

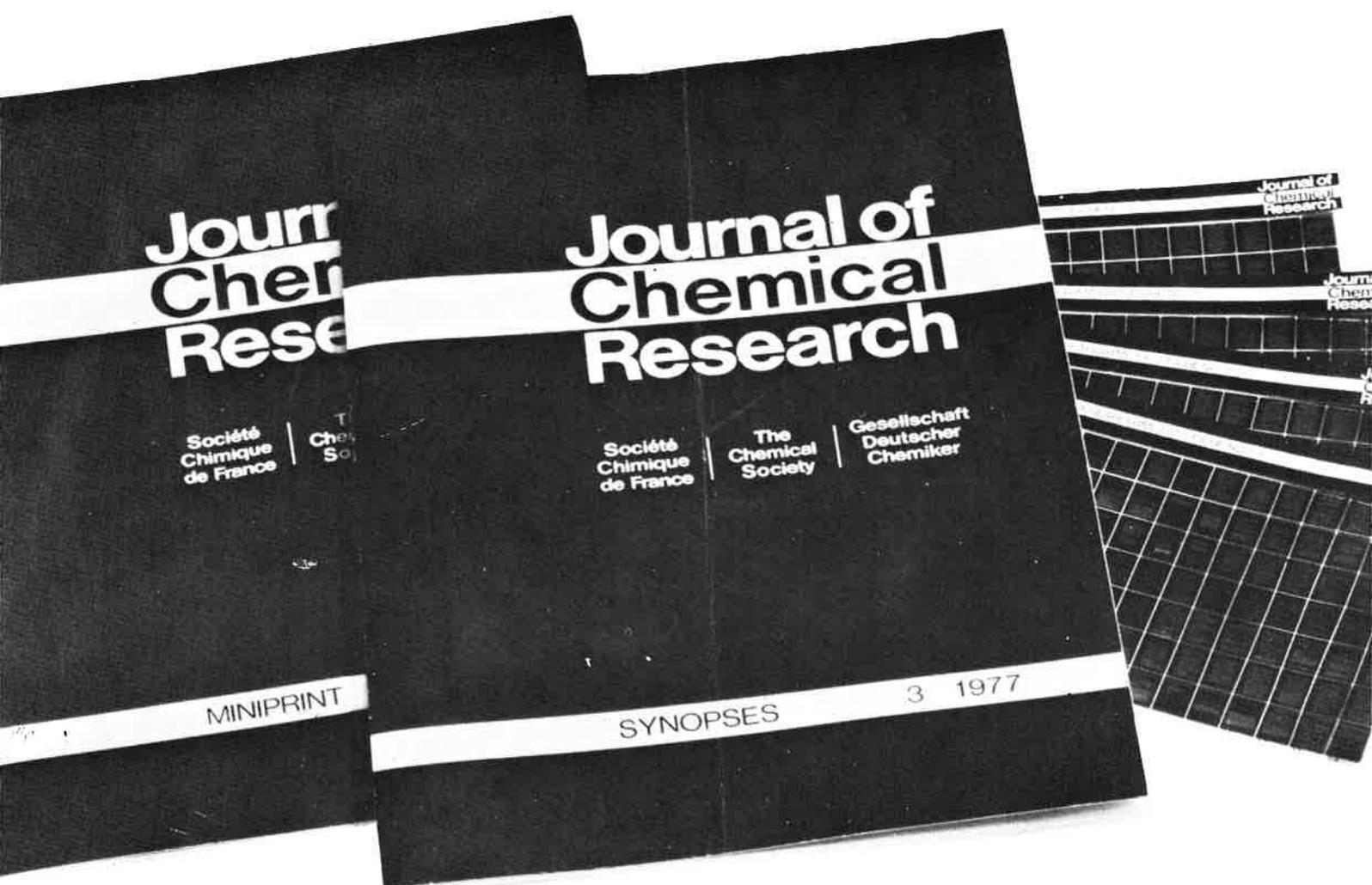
l'actualité chimique

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

Novembre 1978

Une innovation
dans l'édition scientifique

Journal of Chemical Research



Une nouvelle revue scientifique multinationale éditée conjointement par trois Sociétés savantes européennes de chimie.

Chaque mois, trois éditions paraissent simultanément, l'une réservée aux synopsis (abrégés), les deux autres à la publication in-extenso des textes, offerts soit en micro-impression, soit en micro-fiche.

Pour la France, tous renseignements (abonnements-publicité).

