na
+ I_{Na}
Énergie d'ionisation du Na
- E_{Cl}
Affinité électronique du Cl

de nombreuses œuvres musicales. Le biochimiste suédois, Hugo Theorell, prix Nobel en physiologie et médecine en 1955, est un bon violoniste et dirige la Philharmonie de Stockholm. La science et l'art s'interpénètrent.

Dès le début des recherches radiochimiques, il fallait élaborer des techniques d'entraînement d'un microcomposant radioactif, soit



* Cette correspondance est conservée dans les Michigan Historical Collections at the University of Michigan, à Ann Arbor aux États-Unis.

par coprécipitation ou syncrystallisation avec un macrocomposant soit, par adsorption sur un solide préexistant. Fajans, avec son collaborateur P. Beer à Karlsruhe d'une part, et Fritz Paneth, d'autre part, ont énoncé les règles concernant les conditions de coprécipitation d'un radioélément présent en concentrations extrêmement faibles. La règle de Fajans-Paneth peut s'énoncer ainsi : Un microcomposant à l'état de cation est d'autant mieux entraîné par un précipité qui se forme, ou adsorbé dans un précipité déjà formé, que le composé qu'il donne avec l'anion du précipité est moins soluble. Otto Hahn a complété cette règle en indiquant que l'adsorption ou la coprécipitation est facilitée si le solide a une grande superficie et porte une charge électrique de signe contraire à celui des ions du microcomposant. Les règles Fajans-Paneth-Hahn servent de base pour l'extraction et la purification des radioéléments.

En élargissant, plus tard, ces recherches sur les ions ordinaires (Ag^+ , Cl^-) et les colorants organiques, Fajans a, en 1923, initié une nouvelle méthode de l'analyse volumétrique (13), à laquelle I. M. Kolthoff a donné en 1927 le nom de méthode des indicateurs d'adsorption. L'utilisation des halogénures d'argent a conduit Fajans aux recherches sur leurs propriétés photochimiques.

En 1917, Fajans est nommé professeur à l'Université de Munich où, à partir de 1932, il dirige l'Institut de Chimie Physique. A Munich il consacre son activité scientifique surtout aux études expérimentales et théoriques sur la structure des molécules et des cristaux. Et dans ce domaine, comme dans tous les autres auxquels il a touché, il a tracé de nouveaux chemins.

Après la publication de quelques articles et après des discussions directes et par correspondance *, Max Born, Fajans et Fritz Haber ont, en concertation mutuelle, décidé de publier simultanément trois articles séparés sur l'énergie réticulaire. Ces mémoires ont paru dans le même numéro des « Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft » [(14)-(16)] du 5 décembre 1919. On peut présenter les considérations similaires de Born et de Fajans, pour l'exemple du NaCl , par l'addition des équations thermochimiques suivantes :

On obtient :

$$\text{U} + \Delta H_f(\text{NaCl}) - 1/2 \Delta H_{\text{diss}}(\text{Cl}_2) - \Delta H_{\text{sub}}(\text{Na}) - I_{\text{Na}} + E_{\text{Cl}} = 0,$$

d'où on peut, à partir de données thermodynamiques, calculer la grandeur U non accessible directement par l'expérience. Haber a abouti au même résultat par un processus cyclique :

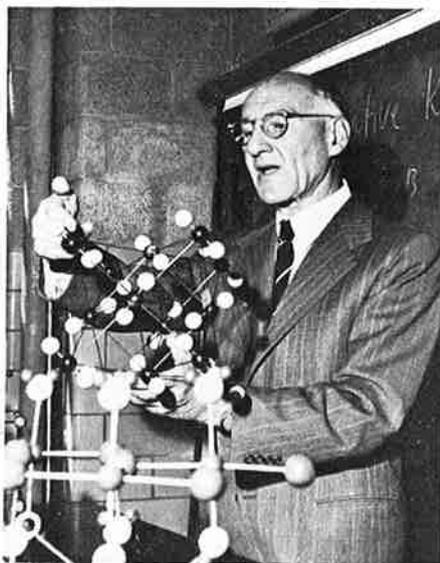
Ce processus est habituellement connu sous le nom de Cycle de Born-Haber, ce qui n'est pas juste envers Fajans. C'est pourquoi Morris et Shost (4) proposent d'appeler la relation décrite : Corrélation de Born-Fajans-Haber.



Kasimir Fajans en 1953.

ont été étudiées, par Fajans et ses collaborateurs, dans une longue série de recherches réfractométriques, dans tous les états de la matière, iode atomique à la température près de 1 000 °C inclus.

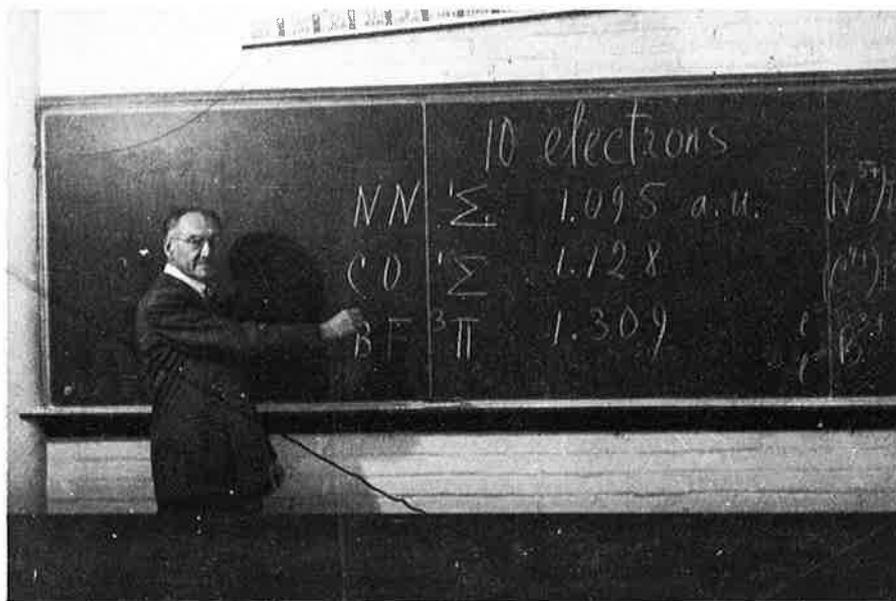
A la fin de l'année 1935, à cause de la montée du nazisme en Allemagne, Fajans est obligé de quitter ce pays. Après un court séjour à Cambridge, en Angleterre, il obtient en 1936



Kasimir Fajans pendant son dernier cours en mai 1956, avant son départ à la retraite.

Les recherches thermo-chimiques de Fajans ne se limitent pas à la liaison ionique, dans les cristaux et en solutions des électrolytes. Elles concernent aussi des liaisons covalentes dans le diamant, graphite et dans les

la chaire de chimie physique à l'Université de Michigan à Ann Arbor aux États-Unis, où il reste jusqu'à la fin de sa vie.



Kasimir Fajans exposant sa théorie des quanticules.

hydrocarbures, aliphatiques et aromatiques [p. ex. : (17) et (18)].

Fajans s'intéresse ensuite à la déformation des systèmes électroniques, c'est-à-dire, à la polarisation des ions et molécules. La polarisabilité et la polarisation électroniques

Dans cette période de son activité, l'occupation principale de Fajans porte sur la liaison chimique. Il attribue le rôle fondamental, dans la constitution de la molécule, aux interactions électrostatiques entre certains groupements des électrons, appelés quanti-

cules *, et les noyaux atomiques [(19) et (20)]. La quanticule est liée à un noyau ou peut être polynucléaire. En tenant compte de la déformabilité des ions et molécules, la théorie des quanticules est en mesure d'expliquer les propriétés stéréochimiques des molécules et des réseaux cristallins.

A partir de 1957, bien qu'étant à la retraite, Fajans continue son travail sur le développement de la théorie des quanticules. On peut, par exemple, noter qu'en se basant sur cette théorie, il décrit la molécule F_2 par la structure électronique différente de celle des autres molécules des halogènes, ce qui explique de façon assez convaincante les particularités du comportement physicochimique de F_2 (21).

Même dans les derniers temps, malgré son âge avancé, Kasimir Fajans était infatigable. Quelques semaines avant sa mort, il était encore au travail, en constatant, d'ailleurs, avec amertume, que ses jambes fonctionnaient déjà moins bien que le cerveau. Kasimir Fajans était un homme plein de charme, avec l'esprit toujours jeune, avec le sens de l'humour. Quand il avait affaire à des gens médiocres, il disait que la création de l'espèce humaine n'était pas la meilleure réussite de Dieu et il ajoutait l'explication : — parce que c'est arrivé le sixième jour de la création du Monde quand le Seigneur était déjà fatigué de cinq jours de travail.

Fajans a écrit de nombreuses publications. Son ouvrage sur la radioactivité paru entre les années 1919 et 1930 en plusieurs éditions : en allemand, anglais et russe. Il a participé à la rédaction du « Zeitschrift für Kristallographie ». Il donnait des conférences, toujours brillantes, dans quatorze pays. Il était membre d'honneur de la Royal Institution of Great Britain et de neuf sociétés scientifiques dans six pays ainsi que membre de quelques Académies des Sciences. Peut-être serait-ce intéressant de rappeler qu'en 1924, l'Académie des Sciences de l'U.R.S.S. a élu, comme membre étranger, Fajans avec Bohr, Born, Mme Curie, Einstein, Rutherford et quelques autres grands savants. Fajans est resté le dernier vivant parmi eux. Entre plusieurs distinctions scientifiques de Fajans, on peut indiquer le prix Victor-Meyer et la médaille de l'Université de Liège.

En 1956, l'Université de Michigan a fondé le prix Kasimir-Fajans pour les meilleures thèses de doctorat en chimie (Kasimir Fajans Award in Chemistry). Le maire d'Ann Arbor a proclamé le 27 mai 1974, jour du 87^e anniversaire de Fajans, comme « Jour de Kasimir-Fajans en Ann Arbor ».

Citons, encore une fois, les lois portant son nom : la loi de Fajans et Soddy sur les déplacements radioactifs, les règles radiochimiques Fajans-Paneth-Hahn, la corrélation thermo-chimique Born-Fajans-Haber. Les mérites scientifiques de Soddy, Hahn, Born et Haber ont été récompensés par le prix Nobel. Au début des années 1940 on s'attendait, dans le milieu scientifique, presque avec une certitude, à ce que Fajans obtienne aussi ce prix. Malheureusement, à cause de la deuxième guerre mondiale, pendant les années 1940-1942, les prix Nobel ne furent pas décernés et par la suite, probablement par inadvertance ou malentendu, Fajans fut oublié. Pourtant sa contribution énorme dans la chimie reste mondialement reconnue et son nom est entré pour toujours dans l'histoire de la Science.

* Pour la première fois, Fajans a introduit la notion « quanticule » au mois d'avril 1943 au cours d'un Congrès de l'American Chemical Society.