Société Chimique de France,
250, rue Saint Jacques 75005 PARIS. Tél. : 033.20.78 - 325.20.78

l'actualité chimique

Directeur de la publication
Fernand Gallais
Président de la S.C.F.

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

Rédacteurs en chef
Lucien Ducret (S.C.F.)
Thérèse Chaudron (S.C.I.)

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

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

Abonnements 1979
(10 numéros)
Membres de la S.C.F. et de la S.C.I.
Les Membres des deux Sociétés
bénéficient d'un prix d'abonnement
préférentiel de 150 F à cette revue.

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

Changement d'adresse
Joindre la somme de 10 F.

Prix du numéro 25 F
En vente uniquement aux Sièges de
la S.C.F. et de la S.C.I.

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

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



économisez l'énergie

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



ANHYDRO



MITCHELL

9	Tribune libre	<i>Le transfert de technologies</i> par Pierre Michel
17	Faisons le point	<i>Photoélectrochimie et conversion de l'énergie solaire</i> par Paul Cléchet, Claude Martelet, Jean-René Martin et René Olier
28	Méthodes et techniques	<i>Calorimétrie de combustion à volume constant dans l'oxygène (1re partie)</i> par Michel Ducros et Henri Tachoire
36	Industrie	<i>La chimie des plasmas et ses applications à la synthèse de l'acétylène à partir des hydrocarbures et du charbon</i> par P. Fauchais, E. Bourdin, J. Aubreton et J. Amou- roux
50	Enseignement	<i>Elaboration d'une grille d'évaluation des prestations d'étudiants préparant le C.A.P.E.S. de Sciences Physiques</i> par M. Fayol, D. Cros, S. Eysseric, J. Lassale, M. Maurin et J.-P. Nougier Journées nationales des Cellules d'information et d'orientation universitaire
55	Bibliographie	
59	Appareils et produits	
63	Communiqués	
69	Informations scientifiques et techniques	Le brevet d'invention « international », une réalité ou une fiction ?
76	La page du C.N.R.S.	
77	Fédération Française de Chimie	
78	G.A.M.S.	Activités du G.A.M.S. : Cycles de perfectionnement du G.A.M.S. pour techniciens
79	Société de Chimie Biologique	VIII ^e Journées sur la chimie et la biochimie des glucides : Chamerolles, 17-20 décembre 1978
81	Société de Chimie Physique	École sur les applications de la diffusion des neutrons à la chimie
82	Société Chimique de France	Réunions Division Chimie analytique : Journée sur les méthodes électro- chimiques d'analyse, le jeudi 7 décembre 1978, à Paris Perspectives en chromatographie en phase gazeuse, le mercredi 13 décembre 1978, à Paris Communiqués Fédération Européenne des Sociétés Chimiques : l'Assemblée générale 1978 Nécrologie : Le Président H. Moureu (1899-1978)
85	Société de Chimie Industrielle	La Fédération Européenne du Génie Biologique Fédération Européenne du Génie Chimique Centre de Perfectionnement Technique Sommaire de la revue <i>Analisis</i>
90	Demandes et offres diverses	
90	Table des annonceurs	

CHROMATOGRAPHIE et SPECTROGRAPHIE

LAB'78

12-14 décembre 1978

Une exposition du Bureau International de Relations Publiques à

U.S. INTERNATIONAL MARKETING CENTER
(anciennement U.S. TRADE CENTER)

123, av. Charles de Gaulle 92200 - Neuilly
tél. 624 33 13 - télex : 610731 métro : Sablons

chromatographie liquide à hautes performances

SPHEROSIL GREFFE C₁₈

NORMATOM[®]

Le SPHEROSIL GREFFE C₁₈ NORMATOM[®] est un nouveau matériau de remplissage de colonnes destiné à la chromatographie de partage en phase inverse à hautes performances.

- Taux de carbone élevé (20 %)
- Grande sélectivité
- Efficacité remarquable : 500 à 600 plateaux/cm
- Temps d'analyse court
- Durée de vie élevée des colonnes

Exemple de séparation d'un mélange d'hydrocarbures polynucléaires

- | | |
|-----------------|---------------|
| 1) Toluène | 5) Anthracène |
| 2) Naphtalène | 6) Pyrène |
| 3) Biphényle | 7) Chrysène |
| 4) Phénanthrène | |

Colonne :

diamètre int. 0,4 cm (1/4 inch OD)
longueur : 5 cm
SPHEROSIL GREFFE C₁₈, \bar{d}_p 6 μ m

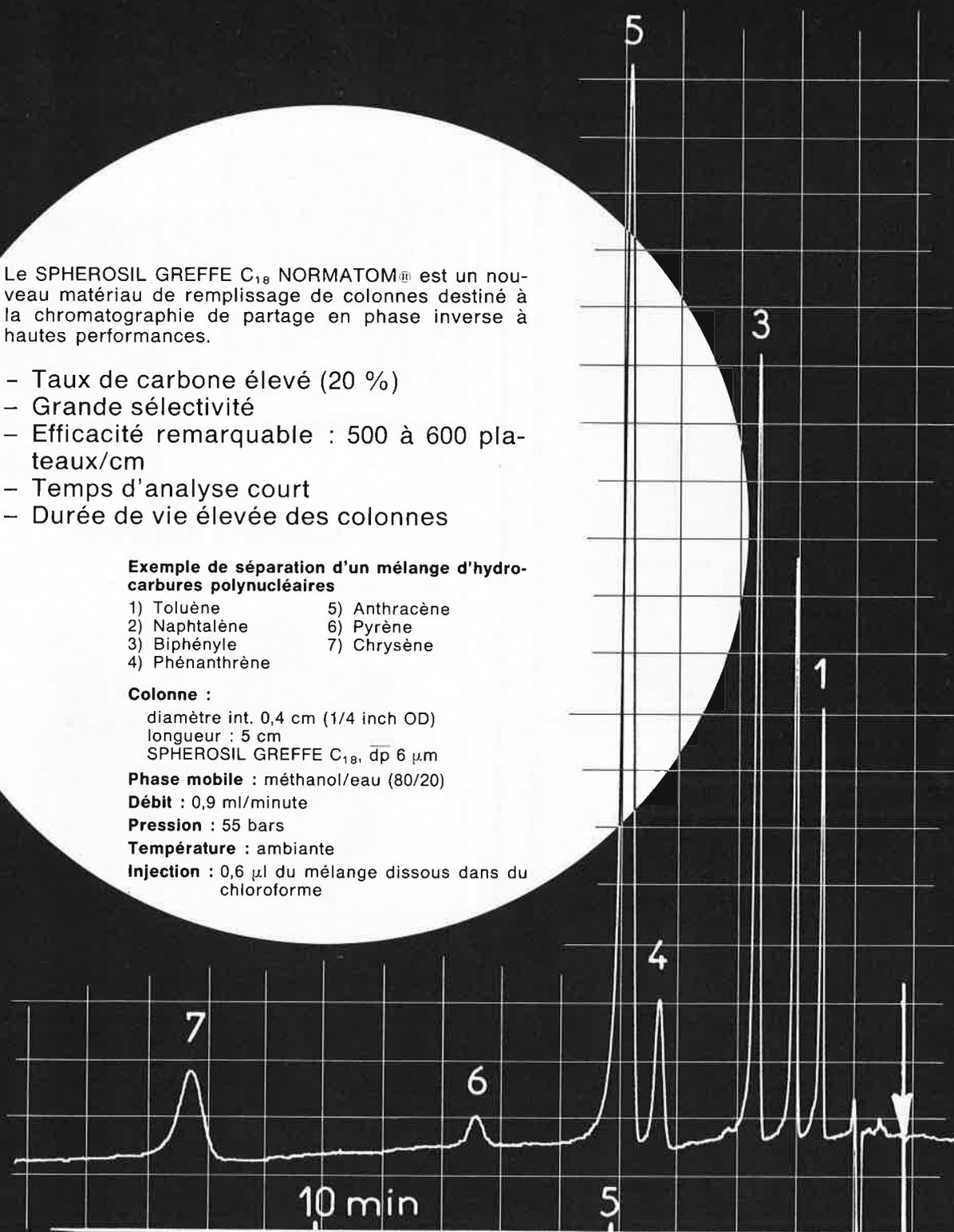
Phase mobile : méthanol/eau (80/20)