Bibliographie

- (1) J. Hurwic, *Encyclopedia Wspolcz.*, 1958, p. 245.
- (2) J. Hurwic, *Wiad. chem.*, 1959, 13, 446.
- (3) Article non signé, *J. Nucl. Medecine*, 1966, 7, 397.
- (4) D. F. C. Morris et E. L. Short, *Nature*, 1969, 224, 950.
- (5) I. M. Frank, *Priroda*, 1973, N° 10, p. 70.
- (6) K. Fajans, *Problemy*, 1968, 24, 392.
- (7) K. Fajans, *Priroda*, 1973, N° 10, p. 74.
- (8) K. Fajans, *Phys., Z.*, 1913, 14, 131.
- (9) K. Fajans, *Ibid.*, 1913, 14, 136.
- (10) F. Soddy, *The Chemistry of the Radioelements*, L. Green and Co., 1911.
- (11) F. Soddy, *Chem. News*, 1913, 107, 97.
- (12) K. Fajans et O. Göhring, *Phys., Z.*, 1913, 14, 877.
- (13) K. Fajans et O. Hassel, *Z. Elektrochem.*, 1923, 29, 495.
- (14) M. Born, *Verhandl. Deut. phys. Ges.*, 1919, 21, 679.
- (15) K. Fajans, *Ibid.*, 1919, 21, 714.
- (16) F. Haber, *Ibid.*, 1919, 21, 750.
- (17) K. Fajans, *Z. Physik*, 1920, 1, 101.
- (18) K. Fajans, *Ber.*, 1920, 53, 666.
- (19) K. Fajans et T. Berlin, *Phys. Rev.*, 1973, 63, 309.
- (20) K. Fajans, *Chimia*, 1959, 13, 349.
- (21) K. Fajans et O. Johnson, *Chem. Phys. Letters*, 1971, 9, 95.

Les livres

Analyses des livres reçus

Introduction to the theory of the Raman effect,
par J. A. Koningstein,
publié par D. Reidel, Dordrecht, 1972; 166 p.; Cloth
Df 1,48. Paper Df 1,31.

La théorie de l'effet Raman n'a guère connu de bouleversement depuis les travaux de Placzek, il y a plus de quarante ans. Il faut avouer qu'en dehors de ses aspects qualitatifs (en particulier concernant les règles de sélection de symétrie), elle a peu attiré l'attention des spectrochimistes, plus attentifs aux fréquences qu'aux intensités des raies de diffusion. L'ouvrage de Koningstein aidera sans doute à redresser cet état de fait. Dans le cadre de la théorie de Placzek, il détaille le calcul classique des tenseurs de diffusion à partir du champ d'un dipôle induit, puis des moments — électriques ou magnétiques — d'ordre supérieur (deux chapitres présentent les notions de base sur les tenseurs et sur la théorie des groupes, notions nécessaires, et en principe, suffisantes pour la compréhension et l'utilisation des résultats énoncés).

La formulation générale ainsi dégagée est appliquée tout d'abord à l'effet Raman « normal », en commençant par l'effet électronique — dont l'étude tend à se développer depuis l'apparition de lasers permettant de travailler à plus haute énergie excitatrice —; le cas des ions de transition sert d'exemple. Puis l'auteur traite en détail, après avoir introduit la notion de modes normaux, la théorie de l'effet Raman de vibration, puis de rotation en insistant bien évidemment sur les propriétés de symétrie et les règles de sélection.

L'utilisation des lasers pulsés ayant révélé de nouveaux phénomènes de diffusion, l'ouvrage se termine sur la discussion de l'effet hyper-Raman (qui apparaît à $2\nu_0 \pm \nu_m$), les effets Raman stimulé et inverse (d'émission ou d'absorption induite), puis l'effet Raman de résonance que l'on étudie, lui, en onde continue et qui correspond à une excitation à une fréquence voisine d'une fréquence propre de la molécule étudiée.

On trouve, en appendice, pour les principaux groupes ponctuels, la table des caractères avec l'indication des représentations irréductibles de l'activité Raman, du moment dipolaire, de la polarisabilité et de l'hyperpolarisabilité. D'une présentation claire et agréable, cet ouvrage (qui débute malheureusement sur une équation erronée) apportera aux spectrochimistes un outil précieux, bien que d'une lecture austère.

G. Mavel.

Electron emission spectroscopy,
par W. Dekeyser, L. Fiermans, G. Vanderkelen et J. Vennik,
publié par D. Reidel, Dordrecht, 1973; 507 p.; Dfl. 150,-.

Cet ouvrage rassemble les textes des conférences présentées lors d'une École d'Été de l'O.T.A.N., tenue à l'université de Gand en août-septembre 1972. Il se distribue en deux parts sensiblement égales, consacrées aux aspects théoriques et aux applications physico-chimiques des principaux phénomènes s'accompagnant d'une émission électronique.

Théorie de la diffusion des électrons par les solides, par C. B. Duke (Univ. Illinois, Urbana) (149 p.; 162 réf.) :

La diffusion élastique et inélastique des électrons lents — ELED,

ILEED — est traitée d'abord dans le cadre de l'approximation de Born, puis du réseau en vibration; les modèles dynamiques sont ensuite présentés en détail et leur critique faite sur la base des données expérimentales disponibles, telles que celles concernant la distribution angulaire des électrons diffusés par l'aluminium.

Théorie de la spectroscopie de photoélectrons induits par rayons X, par C. S. Fadley (Univ. Hawaii, Honolulu) (74 p.; 127 réf.) :

Les énergies de liaison des électrons internes et leur approximation par le théorème de Koopmans et à partir de charges atomiques, les structures fines des bandes de valence, les structures fines dues aux processus à plusieurs électrons, tous phénomènes que l'on observe dans des conditions habituelles de la spectroscopie E.S.C.A., sont discutés sur le plan théorique, puis comparés en détail aux observations; l'attention est ensuite brièvement portée au problème de la distribution angulaire des photoélectrons émis par les atomes et molécules libres et par les solides.

Théorie du champ cristallin et calcul des niveaux électroniques internes vacants, par R. P. Gupta et S. K. Sen (Univ. Manitoba, Winnipeg) (34 p.; 25 réf.) :

La description de l'environnement par la théorie du champ cristallin est particulièrement appliquée à l'analyse de la structure multiplet des ions métalliques que peuvent révéler l'effet Mössbauer, la spectroscopie de photoélectron ou de conversion interne.

Spectroscopie moléculaire de photoélectron, par E. Lindholm (Royal Institute of Techn., Stockholm) (36 p.; 43 réf.) :

Compte tenu des ouvrages disponibles qui traitent de cette branche de la spectroscopie de photoélectrons sous irradiation U.V., la présentation qui en est faite est illustrative et ne prétend pas être exhaustive; elle constitue, en fait, une excellente introduction aux textes plus complets.

Spectroscopie Auger pour l'analyse des surfaces, par J. C. Tracy (Bell Lab.) (78 p.; 324 réf.) :

Contrairement au cas précédent, il n'existe pas d'ouvrage traitant à fond de l'Auger, dont les premiers développements datent de 1968; l'auteur, sur la base d'une compilation datant de 1972, s'est donc livré à une présentation systématique des mécanismes d'excitation (et d'atténuation), des facteurs d'intensité et d'orientation, avant de passer en revue les techniques expérimentales, puis les plus représentatives des applications.

Aspects chimiques de l'E.S.C.A., par D. T. Clark (Univ. Durham) (136 p.; 20 réf.) :

En dehors des ouvrages bien connus du groupe d'Uppsala qui ont effleuré les aspects purement chimiques de l'E.S.C.A., il n'existe sur ce sujet que des articles de revue généralement très limités. Sur la base des travaux de son laboratoire, l'auteur nous livre un panorama des applications à l'analyse chimique, aux études de surfaces, de structures et de liaisons en chimie organique ou minérale, ainsi qu'en chimie macromoléculaire, le tout accompagné de nombreuses reproductions de spectres, souvent inédits, représentatifs des cas les plus couramment rencontrés dans la pratique (à l'exclusion à peu près des spectres présentant des structures fines de multiplets).

D'un ton délibérément didactique, l'ouvrage constitue une introduction aux techniques de la spectroscopie de photoélectrons d'autant plus utile que les ouvrages existant à cet effet sont peu nombreux et plus théoriques qu'applicatifs.

G. Mavel.

***Applications of high-speed liquid chromatography*, par John N. Done, John H. Knox et Joël Loheac, publié par John Wiley and Sons, Baffins Lane, Chichester, janvier 1975; VII + 238 p.; £ 6,50.**

La technique de la chromatographie en phase liquide (C.P.L.) a connu depuis une dizaine d'années, un renouveau remarquable et semble dès maintenant pouvoir rivaliser du point de vue pratique avec la chromatographie en phase gazeuse. L'intérêt de cette technique et la cause première de son succès viennent du fait que le C.P.L. permet potentiellement de séparer des composés pour lesquels la chromatographie en phase gazeuse n'est pas utilisable directement, soit à cause de la tension de vapeur insuffisante des molécules, soit à cause de leur fragilité ou de leur nature fortement polaire : par exemple, composés à haut poids moléculaire, espèces ioniques ou fortement polaires, tels que les stéroïdes, les sucres, les vitamines, etc.

Le choix d'une nouvelle technique analytique dépend le plus souvent de la démonstration de sa potentialité à résoudre un problème spécifique donné. Par son rôle de guide pratique, cet ouvrage doit permettre d'aider l'analyste pour le choix et la justification d'une décision d'investissement dans cette technique nouvelle.

Dans une première partie assez succincte, les auteurs traitent des caractéristiques essentielles, tant technologiques que théoriques, de la C.P.L. qui sont indispensables à une bonne compréhension des processus de séparation. Dans une optique d'ouvrage « guide »,

on peut regretter que la partie technologique n'ait pas été développée plus en détails, car elle ne permet pas au lecteur d'obtenir les éléments suffisants pour un choix raisonné des différents composants (détecteurs, pompes, colonnes). Devant s'adresser à des lecteurs dont la plupart sont familiarisés avec les techniques plus anciennement développées de la chromatographie en phase gazeuse ou sur couche mince, on peut aussi regretter que les chapitres de théorie n'aient pas mis suffisamment en relief à la fois les caractéristiques communes et les différences entre ces techniques, différences qui justifient les choix technologiques rencontrés en C.P.L. moderne et permettent de mieux comprendre les voies de développement et d'amélioration futures.

La seconde partie, essentielle, de cet ouvrage, consiste en exemples de chromatogrammes sélectionnés, pris dans la littérature récente (jusqu'à la fin 1973). Les 142 exemples donnés illustrent le large domaine d'applications possibles de la C.P.L. sur haute pression et ont été classés dans 11 rubriques, couvrant les hydrocarbures et le pétrole, les acides, les amines aromatiques et autres composés azotés, les phénols et antioxydants, les acides sulfoniques et colorants, les insecticides et herbicides, les nucléotides, nucléosides et acides nucléiques, les produits pharmaceutiques, les stéroïdes, les produits naturels et divers. Chaque chromatogramme comporte des indications sur la technologie de la colonne (nature, longueur, diamètre), le garnissage (taille des particules, pourcentage de phase stationnaire), la phase mobile (composition, débit, pression d'entrée), la température, le type détecteur utilisé et la sensibilité.

Un index d'auteurs, suivi d'index par formule et par nom des composés analysés, complètent utilement cette dernière partie. Un appendice donne quelques indications succinctes sur les différents garnissages utilisés en C.P.L. sous haute pression.

Ainsi que les autres le soulignent fort justement, malgré les progrès rapides accomplis dans l'amélioration des performances de séparation, il est probable que la grande majorité des chromatogrammes décrits ne subiront pas de changements importants et que leur valeur illustrative sera conservée.

Dans l'ensemble, ouvrage d'impression soignée, donnant des indications précises et essentielles sur les multiples possibilités d'applications analytiques de la C.P.L. moderne.

Bien que d'utilité limitée pour le spécialiste de C.P.L., nul doute que cet ouvrage se révèle très précieux à tous ceux qui désirent avoir une vue d'ensemble sur les possibilités analytiques de cette forme moderne de chromatographie en phase liquide.

A. Saint-Yrieix.

***Polymer chemistry, an introduction*, par Malcolm P. Stevens, Addison Wesley Publishing Corp. Inc., (Advanced book program) Reading, Mass., U.S.A., 1975; 458 p.; U.S. \$ 17,50; relié toile \$ 25,00.**

M. P. Stevens est professeur à l'université de Hartford, Conn., et a déjà publié un ouvrage intitulé *Characterization and analyses of polymers by gas chromatography*, en 1969.

L'ouvrage examiné ici a pour objet de fournir une introduction moderne dans le domaine de la chimie des polymères à l'usage des étudiants du niveau de la licence et de la maîtrise. La partie principale de l'ouvrage est consacrée à la chimie organique des polymères vinyliques et non vinyliques, y compris les concepts modernes de mécanisme de réactions et la stéréochimie. Un chapitre porte sur un domaine en pleine expansion : celui des polymères naturels et biologiques, comme les acides nucléiques, cependant, il y a aussi des notions suffisantes sur la caractérisation des polymères, les relations structures-propriétés, et la mise en œuvre des polymères pour donner une vue d'ensemble du domaine. L'ouvrage est divisé en trois parties, chaque partie couvrant un domaine particulier de la chimie organique des polymères. Chaque partie couvre également les nouveaux développements dans le domaine considéré. Plus de chimistes travaillent dans le domaine des polymères que dans tout autre domaine de la chimie, cependant, le sujet est trop souvent ignoré dans les enseignements élémentaires. Ce livre est écrit pour tenter de combler cette lacune tout autant que pour le chercheur.

D'un prix voisin de l'ouvrage de B. Vollmert, \$ 25/\$ 27,50, traduit en anglais par E. H. Immergut, cet ouvrage est moins copieux 458 p./652 p.; l'ouvrage de par son caractère chimique s'en distingue par un plan basé sur la nature chimique du motif élémentaire, alors que Vollmert avait basé le plan de son ouvrage sur la progression du monomère au polymère réticulé, et au polymère solide. L'ouvrage de Stevens contient une sélection de références à la fin de chaque chapitre, contrairement à Vollmert.

J. P. Dale Robbe.

Communiqués et informations

Conférences de l'Institut de Chimie des Substances Naturelles de Gif-sur-Yvette

Les conférences auront lieu à 11 heures à l'amphithéâtre de l'I.C.S.N.

Mercredi 14 janvier 1976, Dr G. E. Posner (Department of Chemistry, The Johns Hopkins University, Baltimore, Maryland 21218, USA) :

Quelques aspects de la chimie des organocuprates.

Mardi 20 janvier 1976, Dr R. H. Gigg (Medical Research Council, National Institute for Medical Research, The Ridgeway, Mill Hill, London NW7 1AA, England) :

The synthesis of serologically active glycolipids.

Vendredi 23 janvier 1976, Professeur H. Prinzbach (Chemisches Laboratorium der Universität Freiburg, 78 Freiburg i. Br., Alvertstrasse 21, Suisse) :

Cyclitol chemistry starting from benzene.

Communiqué de l'AFDAC

L'AFDAC organise des Journées de formation à la recherche bibliographique rétrospective automatisée dans trois grands systèmes documentaires :

ASE (ESRO)/RECON : le lundi 12 janvier 1976.

LOCKHEED/DIALOG : le vendredi 23 janvier 1976.

SDC/ORBIT : le lundi 2 février 1976.

Le programme de chaque journée comporte une présentation des fichiers bibliographiques disponibles, un exposé sur les techniques d'interrogation, des travaux pratiques personnalisés.

Pour tous renseignements, s'adresser à l'AFDAC, 88, avenue Kléber, 75116 Paris. Tél. 553.65.19.

Séminaires de l'École Normale Supérieure

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

Mardi 27 janvier 1976, M. H. Ledon : *Modèles de transporteurs d'oxygène. Une étape vers la synthèse de systèmes hydroxylants biomimétiques.*

Mardi 3 février 1976, M. I. Tkatchenko (Institut de Recherche sur la Catalyse, Villeurbanne) :

Oligomérisations sélectives du butadiène.

Mardi 10 février 1976, Pr. G. H. Posner (Université Johns Hopkins, Baltimore, Maryland, USA) :

Quelques aspects de la chimie des organocuprates.

Séminaires de chimie de l'E.N.S.C.P.

Le prochain séminaire aura lieu, à 16 h 30, le jeudi 29 janvier 1976, à l'École, 11, rue Pierre-et-Marie-Curie (Paris 5^e), Amphithéâtre B.

Le Dr. Andrew Wojcicki (Ohio State University) présentera la conférence suivante : *Electrophilic cleavage reactions of transition metal-carbon sigma bonds.*

Journée de la filtration

Dans le cadre de son programme 1976, la Société Française de Filtration, organise le 18 février 1976 à l'hôtel P. L. M. Saint-Jacques une Journée technique sur le thème : *La filtration, source d'économie, de qualité et moyen de dépollution. Sa place parmi les techniques séparatives.*

Les sujets traités seront les suivants : la place et le rôle de la filtration parmi les techniques séparatives.

les nouvelles réglementations sur les rejets; la filtration dans les industries chimiques et alimentaires;

la filtration dans les industries lourdes et de production d'énergie;

la filtration dans les industries de pointe (aéronautique, électronique, nucléaire).

Inscriptions : M. Didier Roger, Secrétaire S.F.F., 116, av. Aristide Briand, 92220 Bagneux. Tél. 657.13.13, poste 22-24.

Journées sur les structures moléculaires

La Division de chimie physique de la Société Chimique de Belgique organise une réunion scientifique sur le thème : *Structures moléculaires. Aspects théoriques et expérimentaux.* Les différents sujets seront traités

par les conférenciers suivants : R. Daudel (Paris), E. Heilbronner (Bâle), S. Leach (Paris Sud), M. Perutz (Cambridge), J. Pople (Pittsburgh), M. Woolfson (York). Cette réunion se tiendra à Bruxelles les 25 et 26 mars 1976.

Les demandes d'informations complémentaires sont à adresser à M. J. M. Dereppe, Université de Louvain, Laboratoire de chimie physique, Bâtiment Lavoisier, 1, Place Louis-Pasteur, 1348 Louvain-La-Neuve.

Colloque sur la polycondensation

Un colloque sur la polycondensation, organisé dans le cadre des activités du Groupe Français des Polymères, se tiendra à Toulouse du 12 au 14 mai 1976. Il traitera de la synthèse des polycondensats, de la chimie de leur mise en œuvre (réticulation, ...), et de leur caractérisation physicochimique. Le programme comporte des conférences plénières, des séances de communications, et une table ronde.

Les propositions de communications (titre, court résumé et auteurs) devront être adressées, en trois exemplaires, le plus tôt possible au Secrétariat du Colloque.

Pour toute demande d'information, s'adresser au Secrétariat du Colloque : M. A. Gourdenne, E.N.S.C.T., 118, route de Narbonne, 31077 Toulouse Cedex. Tél. : (61) 53-14-21.

Journées de calorimétrie et d'analyse thermique

Ces Journées, organisées par l'Association Française de Calorimétrie et d'Analyse Thermique (A.F.C.A.T.), Groupe associé à la Société Française des Thermiciens, auront lieu à Besançon les 13 et 14 mai 1976.

Les thèmes retenus sont :

1. *Calorimétrie des systèmes réactionnels en solution aqueuse ou organique (systèmes liquide-liquide et solide-liquide).*

2. *Détermination des chaleurs d'adsorption (Méthodes directes ou indirectes. Interfaces solide-gaz et solide-liquide).*

3. *Communications libres en calorimétrie et analyse thermique différentielle.*

Pour tout renseignement complémentaire s'adresser à M. Reggiani J. C., Laboratoire de chimie-physique, Faculté des Sciences, 32, rue Mégevand, 25030 Besançon Cedex, Tél. (81) 83.35.01, poste 02.

Assemblée annuelle 1976 du Groupe polyphénols

Le Groupe polyphénols, Association internationale de langue française ayant pour objet de promouvoir l'étude des polyphénols (tant sur le plan fondamental que sur le plan des applications pratiques) et de faciliter les échanges d'informations entre chercheurs de toutes disciplines concernés par ces substances, tiendra son Assemblée annuelle du 19 au 21 mai 1976 à Dijon, dans les locaux de la Faculté de Médecine et de Pharmacie, sur le thème : *Progrès récents des méthodes d'analyse qualitative, quantitative et structurale des polyphénols.*

Pour tous renseignements, s'adresser à

M. Michel Bourzeix, Station d'œnologie et de technologie végétale, INRA, 11104 Narbonne. Tél. : (64) 32.04.86.

Symposium européen de l'Association internationale des toxicologues légistes

Ce colloque se tiendra du 27 au 29 août 1976, dans le Département de toxicologie de la Faculté de Pharmacie de l'Université de Gand. Pour toutes informations, écrire au Département de toxicologie (Prof. A. Heyndrickx) Université de Gand, Hopitaalstraat 13, 9000 Gand, Belgique.

Conférence EUCHEM: Hyperbases in elimination and carbanion reactions

La Conférence EUCHEM n° 76 aura pour thème : *Hyperbases in elimination and carbanion reactions.*

Elle se tiendra les 13, 14 et 15 septembre 1976 à l'Abbaye des Prémontrés à Pont-à-Mousson. Les personnalités suivantes : R. A. Bartsch, C. A. Brown, M. Larchevêque, M. Makosza, D. J. Sam, M. Schlosser, J. Smid, J. Zavada ont donné leur accord pour prononcer une conférence.

Le nombre de participants à cette réunion étant limité, les demandes d'inscription doivent être adressées avant le 30 avril 1976 à M. P. Caubère, Laboratoire de chimie organique 1, Université Nancy 1, Case Officielle 140, 54037 Nancy Cedex (France).

Groupe de chimie hétérocyclique

A la suite d'un colloque qui s'est tenu à Pau les 29 et 30 septembre 1975, un Groupe de chimie hétérocyclique s'est constitué. Son Bureau (renouvelable par tiers tous les ans) comprend : MM. Jacquier (Montpellier), Président, Chaillet (Pau), Descamps (Labaz-Bruxelles), Dostert (Delalande, Paris), Lozac'h (Caen), Majoral (Toulouse), Maquestiau (Mons), Metzger (Marseille), Najer (L.E.R.S. Paris).

La prochaine réunion scientifique du Groupe aura lieu à Montpellier les 27, 28 et 29 septembre 1976. Il est prévu une douzaine de conférences plénières et des communications sous forme d'affiches. La participation aux frais d'organisation est fixée à 150 F pour les universitaires (100 F pour les moins de 30 ans) et 300 F pour les industriels.

Afin de permettre des contacts scientifiques plus fructueux, le Bureau envisage une éventuelle limitation du nombre de participants. Les personnes intéressées sont donc priées d'envoyer une demande de pré-inscription *avant le 28 février 1976* à R. Jacquier, École Nationale Supérieure de Chimie, 8, rue de l'École Normale, 34075 Montpellier Cedex.

Prix du G.A.M.S. 1976 (Prix Bardet)

Le Groupement pour l'Avancement des Méthodes Spectroscopiques et physico-

chimiques d'analyse (G.A.M.S.) décerne chaque année un prix, le Prix Bardet, du nom de son premier Président, destiné à récompenser un travail expérimental d'appareillage ou de méthode présentant un incontestable caractère novateur et ayant fait l'objet d'une publication en langue française. Le montant en sera, pour 1976, de 2500 F.

Le travail doit s'inscrire dans le cadre des activités du G.A.M.S., c'est-à-dire concourir au perfectionnement des méthodes spectroscopiques et physico-chimiques d'analyse, notamment dans les domaines suivants :

spectrométrie d'émission, spectrométrie de flamme, d'absorption ou de fluorescence atomiques, spectrométrie moléculaire (absorptions I.R., visible, effet Raman, R.M.N., etc.), spectrométrie X (émission X, fluorescence X, diffraction X), spectrométrie de masse, spectroscopie photoélectronique (E.S.C.A.), chromatographie.

sans que cette énumération soit limitative. Il peut s'agir d'un travail de thèse, ou d'une recherche effectuée dans des laboratoires universitaires, industriels ou d'administrations, que ces laboratoires soient adhérents ou non au G.A.M.S.