Débit : 0,9 ml/minute

Pression : 55 bars

Température : ambiante

Injection : 0,6 μ l du mélange dissous dans du chloroforme



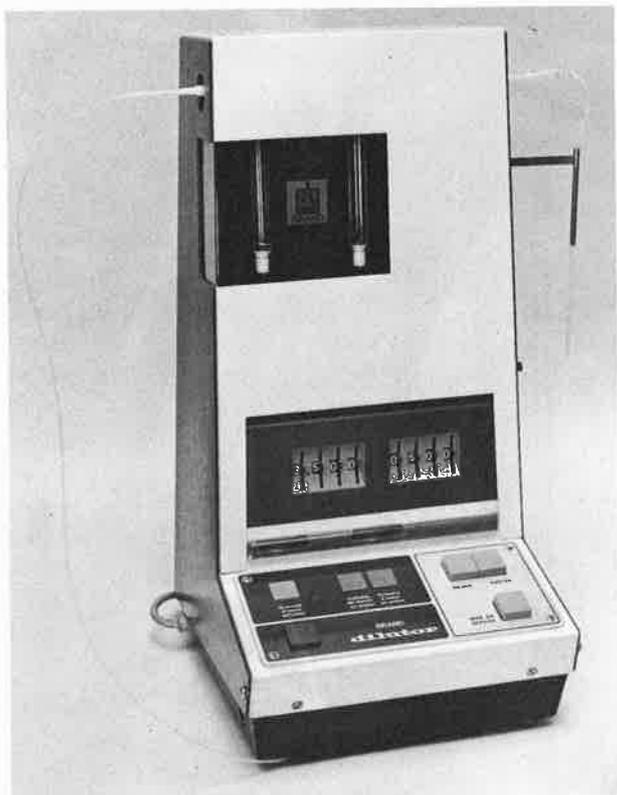
La durée de vie du SPHEROSIL GREFFE C₁₈ est très grande ; le chromatogramme ci-dessus a été obtenu avec une colonne ayant déjà fonctionné plus de 200 heures.

PROLABO

12, RUE PELÉE - 75 PARIS XI^e
TÉL : (1) 355.44.88 TÉLEX : PRLAB X 680566 F

*Pourquoi
les plus grands laboratoires
de contrôle et de recherche
en industrie pharmaceutique
ont-ils choisi le*

Dilutor Brand ?



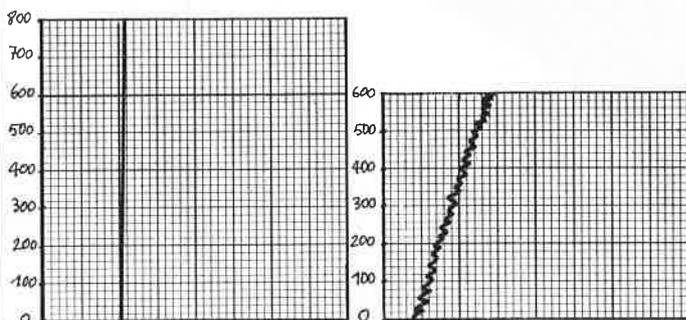
*Diluteur
à programmation électronique.
Reproduction parfaite.
Peut être couplé
avec un ordinateur.*

**DOCUMENTATION
DEMONSTRATION
PRET
sur demande**

Versileo

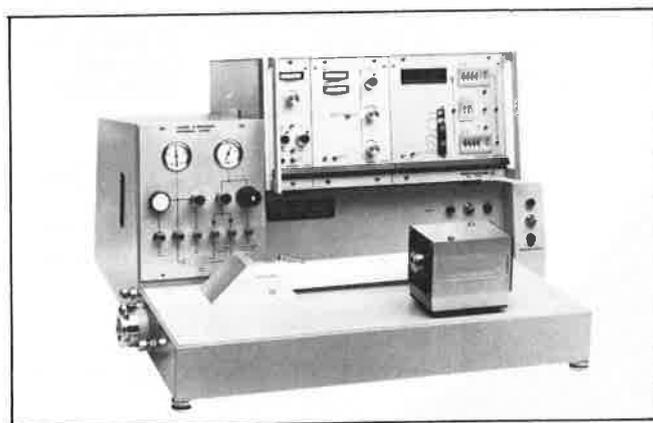
30, rue du Rendez-Vous, 75012 PARIS
Téléphone : 628.38.00 - Télex : 210.311/186

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



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

**Calorimètre
Différentiel Programmé**



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



SETARAM

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

Le transfert de technologies

par Pierre Michel

(Ingénieur E.S.P.C.I., Conseiller à la SNPE-CE, filiale ingénierie de la Société Nationale des Poudres et Explosifs)

1^{re} partie : Une réalité et une nécessité



Le « transfert de technologies » est l'une de ces expressions à la mode qui recouvre une réalité aussi vieille que l'humanité, mais qui acquiert actuellement une importance particulière, vu l'interdépendance de plus en plus étroite entre les peuples de la planète par suite de la rapidité croissante des échanges d'informations.