Les travaux publiés devront être adressés, en trois exemplaires, au Secrétariat du G.A.M.S., 10, rue de Delta, 75009 Paris, et postés au plus tard le 31 mai 1976 (le cachet de la poste faisant foi), Joindre un curriculum vitae.

Compte-rendu d'une conférence EUCHEM

La Conférence EUCHEM sur les intermédiaires oxygénés et azotés dans les mécanismes de réactions, et la synthèse, s'est tenue au Golf Hôtel de Valescure à St-Raphaël (Var) du 21 au 27 septembre 1975. Le Comité d'organisation présidé par le Professeur B. Waegell (Université d'Aix-Marseille III), était composé des Professeurs J. K. Kochi (Université d'Indiana) et J. M. Surzur (Université d'Aix-Marseille III). Le nombre de participants a été volontairement limité à une soixantaine de personnes (toutes spécialités dans le domaine), afin de favoriser au maximum les discussions et les échanges d'idées. Ce but a été particulièrement bien atteint grâce à la situation isolée et calme, du lieu de réunion qui a permis de bénéficier par ailleurs de conditions climatiques idéales, dans un cadre particulièrement enchanteur.

Comme l'indique son titre, cette Conférence a mis l'accent sur les mécanismes des réactions qui mettent en jeu les intermédiaires oxygénés et azotés. Les applications de ces intermédiaires en synthèse organique, sont susceptibles de nombreux développements et sont particulièrement séduisantes dans de nombreux domaines de la chimie.

Un grand nombre de nationalités étaient représentées à cette Conférence (Allemagne Fédérale, Belgique, Canada, États-Unis, France, Grande-Bretagne, Hollande, Italie, Japon, Suisse, Yougoslavie). Parmi les participants, on comptait de nombreuses personnalités scientifiques de réputation internationale parmi lesquelles le Professeur D. H. R. Barton, Prix Nobel, de jeunes chercheurs de diverses institutions, ainsi qu'une dizaine de représentants de l'industrie française et étrangère. Profitant de la présence de spécialistes de renom,

une soutenance de thèse particulièrement brillante, eut lieu pendant la réunion. Cette Conférence EUCHEM fut très dynamique, tant sur le plan scientifique que social, si l'on en juge par le succès rencontré par les quatorze conférences plénières et les seize communications qui firent l'objet de nombreux échanges de vue souvent très animés.

L'ensemble des participants a formé le souhait que cette Conférence EUCHEM soit renouvelée dans quatre ans, en insistant sur l'intervention des intermédiaires azotés et oxygénés dans les phénomènes catalytiques et en particulier biologiques.

Remise du Prix du G.F.P.

Au cours de l'Assemblée générale annuelle du Groupe Français d'Études et d'Applications des Polymères (G.F.P.) qui s'est tenue le 13 novembre 1975 à l'Université des Sciences et Techniques du Languedoc à Montpellier, M. B. Besançon, Président du G.F.P., a remis à M. H. Chanzy le Prix du G.F.P., dont le montant s'élève à 4 000 F. Ce prix est décerné chaque année par le Conseil d'Administration sur proposition d'une Commission qui sélectionne le lauréat parmi les candidatures qui lui sont proposées. Il est destiné à récompenser un jeune chercheur (ou une équipe) ayant accompli un travail de recherche original sur la base d'idées personnelles dans le domaine de la science des polymères ou de leurs applications.

Le lauréat 1975, M. Chanzy, chargé de recherche au C.N.R.S., travaille au CERMAV à Grenoble. Ses recherches ont porté sur la morphologie naissante de polyéthylène et sur l'encapsulation d'amidon et de cellulose par du polyéthylène. Ces travaux, effectués en relation avec le Professeur Marchessault de l'Université de Montréal, ont suscité un vif intérêt car ils ont permis d'expliquer la structure très particulière du polyéthylène naissant, et d'ouvrir une nouvelle voie dans le domaine des composites cellulose-polyéthylène. Plus récemment, M. Chanzy a entrepris au CERMAV l'étude cristallographique et morphologique de la cellulose native. Dans ce domaine également les résultats de M. Chanzy sont prometteurs. Le Prix G.F.P. 1974 avait été décerné, rappelons-le, à une équipe de chercheurs du Centre de Recherche de la S.N.P.A. à Lacq, MM. Agouri, Laputte, Parlant et Rideau, pour leurs travaux de synthèse et de caractérisation de copolymères séquencés, associant une séquence polyoléfinique à une séquence polyvinylique ou polyacrylique.

Journées d'étude sur la spectroscopie E.S.C.A

28, 29 et 30 avril 1976

Trois journées d'étude sur la spectroscopie E.S.C.A. sont organisées à l'Université Claude Bernard (Lyon I) sous l'égide du G.A.M.S. et de la Société Chimique de France.

Elles comporteront essentiellement des conférences générales et des communications sur les thèmes suivants :

Aspects théoriques et expérimentaux de la photoémission par Rayons X et ultra violets. Applications de la spectroscopie E.S.C.A. dans les divers domaines de :
la chimie analytique,

la physique et la chimie des solides, la chimie de coordination, la physique et la chimie des surfaces, la catalyse.

Les chercheurs qui désirent présenter une communication sur ces thèmes sont priés de bien vouloir envoyer un résumé avant le 15 février 1976 à M. Tran Minh Duc, Laboratoire de chimie nucléaire, Institut de Physique Nucléaire, 43, Boulevard du 11 Novembre 1918, 69621 Villeurbanne. Les personnes qui souhaitent participer à ces Journées sont invitées à se faire connaître afin de recevoir tous documents utiles. Le montant des frais d'inscription est fixé à 100 F. Il couvre en particulier l'édition d'un fascicule complet des textes présentés, qui sera expédié à chaque participant.

XIII^e Congrès européen des peintures et vernis, émaux et encres d'imprimerie

Le Congrès biennal de la F.A.T.I.P.E.C. (Fédération d'Associations de Techniciens des Peintures, Vernis, Émaux et Encres d'Imprimerie de l'Europe Continentale) se tiendra, du 2 au 7 mai 1976, au Palais des Congrès d'Antibes-Juan-les-Pins.

Programme et bulletins d'inscription : G. Eyraud, Secrétaire F.A.T.I.P.E.C., 5, rue de la Poudrière, 69001 Lyon.

3^e Congrès international sur la chimie du bore

Ce congrès, organisé par la Gesellschaft Deutscher Chemiker et l'IUPAC, se tiendra du 5 au 9 juillet 1976 à Munich et à Ettal près de Garmisch-Partenkirchen. Au cours de ce Congrès sera célébré le 200^e anniversaire de la naissance d'Alfred Stock. Pour tous renseignements écrire au Dr. W. Fritsche, Gesellschaft Deutscher Chemiker, Post office Box 90.04.40, D-6000 Frankfurt/Main 90 (R.F.A.).

École d'été sur les céramiques de type nitrure

Cette école qui se tiendra du 16 au 27 août 1976 à l'Université du Kent à Canterbury (Angleterre) est organisée par l'Advanced Study Institute in materials sciences. Elle comportera des cours fondamentaux, des exposés de résultats originaux et des tables rondes sur des sujets d'actualité couvrant l'ensemble des matériaux minéraux réfractaires contenant de l'azote et leur technologie. Les principaux points traités porteront sur la cristallographie, les aspects thermodynamiques et cinétiques liés à la stabilité ou la corrosion de ces matériaux à hautes températures, la microstructure, les propriétés mécaniques, les méthodes d'élaboration et les applications actuelles ou futures. L'École est subventionnée par l'O.T.A.N. Le nombre de participants sera limité. Pour informations, M. Billy, Université de Limoges, U.E.R. des Sciences, Chimie minérale, 123, rue Albert-Thomas, 87100 Limoges. Tél. : (55) 77-57-15.

Stages de formation permanente

Stages organisés à l'Institut Universitaire de Technologie de Rouen en 1976

Trois types de stages sont prévus en 1976 et se dérouleront selon le calendrier suivant :

I. Stages d'actualisation des connaissances :

Niveau : Techniciens, maîtrise.

Durée : 8 à 10 jours à raison d'une journée par semaine.

Prix : 1 500 francs pour 10 journées de stage.

Chromatographie : du 8 janvier au 18 mars 1976.

Chimie organique : Méthodes physico-chimiques de détermination des structures : du 22 janvier au 11 mars 1976.

Électrochimie : du 8 avril au 17 juin 1976.

Optométrie : du 30 septembre au 16 décembre 1976.

Chromatographie liquide sur couches minces et sur colonne à haute résolution : 8 jours en septembre 1976.

II. Stages de perfectionnement :

Niveau : Les connaissances dispensées dans le cadre des stages d'actualisation sont supposées acquises.

Durée : 2 à 3 jours.

Prix : 280 francs pour une journée de stage. Corrosion électrochimique : 2, 3, 4 février 1976.

Titrages potentiométriques. Electrodes ioniques : 8, 9, 10 mars 1976.

Infrarouge. Raman : 18, 19 mars 1976.

III. Stages d'initiation :

Niveau : aides-chimistes.

Durée : 4 à 5 jours.

Prix : 750 francs par participant pour la durée du stage.

Initiation aux techniques de laboratoires : 16, 17, 18, 19, 20 février 1976.

Réactions en milieu aqueux : 8, 9, 10, 11, 12 mars 1976.

Réactions en milieu non aqueux : 15, 16, 17, 18 mars 1976.

Statistique appliquée : 18, 25 février, 3, 10, 17 mars 1976.

Quelques places sont encore disponibles pour chacune des actions énumérées ci-dessus.

Pour toutes inscriptions ou informations complémentaires, s'adresser à la Mission Formation Continue de l'Université, Bd de Broglie, 76130 Mont-Saint-Aignan, ou à l'I.U.T. B.P. 47, 76130 Mont-Saint-Aignan. Tél. (35) 71.71.41 ou 70.72.94.

Stages organisés par l'Institut Universitaire de Technologie de Toulouse

Méthodes spectrographiques d'analyse (14-18 juin 1976).

Ce stage initie aux techniques de la spectrométrie : spectromètre de résonance magnétique protonique; spectromètre de masse et son couplage avec la chromatographie; spectrophotomètre d'absorption atomique. Les notions fondamentales sur l'interpré-

tation des spectres obtenus par les différentes techniques sont développées.

Les stagiaires manipulent sur les appareils, se familiarisent avec leur maintenance et les utilisent pour la détermination de structure et la microanalyse.

Pour tous renseignements complémentaires, s'adresser à l'Institut Universitaire de Technologie, Département Mesures physiques, 115, Route de Narbonne, 31077 Toulouse Cedex, Tél. (61) 53.24.25, poste 368.

Stages organisés par l'E.S.P.C.I. de Paris

Stages de chromatographie en phase liquide.

I. Stage d'initiation.

Un stage d'initiation à la technique de la chromatographie en phase liquide rapide aura lieu au Laboratoire de chimie analytique de l'École Supérieure de Physique et de Chimie de Paris, 10, rue Vauquelin, Paris 5^e du lundi 5 avril 1976 au vendredi 9 avril 1976. La principale caractéristique de ce stage, qui fait suite aux dix stages précédents organisés en 1945-1975, est la possibilité offerte aux participants de mettre en œuvre de façon pratique des séparations par chromatographie en phase liquide qu'il s'agisse d'adsorption, de partage sur phases greffées ou d'échange d'ions sur des appareillages variés et, également, de mettre en œuvre les techniques annexes telles que le remplissage des colonnes chromatographiques, la maintenance des détecteurs, etc. Le programme sera le suivant :

Conférences.

Généralités sur la Chromatographie en Phase Liquide (C.P.L.) et comparaison avec la chromatographie en phase gazeuse.

Classification des méthodes de la Chromatographie en Phase Liquide (liquide-solide, partage, échange d'ions, exclusion).

Rappel des notions fondamentales : facteur de capacité, efficacité (H.E.P.T.), sélectivité, résolution, nombre de plateaux efficaces par seconde, pression d'entrée.

Les phases stationnaires en C.P.L.

Basse pression et fine granulométrie.

Les techniques utilisées pour le remplissage des colonnes chromatographiques à hautes performances (supports poreux et pelliculaires).

L'appareillage en C.P.L. : pompes, injecteurs, détecteurs, gradient d'élution, recyclage.

Influence du diamètre des particules, du débit et des caractéristiques géométriques de la colonne sur l'efficacité d'une séparation chromatographique.

Influence de l'injection sur l'efficacité. Choix d'une phase mobile.

Transposition chromatographie sur couche mince-C.P.L.

Programmation de débit et de concentration. Analyse quantitative d'un mélange.

Chromatographie préparative.

Travaux pratiques.

Les stagiaires pourront manipuler sur des chromatographes en phase liquide (appareils Varian type 8510 et 8520 équipés de différents types de détecteurs). Pour l'étude du remplissage des colonnes ils réaliseront les montages appropriés. La réalisation d'appareils plus simples équipés de pompes haute pression Haskell et Orlita sera également traitée.

Les frais de participation à ce stage ont été fixés à 2 000 F. (en exonération de T.V.A.) somme qui peut être déduite au titre de la formation professionnelle. Le nombre de places par stage est limité. S'inscrire au plus tôt auprès de M. Caude, Laboratoire de chimie analytique, 10, rue Vauquelin, 75231 Paris Cedex 05. Tél. : 535-00-04.

II. Stage de perfectionnement.

Ce stage est destiné de préférence aux personnes qui ont déjà suivi un stage d'initiation à la chromatographie en phase liquide. Toutefois les personnes qui, sans avoir suivi ce stage, peuvent témoigner d'une bonne expérience dans le domaine pourront également être admises. Il aura lieu au Laboratoire de chimie analytique de l'École Supérieure de Physique et de Chimie de Paris, 10, rue Vauquelin, Paris 5^e, du lundi 3 mai 1976 au vendredi 7 mai 1976.

Une très grande place sera consacrée aux Travaux pratiques au cours desquels les stagiaires auront non pas à suivre un mode opératoire déterminé mais à choisir une méthode de séparation face à des problèmes de séparations variés et à mettre en œuvre les techniques qui auront été retenues. Le nombre des stagiaires est strictement limité à 12.

En plus des Travaux pratiques quatre conférences seront données sur des aspects avancés de la chromatographie en phase liquide :

1. Influence de la teneur en eau sur les

séparations en chromatographie d'adsorption et en particulier sur la reproductibilité des chromatogrammes.

2. La détection en chromatographie en phase liquide : réfractométrie détecteur électrochimique, détection par réaction chimique couplée et spectrophotométrie d'absorption, constante diélectrique.

3. Comment mettre au point une élution graduée en chromatographie en phase liquide ?

4. Progrès récents en chromatographie en phase liquide préparative.

Les frais de participation à ce stage ont été fixés à 3 000 F. (en exonération de T.V.A.), somme qui peut être déduite au titre de la formation professionnelle. S'inscrire au plus tôt auprès de M. Caude, Laboratoire de chimie analytique, 10, rue Vauquelin, 75231 Paris Cedex 05, Tél. : 535-00-04.

Initiation à la chimie analytique en milieu non aqueux.

Ce stage aura lieu du 20 au 24 septembre 1976 à l'E.S.P.C.I. de Paris. Le nombre des participants est strictement limité à 40. Le programme est le suivant :

I. Les réactions fondamentales (acide-base, oxydoréduction et formation de complexes) en milieu non aqueux.

II. La solvatation : influence de la nature des solvants sur les propriétés chimiques des solutés.

Sont prévues 15 heures de cours et de travaux dirigés et 15 heures de travaux pratiques. Le texte intégral du cours est remis aux participants. Les cours seront donnés par Mme Badoz, Directeur de recherche au C.N.R.S., Mme Bauer, Maître de conférence, Université P. et M. Curie, Mme Bréant, Maître de recherche au C.N.R.S., M. Bessière, Maître de conférence, Université de Nancy.

La responsabilité des travaux dirigés est confiée à M. Plichon, Maître de recherche au C.N.R.S. et celle des travaux pratiques à MM. Herlem, Maître de recherche, Thiébaud, chargé de recherche au C.N.R.S.

Prix inscription : 1 200 F (repas de midi inclus).

Responsable du stage : Mme Badoz.

Secrétariat : Mme Bardin, Laboratoire de chimie analytique, E.S.P.C.I. 10, rue Vauquelin, 75231 Paris Cedex 05, Tél. : 337.77.00, poste 326 ou : 535.00.04 (ligne directe).

Informations S.C.F.

- 40 Réunions**
Séminaire de la S.C.F., du jeudi 22 janvier 1976,
à Paris
- 40 Communiqués**
Prix de la S.C.F. 1976
Division de chimie organique : Journée parisienne de
la Division. Journées d'Orsay 1976.
Division de chimie physique et chimie minérale :
Journée des surfaces, du 15 mars 1976
Division de l'enseignement : XV^e Rencontre des
enseignants de chimie
- 41 Nouveaux Membres**
- 41 Demandes et offres diverses**

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 : 30 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.

Réunions

Séminaires de la S.C.F.

Séance du jeudi 22 janvier 1976

Ce séminaire, organisé par la Division de chimie organique, aura lieu à 14 h 30 dans l'amphi A de l'E.N.S.C.P., 11, rue Pierre-et-Marie-Curie, 75005 Paris.

Les conférences suivantes seront présentées :

Exemples d'utilisation des complexes aréniques des métaux de transition en synthèse organique,

par le Dr G. Jaouen (Université de Rennes).

Metal catalyzed rearrangements and hydrogen transfer reactions of saturated hydrocarbons,

par le Dr H. C. Volger (Centre de Recherche de Sittingbourne, Angleterre).

Un résumé des conférences sera distribué aux auditeurs en début de séance.

Communiqués

Prix de la Société Chimique de France

I. Règlement en vigueur

Nature des prix

a) Deux « prix généraux » : Prix Le Bel et Prix Süe sont attribués chaque année par le Conseil d'Administration, indépendamment de la nature des travaux présentés, sous réserve qu'ils s'inscrivent dans le cadre de l'activité de la Société Chimique de France.

b) Chaque année, deux « prix de Division » sont attribués par le Conseil d'Administration à chacune des Divisions : Division de chimie analytique, Division de chimie physique et minérale, Division de chimie organique et Division de l'enseignement de la chimie. Ces prix prennent la suite des prix Adrian, Ancel, Leblanc, Schutzenberger et Willemart (annuels ou non) dont la couverture financière est, pour une très large part, assurée par la Société Chimique de France.

Le Conseil d'Administration de la Société Chimique de France désigne, lors de la réunion de mars-avril, les lauréats de l'année en cours, selon les dispositions ci-après :

Dossiers de candidature

Tout dossier, sous peine de nullité, doit satisfaire aux conditions suivantes :

a) être parvenu avant le 1^{er} février, à l'un des Présidents en exercice soit de la Division chimie analytique
soit de la Division chimie physique et minérale
soit de la Division chimie organique
soit de la Division enseignement de la chimie,

b) n'être présenté qu'à une seule Division,

c) être présenté par une (ou deux) personne (en dehors de l'intéressé) membre de la Société Chimique de France,

d) comporter les pièces suivantes :

un court curriculum vitae,

un exposé de l'orientation des travaux et des résultats obtenus (3 pages maximum),

un exemplaire des tirés à part des publications,

e) les candidats devront être membres de la Société Chimique de France.

Commission divisionnaire des prix

Chaque Président de Division constitue chaque année, avant le 1^{er} février, une Commission des Prix relative à sa spécialité (analytique, physique et minérale, organique, enseignement).

Il soumet la liste des membres au Président de la Société Chimique. Le Président de la Division est Président de cette Commission.

Il choisit 6 membres appartenant à la Division pour constituer ainsi une Commission de 7 personnes. 3 membres au moins devront être extérieures à la région parisienne.

3 membres au moins devront faire partie du Conseil d'Administration de la Société Chimique de France.

Travail des Commissions

Chaque Commission examine les dossiers reçus et vérifie leur conformité aux règles énoncées ci-dessus.

Toute liberté est laissée au Président de Commission pour l'examen des dossiers.

Les membres des Commissions sont tenus au secret.

Les décisions sont prises par vote secret, à la majorité des 7 membres; le vote par correspondance étant admis.

Présentation des conclusions

Chaque commission de Division :

a) présente, si la valeur des travaux soumis le justifie un ou deux candidats aux prix généraux et rédige un rapport sur la valeur intrinsèque des travaux et les mérites de son ou de ses candidats;

b) établit pour l'attribution de ses deux prix de Division une liste classée comprenant :

trois noms si la Commission estime que ses candidats aux prix généraux ne doivent pas être présentés au Conseil pour un prix de Division,

ou si elle n'a pas présenté de candidats aux prix généraux,

quatre noms si la Commission estime que l'un de ses candidats à un des prix généraux peut être présenté pour un prix de Division,

cinq noms si la Commission estime que ses deux candidats aux deux prix généraux peuvent être présentés pour un prix de Division.

Le tableau de présentation devra stipuler clairement le cas où les chiffres ci-dessus ne seraient pas atteints (mention néant sur les lignes correspondantes).

Les noms des membres de la Commission de Division figureront sur ce document prévu en a) et b).

Ce document sera envoyé au Président de la Société Chimique de France.

Les rapports relatifs aux candidatures aux prix généraux (4 pages maximum) devront parvenir aux membres du Conseil au moins 15 jours avant la date de la réunion de mars/avril du Conseil d'Administration.

Examen par le Conseil

Prix généraux : Le Conseil attribue successivement sans discussion, au vote secret, à la majorité absolue, les prix généraux Le Bel et Süe.

Prix de Division : Les Présidents de Division rappellent ensuite les candidatures subsistant pour l'attribution des prix de Division. Ils exposent les raisons du choix de leur Commission.

Le Conseil d'Administration se prononce ensuite à la majorité absolue, par vote secret, sur les attributions des prix, Division par Division, d'abord pour le 1^{er} prix, puis pour le 2^e prix.

Nota : Par majorité absolue on entend : majorité absolue des suffrages exprimés par les membres présents.

Si, pour l'attribution d'un prix le nombre des candidats proposés est égal ou inférieur à deux, il ne sera procédé qu'à un tour de scrutin. Le Conseil est souverain pour décider que tel ou tel prix (général ou de Division) ne peut être attribué.

Communication des résultats

Les récipiendaires sont informés par les soins du Président du Conseil d'Administration.

Montant des prix 1976

Prix Le Bel : 5 000 F.

Prix Süe : 3 000 F.

Prix de Division : un prix de 2 000 F, un prix de 1 000 F.

II. Modalités d'application pour 1976

Les dossiers seront présentés par une personne autre que l'intéressé, membre de la Société Chimique de France, et envoyés aux adresses suivantes :

a) *chimie analytique* : M. le Président de la Division de chimie analytique de la S.C.F. (aux bons soins de Mme D. Bauer), Laboratoire de chimie analytique, E.S.P.C.I., 10, rue Vauquelin, 75231 Paris;

b) *chimie physique et minérale* : M. R. Collongues, Président de la Division, E.N.S.C.P., 11, rue Pierre-et-Marie-Curie, 75005 Paris;

c) *chimie organique* : M. J.-M. Conia, Président de la Division, Laboratoire des carbocycles, Bâtiment 490, Université Paris-Sud, 91400 Orsay;

d) *enseignement de la chimie* : M. R. Guillaumont, Président de la Division, Bâtiment 100, I.P.N., Université Paris-Sud, 91400 Orsay.