C'est la capacité d'accumuler des connaissances, celles de ses ancêtres, les siennes récentes, et de les transmettre à autrui.

C'est donc l'éducation d'un petit homme, la communication d'une nouvelle technique dans le cadre d'une entreprise, d'une nation, du monde.

« Technologies » doit être pris au sens large ; il s'agit des techniques elles-mêmes et de tout ce que leur transfert peut impliquer du point de vue matériel et immatériel, ce qui rejoint l'éducation, le mode de vie, la politique.

Du point de vue scientifique et industriel, la chimie, vu la complexité et la rapidité d'évolution de ses techniques, est un domaine privilégié du « transfert ».

Quelques mots sur le passé

Le premier essai de transfert de « savoir-faire » est mentionné dans la Genèse : « Si tu manges la pomme (*mode opératoire*), tu deviendras comme Dieu (*spécification du « Produit fini »*) »).

L'Amérique a profité, au XIX^e siècle, d'un immense transfert depuis l'Europe, renouvelé d'ailleurs, en 1940, pour des techniques de pointe.

Depuis, les courants se multiplient et l'on peut dire que le transfert des technologies s'organise, s'officialise, se complique et se politise.

Les pays en voie de développement veulent souvent tout avoir tout de suite, ce qui est simplement impossible vu la lenteur des évolutions intellectuelles et des habitudes et vu l'état de fait actuel de ces pays ; d'ailleurs il faudrait définir ce qui leur convient, qui n'est sûrement pas la copie conforme de ce qui existe dans le monde occidental.

La technologie ne se transmet pas d'elle-même, comme une maladie contagieuse, ni comme un bien matériel, fût-il très complexe. Le transfert peut être dit *vertical* quand il a lieu d'une société évoluée vers une société moins évoluée, qui est, en principe, non capable de sécréter elle-même une technologie d'un tel niveau de complexité. Dans ce cas le transfert purement technique n'est que la part visible d'un iceberg, car la société moins évoluée toute entière doit se modifier afin d'être capable de recevoir et d'appliquer la technologie reçue.

Le transfert peut être dit *horizontal* quand il a lieu entre des sociétés de même niveau d'évolution (par exemple cession de licences de fabrication entre sociétés chimiques japonaises et françaises).

Le transfert est une nécessité

C'est une nécessité psychologique car les hommes croient (encore) que la recherche du bonheur sur terre est liée à la recherche de la plus grande quantité, sinon qualité, de biens matériels.

Dans la civilisation industrielle c'est une nécessité vitale car celui qui ne progresse pas est vite éliminé ; pour « rester dans la course », vu que chacun ne peut tout faire, il faut procéder à de multiples transferts croisés.

L'écart entre les Produits Industriels Bruts ou P.I.B. des pays développés et des pays dits en voie de développement ne cesse de croître, créant une situation qui à terme ne peut durer. Des transferts massifs et si possible

raisonnables doivent avoir lieu sous peine d'affrontements généralisés.

Certes les technologies avancées sont le fruit de l'intelligence et du travail de quelques nations, qui en profitent légitimement, mais qui, pour des raisons de morale universelle ou de souci d'équilibre économique, doivent les transférer vers les pays pauvres.

Les transferts devraient avoir leur code de déontologie, d'ailleurs en chantier. Par définition, ils doivent être équitables et ne léser aucune des parties. En particulier les obligations restrictives pour l'acheteur (par exemple, limitation d'exportation du produit fini, obligation d'achat de matières premières) et les obligations abusives pour le vendeur (par exemple, garantir le produit fabriqué par une main-d'œuvre inconnue, garantir des délais dont certaines composantes sont hors de son contrôle) devraient s'atténuer ; hélas ce n'est pas toujours le cas.

En résumé, il faut un climat de confiance réciproque, qui transforme le transfert en une coopération et qui aboutit à une maîtrise de la technique par l'acheteur.

En dehors de son caractère de nécessité, le transfert présente pour les nations et pour les sociétés industrielles des avantages immédiats.

Les frais de recherche et de développement, très lourds dans les industries évolutives comme la chimie, seront amortis non seulement par un coefficient sur le montant des ventes de produits, mais aussi par le paiement des licences et des redevances correspondant aux technologies transférées.