Division de chimie organique

Journée parisienne de la Division

La journée parisienne de la Division de chimie organique aura lieu le jeudi 11 mars 1976.

Quatre conférences plénières sont prévues, les titres de trois d'entre elles étant connus :

Professeur M. Hanack (Tubingen) : *Vinyl cations from solvolysis reactions.*

Professeur R. Corriu (Montpellier) : *Comportement chimique et stéréochimique d'organosilanes liés à des métaux de transition.*

Professeur P. Laszlo (Liège) : *Apport de la R.M.N. du sodium-23 aux études des paires d'ions dans les solvants organiques : solvation spécifique du cation et cinétique d'échange.*

et Professeur W. Oppolzer (Genève).

Cette réunion remplacera le séminaire S.C.F. du jeudi pour le mois de mars.

Une prochaine annonce dans *L'actualité chimique* précisera les détails de cette Journée qui se tiendra dans l'amphithéâtre A de l'École Nationale Supérieure de Chimie de Paris, 11, rue Pierre-et-Marie-Curie, Paris 5^e (parking disponible rue Soufflot).

Journées de chimie organique d'Orsay 1976

Elles auront lieu les mercredi 15, jeudi 16 et vendredi 17 septembre 1976. Elles comporteront neuf conférences et, comme l'an dernier, les communications se feront uniquement par affiches.

Les conférences seront de trois types :

a) trois conférences générales; ont déjà donné leur accord : les Professeurs D. J. Cram (U.C.L.A.) et C. W. Rees (Liverpool),

b) trois conférences données dans le cadre d'un Symposium sur le thème *Utilisation des métaux de transition en synthèse organique* :

Professeurs C. P. Casey (Madison), H. Felkin (Gif), R. Pettit (Austin),

c) trois conférences données dans le cadre d'un Symposium sur *L'intérêt de la R.M.N. du ¹³C en chimie organique*; ont déjà donné leur accord les Professeurs G. J. Martin (Nantes) et W. von Philipsborn (Zurich).

Division de chimie physique et de chimie minérale

Journée des surfaces

Cette journée, principalement orientée vers les aspects structuraux des surfaces, aura lieu, sous la présidence de M. le Professeur Bénard,

le lundi 15 mars 1976, à l'amphithéâtre Henri Mineur de l'Institut d'Astrophysique, 98 bis, boulevard Arago, 75005 Paris.

Les chercheurs qui désirent présenter une communication à ces journées peuvent en adresser le résumé à M. Pierre Besançon, secrétaire de la Division, Laboratoire de chimie minérale et structurale, Faculté de Pharmacie, 4, avenue de l'Observatoire, 75005 Paris.

Afin de pouvoir faire paraître le programme dans *L'actualité chimique*, nous demandons aux participants de bien vouloir faire parvenir leurs communications avant le 10 février 1976.

Division de l'enseignement de la chimie

La XV^e Rencontre des enseignants de chimie aura lieu, à St Étienne, du lundi 22 mars 1976 au mercredi 24 mars 1976.

Un thème général a été retenu pour cette réunion : *La formation initiale et continue des Maîtres de l'enseignement secondaire*. Tous les enseignants universitaires sont donc concernés et non plus les seuls enseignants du 1^{er} Cycle comme les années précédentes.

Les collègues intéressés peuvent, d'ores et déjà, obtenir une feuille de pré-inscription en décrivant à l'adresse suivante : M. A. Tranquard, Laboratoire de physico-chimie minérale III, Université de Lyon I, 43, boulevard du 11-Novembre-1918, 69621 Villeurbanne.

Un programme détaillé de ces Journées sera prochainement publié.

Nouveaux Membres

Sont nommés Membres de la Société Chimique de France :

MM. Buche Pierre, licencié (MM. Colmant et Krief).
Busnel Jean-Pierre, maître assistant (MM. Bruneau et Orvoën).
Bernhart Claude (MM. Horeau et Pannetier).
Mlle Chaput Annie (MM. Horeau et Pannetier).
MM. Dias de Sousa, directeur général (MM. Horeau et Pannetier).
Harran Daniel, assistant (MM. Pinel et Follet).
Kannengiesser Gérard, directeur (MM. Mathieu et Weil-Raynal).
Mlle Llinarès Jeanine, assistant (MM. Vincent et Faure).
MM. Munsch (MM. Horeau et Pannetier).
Pellegrin Valdo, maître assistant (MM. Jacquier et Viallefont).
Mme Rio Marie-Jeanne, chimiste (Mme Mambok et M. Rio).
MM. Serkiz Bernard, docteur 3^e cycle (MM. Rio et Ranjon).
Vana Jaroslav (MM. Horeau et Pannetier).
Viehe Heintz-Gunter, professeur (MM. de Aguirre et Bruylants).
Mme Zarembowitch Jacqueline, maître assistant (MM. Collongues et Bigorgne)

Demandes et offres diverses

A vendre :

Bull. Soc. Chim. de 1957 à 1972 inclus. Écrire à Mme Richard, 11, Villa Sommeiller, 75016 Paris.

A vendre :

Bull. Soc. Chim. 1963 à 1975 compris. Écrire à C. Andrieu, 821, boulevard de la Haute-Folie, 14200 Hérouville-Saint-Clair.

Cède gratuitement collection du Bulletin Soc. Chim. France, non reliée, de 1952 à 1972 environ. Écrire à Mlle Efimovsky, 11, rue de Chartres, 92200 Neuilly.

Maître-assistant de chimie (I.U.T. du Mans) souhaiterait échange de poste, année 1976-

1977 avec chargé de recherches C.N.R.S. Enseignement : chimie organique ou analytique, ou technologie, 2 jours maximum. Écrire de toute urgence à : A. Racois, I.U.T., B.P. 535, 72017 Le Mans Cedex.

Maître-assistante, Chimie Université Paris VI, souhaiterait permuter avec maître-assistant de la région Avignon, Nîmes, Montpellier. Écrire Mme Perrier Anne, Laboratoire de spectrochimie moléculaire, Professeur P. Dizabo, Université Paris VI, 4, place Jussieu, 75005 Paris.

Maître-assistant, Université Paris VI, cherche possibilité d'échange avec Chargé de recherches (Chimie). Écrire Société Chimique n° 225.

Maître-assistant chimie Rennes, souhaiterait permuter avec maître-assistant sud de la France. Écrire Soc. Chim. n° 226.

Dame, doctorat 3^e cycle (polymères) et doctorat d'état (chimie physique), cherche poste dans laboratoire de recherche ou service de documentation, établissement public ou privé, région Nîmes, Montpellier, Avignon, cause départ raisons familiales. Écrire Soc. Chim. n° 227.

J.H. 29 ans, docteur ès sciences (chimie organique des molécules marquées au ³H et au ¹⁴C, connaissances en pharmacocinétique), cherche emploi en recherche ou analyse. Écrire Soc. Chim. n° 228.

Bulletin de la Société Chimique de France

Novembre-Décembre 1975

SOMMAIRE DE LA PREMIÈRE PARTIE

CHIMIE ANALYTIQUE — CHIMIE MINÉRALE — CHIMIE PHYSIQUE

BERNARD (M. A.), BOIS (N.), BOUKARI (Y.) et DAIREAUX (M.). Étude comparative du comportement dans l'anhydride acétique de sels métalliques de quelques amino-acides et composés apparentés	2445	JOLIVET (J.-P.), LEMERLE (J.) et LEFEBVRE (J.). Étude des acides phosphoantimoniés. II. — Détermination des masses molaires et répartition des composés formés dans les mélanges [(HSbO ₃) _n , H ₃ PO ₄]	2415
BOINON (M.-J.), COFFY (G.) et TRANQUARD (A.). Le système binaire fluorure d'hydrogène-fluorure de thallium I	2380	JOLIVET (J.-P.) et LEFEBVRE (J.). Étude des acides phosphoantimoniés. III. — Réaction d'échange d'ions en solution avec l'argent	2420
BOREL (M. M.), BUSNOT (A.), et LECLAIRE (A.). Étude des propionates métalliques. II. — Préparation et étude thermochimique de quelques solvates du propionate de cuivre	2455	LEGENDRE (B.), CÉOLIN (R.) et SOULEAU (C.). Le système ternaire. Or-étain-tellure	2475
ESCARD (J.), PONTVIANNE (B.), CHENEBAUX (M. T.) et COSYNS (J.). Caractérisation par ESCA de catalyseurs à base de métaux nobles supportés. I. — Décomposition de l'acide hexachloroplatinique	2399	MARÉCHÉ (J.-F.), MÉTROT (A.) et HÉROLD (A.). Miniaturisation d'un oxymètre à oxyde de cobalt (Note de Laboratoire)	2431
GACHON (M.), GEHENOT (A.) et MAIRE (G.). Microdosage du soufre et du fluor en association binaire dans les composés organiques (Note de Laboratoire)	2442	MEUNIER (J.) et FOREL (M.-T.). Étude par spectroscopie Raman des mélanges de diméthylsulfoxyde et de chlorures d'éthylaluminium AlEtCl ₂ et AlEtCl ₃	2465
GÉRARD (C.) et HUGEL (R.). Stabilités thermodynamiques des complexes de l'acide kojique, un α -cétoneol, avec des cations divalents : Mn, Co, Ni, Cu et Zn	2404	MIGEON (H.-N.), ZANNE (M.), GLEITZER (C.) et AUBRY (J.). Préparation et étude des phases Li _{1,5+x} Co _{1,5-x} O ₃ α et β ($0 \leq x \leq 0,35$)	2426
GOIFFON (A.) et SPINNER (B.). Édifications structurales des isopolyanions du niobium V et du tungstène VI	2435	PERRIN (A.) et PRIGENT (J.). Le nitrate de dihydroxyduranyle tétrahydraté : préparation, analyse thermogravimétrique et spectres de vibration	2450
GUTH (J.-L.), CAULLET (P.) et WEY (R.). Contribution à l'étude du mécanisme de formation des zéolites. III. — Croissance de cristaux de zéolite à partir de solutions d'aluminosilicate de sodium en absence et en présence d'une phase solide	2375	PICOUAYS (B.) et GUÉRILLOT (C.-R.). Étude de la conformation et du moment dipolaire de quelques dérivés du bicyclo[2.2.2]octane	2383
HILLEL (R.), BOUXX (J.) et FAVRE (R.). Spectroscopie Raman à haute température. Étude du système gazeux arsenic-iodé jusqu'à 900 °C	2458	PICOUAYS (B.) et GUÉRILLOT (C.-R.). Substitution et réactivité. III. — Application des relations d'énergie libre aux dérivés du bicyclo[2.2.2]octane	2389
HUBERT (P.-H.). Contribution à l'étude des molybdates lanthanidiques. III. — Étude structurale du bimolybdate de samarium Sm ₂ Mo ₂ O ₇	2463	RIO (G.) et LARÈZE (M ^{lle} F.). Complexes du rhodium (III) et de l'iridium (III) avec les diazines monocycliques : protonation de l'azote non coordonné, spectres électroniques	2393
JOLIVET (J.-P.) et LEFEBVRE (J.). Étude des acides phosphoantimoniés. I. — Stabilisation de l'acide antimonique en solution par l'acide phosphorique composition et réactivité des produits formés	2409	RIVENOQ (F.). Ébulliométrie du binaire tétrahydrofurane-toluène (Note de laboratoire)	2433
		ROQUES (B.-P.), GARBAY-JAUREGUBERRY (C.) et OBERLIN (R.). Détermination de la structure de la bromonorharmane par effet Overhauser	2403
		VALDELIÈVRE (M.), BAUSSART (H.), DELOBEL (R.) et LEROY (J.-M.). Étude de l'interaction oxydes de vanadium-gaz. Partenaires : propylène-oxygène	2467

SOMMAIRE DE LA DEUXIÈME PARTIE

CHIMIE ORGANIQUE — BIOCHIMIE

ACCARY (A.), INFARNET (Y.) et HUET (J.). Pyrolyse sur alumine de phényl-4 dihydro-2,3 furannes: Équilibre phényl-4 dihydro-2,3 furannes, acétyl-1 phényl-1 cyclopropanes; isomérisation des dihydro-2,3 en dihydro-4,5 furannes	2634	COMBRISSE (M ^{me} S.), LAUTIE (J.-P.) et OLOMUCKI (M.). Étude par la RMN du ¹³ C de quelques maléimides et isomaléimides et de leurs dérivés d'addition avec les thiols (Lettre à la Rédaction)	2769
AKÇATEL (P.) et JASSE (B.). Copolycondensation en solution d'un ω-aminoacide et d'un ω-acide alcool	2613	COURTOT (P.), LE SAINT (J.) et PICHON (R.). Photoisomérisations énol-énol de composés β,β'-tricarboxylés	2538
ARNAUD (C.), BARRET (R.), NALLET (J.-P.) et HUET (J.). Sur la fragmentation en spectrométrie de masse de cyclohexanones substituées en position 3 par certains groupes fonctionnels: CN, CH(NO ₂)CH ₃ , COOH, COOR, COCH ₃ , C ₆ H ₅ (Lettre à la Rédaction)	2771	DEBON (A.), MASSON (S.) et THUILLIER (A.). Chloration par le dichlorure d'iodobenzène. VI. — Chloration des alcynes	2493
ASTRUC (D.) et DABARD (R.). Contribution à l'étude des métalloènes. XXI. Réactions d'échange de ligand entre les alkylferrocènes et les arènes	2571	DECORMEILLE (A.), QUEGUINER (G.) et PASTOUR (P.). Synthèse de pyrido[3,4-d]s-triazolo[3,4-f]pyrimidine (Note de Laboratoire)	2757
AUBERT (J.-P.) et LOUCHEUX-LEFEBVRE (M.-H.). Synthèse et caractérisation d'un copolymère alterné, le poly-(β-L-aspartate de <i>para</i> nitrobenzyle-β-L-aspartate de benzyle).	2543	DEGRAND (C.) et MILLET (C.). Oxydation polarographique d'hydroxylamines aliphatiques du type Ar-CHR-NHOH	2488
BARASCUT (J.-L.) et IMBACH (J.-L.). Nucléosides de synthèse. VIII. — Obtention de ribofuranosides de <i>s</i> -triazolo-pyrimidinones via les dérivés silylés et par réaction de fusion	2561	ELKIK (E.) et IMBEAUX-OUDOTTE (M ^{me} M.). Formyl fluoro cétones et esters. III. — Préparation des β-énamino cétones et esters α-fluorés	2507
BARLET (R.). Pontage des cétones et dioxolanes éthyléniques par les monohalogénocarbènes (Lettre à la Rédaction)	2767	FAUST (G.), VERNY (M.) et VESSIÈRE (R.). Réduction par les ions thiolates des halogénures et sulfures α-esters. IV. — Action des ions thiolates sur les α-bromo-cinnamates d'éthyle Z et E	2707
BESSIÈRE-CHRÉTIEN (Y.) et GRISON (C.). Ouverture d'un éther tricyclique par le chlorhydrate de pyridine: Synthèse d'α-pinène fonctionnel sur le carbone-9	2499	FAUST (G.), VERNY (M.) et VESSIÈRE (R.). Réduction par les ions thiolates des halogénures et sulfures α-esters. V. — Action des ions thiolates sur les bromo-2 phényl-3 butène-2 oates d'éthyle Z et E	2713
BIUGNE (J.), THÉRON (F.) et VESSIÈRE (R.). Réactivité nucléophile de la double liaison carbone-carbone. XIII. — Nitriles β-halogénoacryliques. Réactions avec les ions éthylate et éthanethiolate	2703	FOURNIER (C.), PAQUER (D.) et VAZEUX (M.). Sulfuration de cétones bicycliques et de cétones α (ou γ) cyclaniques .	2753
BORTOLUSSI (M.), BLOCH (R.) et CONIA (J.-M.). Thermolyse et photolyse de cétones non saturées. XXIII. — Thermocyclisation de cétones γ-, δ- et ε-éthyléniques comportant une seconde double liaison, tautomérisable, en α' du carbonyle	2722	GALAJ (S.), GUICHON (Y.) et PASCAL (Y.-L.). Synthèse de dérivés époxy-3,4 tétrahydrofuranniques diversement substitués	2555
BORTOLUSSI (M.), BLOCH (R.) et CONIA (J.-M.). Thermolyse et photolyse de cétones non saturées. XXIV. — Thermocyclisation d'esters allyliques et propargyliques d'acides non saturés	2727	GARAPON (J.) et SILLION (B.). Réactions d'élimination sur les <i>o</i> -chlorobenzoates d'anilide-oximes: réarrangement en carbodiimide sous l'action du tertio-amylate de sodium	2671
BORTOLUSSI (M.), BLOCH (R.) et CONIA (J.-M.). Thermolyse et photolyse de cétones non saturées. XXV. — Thermocyclisation de butène-2 amides N-allyliques, N-propargyliques et N-butényliques	2731	GARAPON (J.) et SILLION (B.). Réactions d'élimination sur les <i>o</i> -chlorobenzoates d'anilide-oximes: formation des aryliminonitrènes sous l'action des bases azotées ...	2677
BOURGUIGNON (J.), MOREAU (M.), QUÉGUINER (G.) et PASTOUR (P.). Synthèses de thiéno[2,3- <i>d</i>]pyrimidines substituées en 2 et 4 II	2483	GAYDOU (É. M.) et BIANCHINI (J.-P.). Étude cinétique de la formation des benzoylméthylénephosphonates à partir des ω-bromoacétophénonnes et des trialkoylphosphites	2643
CAPRON (B.), PAULMIER (C.) et PASTOUR (P.). Synthèses d'esters et d'acides furyl-3, thiényl-3 et séléniényl-3 propénoïques. Accès à des thiénothiophènes et sélénothiophènes diversement substitués	2575	GERMA (H.) et BURGADA (R.). Mécanismes de formation et de transformation des spiroposphoranes. VII. — Réaction des aldéhydes et des cétones sur les spiroposphoranes à liaison P — H	2607
CHANTEGREL (B.) et GÉLIN (S.). Réduction d'alcools α,β-γδ par l'hydruure de lithium et d'aluminium	2639	GRENIER-LOUSTALOT (M. F.) METRAS (F.) et PÉTRISANS (J.). Synthèse et propriétés spectroscopiques de méthyl-2 ou 4 trihalogéno-2,3,6 cyclohexanones. Paramètres spectroscopiques (IR, UV, RMN) d'un groupe CHX en β du carbonyle	2735
CHEBAANE (K.), GUYOT (M.) et MOLHO (D.). Synthèse d'aryl-2 naphthalènes et de dibenzocoumarines. 1 ^{re} partie: Synthèse de tétrahydrodibenzocoumarines, de (cyclohexène-1' yl)-2 naphthalènes et de tétrahydrobenzocoumarines	2516	GRENIER-LOUSTALOT (M. F.) METRAS (F.) et PÉTRISANS (J.). Synthèse et étude structurale de trihalogéno-2,3,6 cyclohexanones. Nouvel effet conformationnel d'un halogène en position 3	2743
CHEBAANE (K.), GUYOT (M.) et MOLHO (D.). Synthèse d'aryl-2 naphthalènes et de dibenzocoumarines. 2 ^e partie: Aromatisation par le palladium/charbon des tétrahydrodibenzocoumarines: Synthèse d'aryl-2 naphthalènes et de dibenzocoumarines	2521	GUETTÉ (M.) et LUCAS (M.). Obtention d'aminohydroxy-esters par action du réactif de Reformatsky sur les bases de Mannich	2759
		GUYON (R.) et VILLA (P.). Réactivité d'époxydes arylaliphatiques, aryl-1 cyclaniques et cyclohexyl-1 cyclaniques avec divers réducteurs nucléophiles dans l'éther éthylique et le tétrahydrofuranne.	2584

GUYON (R.) et VILLA (P.). Réaction du chlorure d'aluminium et du chlorure de zinc anhydres sur les époxydes arylaliphatiques, aryl-1 cyclaniques et cyclohexyl-1 cyclaniques dans l'éther éthylique.	2593	Claisen de dérivés du benzofuro(2,3- <i>b</i>)benzofuranne et du benzofuro(3,2- <i>b</i>)benzofuranne. Transposition des dérivés du benzofuro(3,2- <i>b</i>)benzofuranne en leur isomère benzofuro(2,3- <i>b</i>)benzofurannique	2655
GUYON (R.) et VILLA (P.). Réductions d'époxydes arylaliphatiques, aryl-1 cyclaniques et cyclohexyl-1 cyclaniques par AlHCl_2 , AlH_3 et leurs homologues deutériés dans l'éther éthylique	2599	REEB (R.), VINCHON (Y.), RIESS (G.), CATALA (J.-M.) et BROSSAS (J.). Étude de l'oxydation du dimère dicarbanionique du diphenyl-1,1 éthylène. Synthèse de dihydroperoxy-1,4 tétraphényl-1,1,4,4 butane	2717
HAUTEVILLE (M.) et CHOPIN (J.). Un nouveau type de flavonoïdes naturels: les dihydroxy-2,5 flavanones. IV. — Synthèse et étude stéréochimique de trihydroxy-2,5,7 méthoxy-3 flavanones	2687	RENÉ (L.), BUISSON (J.-P.) et ROYER (R.). Réactions induites par les halogénures de pyridinium. XX. — Premiers exemples de désalcoylations par le chlorure de pyridinium dans la quinoléine	2763
LE BERRE (A.), ÉTIENNE (A.), DELACROIX (A.) et PROUST (A.). Sulfoéthylation. III. — Réactions des amines avec les éthènesulfonates d'alkyles	2531	ROLLAND (Y.), KUNESCH (N.), LIBOT (F.), POISSON (J.) et BUDZIKIEWICZ (H.). Structure de nouveaux alcaloïdes des feuilles de <i>Voacanga thouarsii</i>	2503
LOUPY (A.). Étude de l'élimination induite par les cyanures alcalins en milieu aprotique polaire: $\text{E}2 - \text{S}_{\text{N}}2$ compétitives sur des arènesulfonates d'aryl-2 propyle	2662	SAMAT (A.), KISTER (J.), GARNIER (F.), METZGER (J.) et GUGLIELMETTI (R.). Spiropyranes benzothiazoliniques photochromes conduisant à des photomérocyanines hautement stabilisées thermiquement	2627
MAQUESTIAU (A.), Van HAVERBEKE (Y.), FLAMMANG (R.), CLARAMUNT (R.-M.) et ELGUERO (J.). Azolides. XI. — Comportement sous l'impact électronique de différents azolides	2693	SIMON (G.) et GERMAIN (J.-E.). Ammoxxydation catalytique des hydrocarbures et réactions apparentées. XV. — Ammoxxydation du toluène et du paraxylène sur des catalyseurs mixtes à base de molybdène	2617
MAUDET (D.), GRANET (R.) et PIEKARSKI (S.). Action de la guanidine et du thiosemicarbazide sur les esters oxalacétiques: obtention de dérivés de la triazine-1,2,4 et du pyrazol par cyclisation alcaline	2696	SIMONET (J.) et LUND (H.). Électroréduction, en présence d'électrophiles, en solvant de faible acidité. II. — Réduction de cétones et d'imines en série α -difonctionnelle en présence d'halogénures d'alcoyle	2547
MEYER-DAYAN (M. M.), BODO (B.), ANDRIEUX (J.) et MOLHO (D.). Synthèses de la tri-O-méthylmopanine et de la mopanine	2527	SOTH (S.), FARNIER (M.) et FOURNARI (P.). Recherches en série hétérocyclique. XXV. Synthèse des aldéhydes thiéno [2,3- <i>b</i>]pyrroliques	2511
MONTURY (M.) et GORE (J.). Hydroboration des imines de quelques cyclohexène-2 ones	2622	STRZELECKI (L.), LIÉBERT (L.) et KELLER (P.). Sur la synthèse et la polymérisation de monomères mésomorphes: une série homologue des <i>p</i> -acryloyloxybenzylidène <i>p</i> -aminoalkylcinnamates	2750
RABILLOUD (G.) et SILLION (B.). Réactions de condensation de l' <i>o</i> -phénylènediamine avec les benzoxazin-3,1-ones-4 substituées en position 2	2682	TORRI (G.), MUSSO (J. A.) et AZZARO (M.). Étude par RMN du proton de l'équilibre d'interconversion de l'hexaméthyl-2,2,3,3,5,5 cyclohexanone et de son complexe avec le trifluorure de bore (Lettre à la Rédaction)	2773
RAMAH (M.) et LAUDE (B.). Recherches dans les séries du benzofuro(2,3- <i>b</i>)benzofuranne et du benzofuro(3,2- <i>b</i>)benzofuranne. I. — Synthèse des isomères: tétraméthyl-2,5 <i>a</i> ,9,10 <i>b</i> dihydro-5 <i>a</i> ,10 <i>b</i> benzofuro(2,3- <i>b</i>)benzofuranne et tétraméthyl-3,4 <i>b</i> ,8,9 <i>b</i> dihydro-4 <i>b</i> ,9 <i>b</i> benzofuro(3,2- <i>b</i>)benzofuranne	2649	TOUCHARD (D.) et DABARD (R.). Contribution à l'étude des métallocènes. XX. Application de la réaction de Stobbe aux acylferrocènes	2567
RAMAH (M.) et LAUDE (B.). Recherches dans les séries du benzofuro(2,3- <i>b</i>)benzofuranne et du benzofuro(3,2- <i>b</i>)benzofuranne. II. — Synthèses par transposition de		VU MOC THUY et MAITTE (P.). Préparation d'acétals en présence d'alumine activée: une méthode simple et rapide (Note de Laboratoire)	2558



SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE FRANCE

Reconnue d'utilité publique par décret du 27 novembre 1864

DEMANDE D'ADHÉSION

Je demande mon admission au titre de Membre de la Société Chimique de France.

Nom et prénom : M., M^{me}, M^{lle} * (en capitales) _____

Titres ou profession : _____

Adresse : _____

A _____ le _____ 197

Je désire adhérer :

- * à la Division de chimie analytique.
- * à la Division de chimie physique et chimie minérale.
- * à la Division de chimie organique.
- * à la Division de l'enseignement de la chimie.

MM. _____

présentent ma candidature.

Signature du demandeur : _____

Signature des parrains : _____

• Rayez la mention inutile.

COTISATIONS ET SOUSCRIPTIONS 1976 DES MEMBRES DE LA S.C.F.

PERSONNES PHYSIQUES (*)

- Cotisation individuelle (**)
- Souscription à l'Actualité Chimique F 120
- Cotisation complémentaire pour les couples F 25
- Souscription au Bulletin (tarif préférentiel réservé aux Membres)

- Type A (partie chimie analytique, chimie physique et chimie minérale) F 75
- Type B (partie chimie moléculaire) F 75
- Type C (les deux parties du Bulletin) F 150
- Supplément pour les Membres résidant à l'étranger (frais d'envoi des périodiques) F 50

Total à verserF

PERSONNES MORALES (Sociétés, Laboratoires, Bibliothèques) (*)

- Résidant en France F 500
- Résidant à l'Étranger F 600

(*) Mettre une croix au niveau de chaque option choisie.

(**) Les étudiants de 3^e cycle peuvent bénéficier d'un tarif préférentiel (F 85) en joignant la copie d'un certificat de scolarité.

Cette demande d'adhésion doit être envoyée au Secrétariat de la S.C.F., 250, rue Saint-Jacques, 75005 Paris, accompagnée du versement correspondant (chèque bancaire à l'ordre de la Société Chimique de France ou virement postal, pour le compte 280-28 PARIS).



**FICHE DE CHANGEMENT D'ADRESSE
POUR LES MEMBRES
DE LA S.C.F.**

Remplir cette fiche uniquement si nous devons rectifier l'adresse à laquelle le Bulletin et « l'Actualité chimique » doivent vous parvenir.
A renvoyer au Secrétariat de la Société Chimique de France, 250, rue St-Jacques, 75005 Paris.

NOM _____
Prénom _____
Ancienne adresse _____
Nouvelle adresse _____
Observations _____

Nota : Seuls les changements d'adresses signalés à l'aide de cette fiche seront pris en considération.

Nous vous rappelons que chaque changement d'adresse doit être accompagné d'un règlement de 10 F.

**Partie réservée à la Société Chimique de France
(à ne pas remplir)**

Ancienne adresse _____
Nouvelle référence _____

**FICHE DE CHANGEMENT D'ADRESSE
POUR LES ABONNÉS
DE « L'ACTUALITÉ CHIMIQUE »**

Remplir cette fiche uniquement si nous devons rectifier l'adresse à laquelle « L'actualité chimique » doit vous parvenir.
A renvoyer au Secrétariat de la Société Chimique de France, 250, rue St-Jacques, 75005 Paris.

NOM _____
Prénom _____
Ancienne adresse _____
Nouvelle adresse _____
Observations _____

Nota : Seuls les changements d'adresses signalés à l'aide de cette fiche seront pris en considération.

Nous vous rappelons que chaque changement d'adresse doit être accompagné d'un règlement de 10 F.

**Partie réservée à la Société Chimique de France
(à ne pas remplir)**

Ancienne adresse _____
Nouvelle référence _____



:

1

**CHIMISTES, PHYSICIENS,
votre nouvelle arme
pour l'analyse des surfaces :**

le SYSTEME MODULAIRE LHS

permet de mettre en œuvre
in-situ dans un même appareil
des méthodes complémentaires :

- ▶ **XPS** - Spectrométrie de photoélectrons ESCA (rayons x) 5 à 50 monocouches.
- ▶ **UPS** - Spectrométrie de photoélectrons ESCA (Ultraviolet) 2 à 20 monocouches (Monochromateur).
- ▶ **AES** - Spectrométrie d'électrons AUGER 3 à 50 monocouches.
- ▶ **SIMS** - Spectrométrie de masse d'ions secondaires 1 à 3 monocouches.
- ▶ **EIBS** - Rétrodiffusion d'ions élastiques 1 monocouche.

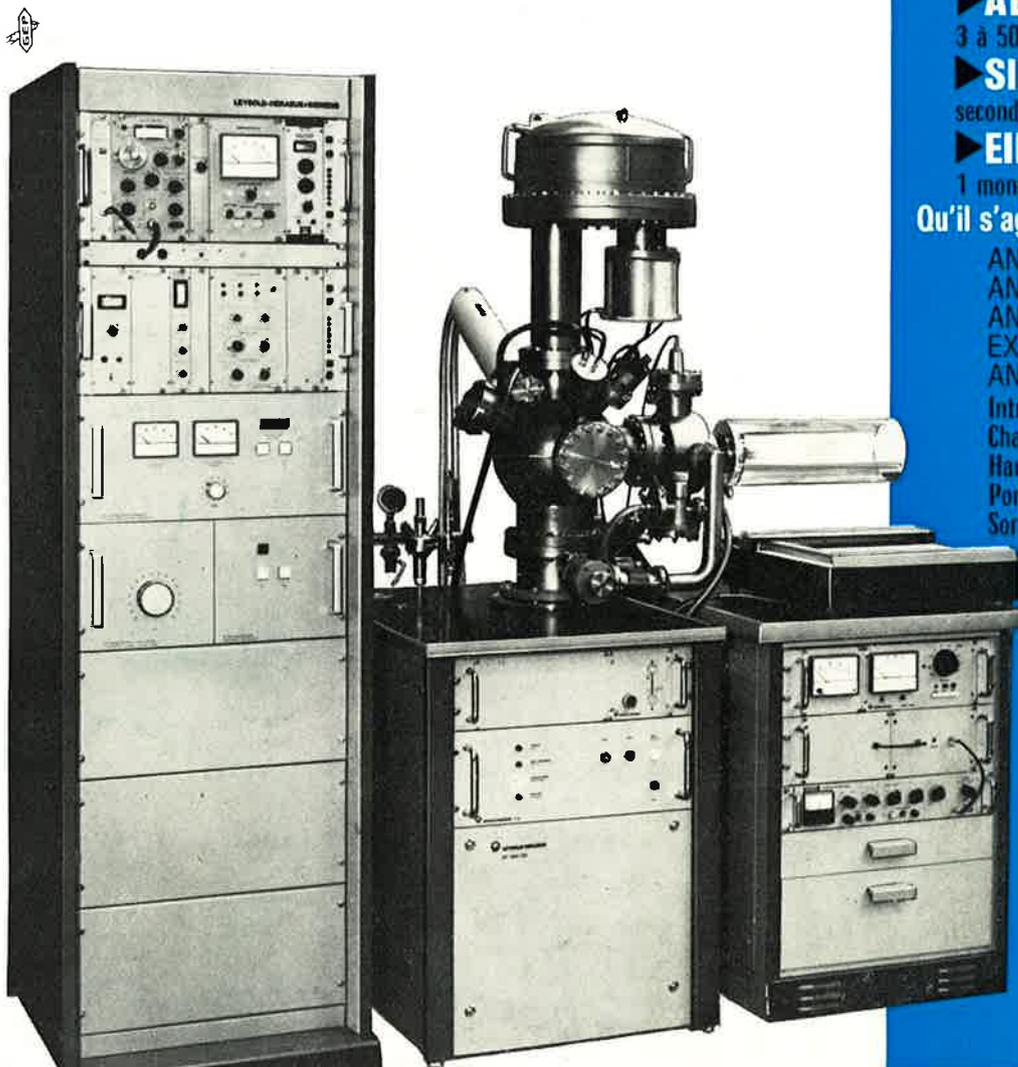
Qu'il s'agisse de réaliser :

ANALYSE ELEMENTAIRE
ANALYSE DE VALENCE
ANALYSE DE CHIMIE STRUCTURALE
EXPLORATION DES INTERFACES
ANALYSE DE PROFIL

Introduction rapide des échantillons,
Chambre de préparation,
Haute résolution,
Pompage ultravide,
Sortie sur ordinateur.

Dans tous les domaines :

- CATALYSE
- CORROSION
- METALLURGIE
- COUCHES MINCES
- SEMI-CONDUCTEURS
- PHYSIQUE DU SOLIDE
- CHIMIE ORGANIQUE
- BIOLOGIE
- TRAITEMENT DES SURFACES.



Pour connaître en détail les avantages et les possibilités du système modulaire LHS, complétez et expédiez le bon ci-dessous à LEYBOLD-HERAEUS-SOGEV

Monsieur _____
Société _____
Adresse _____

Désire recevoir une documentation technique complète sur le système modulaire LHS



Spécialiste du vide et de
l'ultra-vide

LEYBOLD-HERAEUS-SOGEV

B.P. 42 - Avenue de l'Atlantique
91401 ORSAY - Tél. 907.64.00
Telex 60 852