Un service de vente de licence devra être en contact avec tous ses homologues du monde et en tirera des renseignements scientifiques et économiques, qui permettront une meilleure définition de la politique de recherche et de vente et stimuleront les recherches. Ceci permettra de comparer la valeur des techniques possédées à celle des autres, permettra de se situer et amènera une salutaire remise en cause permanente.

Ces considérations ne sont pas seulement valables pour les multinationales et les entreprises géantes. Les P.M.E. et les P.M.I. (Petites et Moyennes Entreprises et Industries) ont un capital de connaissances, de brevets, de savoir-faire qui peut et doit être valorisé. Elles en tireront le même bénéfice, financier et politique, que les grandes sociétés. Le « mode opératoire » seul est différent ; ne pouvant avoir des services propres de ventes de technologies, elles devront se grouper ou faire appel à des sociétés spécialisées.

Domaines techniques transférables

Le transfert de technologie, propre de l'homme, est en général possible, à condition de ne pas vouloir tout de suite et de tenir compte de tous les facteurs directs et indirects qui interviennent.

Le transfert est le plus souvent complexe. La copie conforme d'une usine américaine de semi-conducteurs au Bénin est une vue de l'esprit, solution flatteuse pour le receveur qui se croit capable d'assimiler directement la technique la plus sophistiquée, solution de facilité pour le donneur.

Les méthodes du transfert sont enfin encore mal connues.

Tous les domaines de l'activité humaine peuvent donner lieu à transfert, à commencer par les méthodes d'éducation. Mais il est évident que les techniques complexes, fruits du développement scientifique (mécanique, électronique, chimie...) constituent la plus grande partie des techniques transférables.

La chimie est en particulier un domaine de choix, vu les importants moyens de recherche qu'elle exige, moyens que seules des sociétés puissantes peuvent se permettre de mettre en œuvre, vu la complexité des réactions et des procédés mis au point pour la fabrication de nombreux produits maintenant d'usage courant, vu l'évolution rapide des techniques, vu, en corollaire, le secret qui entoure les procédés performants, donc rentables.

Principaux flux mondiaux

Il y aurait dans le monde 50 à 90 000 accords de licence en vigueur, la production de biens correspondante étant évaluée à environ 70 milliards de dollars.

Les ventes de licences représenteraient annuellement dans le monde environ 5 milliards de dollars.

Les principaux donneurs sont les États-Unis qui représentent environ 70 % du total mondial (16 milliards de francs de « ventes » en 1973), puis la Suisse (où sont installés de nombreuses filiales de sociétés étrangères et de nombreux cabinets de courtage), le Bénélux, la Grande-Bretagne, l'Allemagne de l'Ouest, la France, l'Italie, le Japon (en position croissante).

Les principaux receveurs sont, en dehors des pays socialistes et du Tiers Monde, le Japon (3 milliards de francs de « achats » en 1973), l'Allemagne de l'Ouest (2,8 milliards de francs) puis l'Italie, la France, les États-Unis.

Seuls trois pays au monde ont une balance positive, c'est-à-dire qu'ils vendent plus de technologie qu'ils n'en achètent : les États-Unis, la Suisse et faiblement la Grande-Bretagne.

Dans le domaine chimique et pétrolier seul, les procédés transférés donneraient lieu à des contrats dont les valeurs globales auraient les provenances suivantes :

États-Unis : 47 %,
Grande-Bretagne : 16 %,
R.F.A. : 10 %,
Italie : 9 %,
Japon : 6 %,
France : 5 %,
Bénélux : 4 %,
Autres pays : 3 %.

En nombre d'unités ceci concerne :

67 % d'unités chimiques,
11 % d'unités de raffinage,
8 % d'unités de traitement de gaz naturels,
14 % d'unités alimentaires ou autres.

Pour les constructeurs européens, en 1976, les exportations d'ensembles industriels chimiques et pétroliers ont été de 9,4 milliards de dollars vers l'Extrême Orient, 9,4 vers l'Europe de l'Est, 9,3 vers l'Amérique du Nord, 5,4 vers l'Afrique, 3,7 vers le Moyen-Orient, 3,5 vers l'Amérique latine.

Les prévisions même à moyen terme sont quasi impossibles à effectuer, dans l'état d'évolution politique et économique actuel. Des données annuelles, comme celles de 1976 ci-dessus, ne donnent qu'un instantané. Il faut noter, néanmoins, que les futurologues voient de moins en moins les investissements mondiaux augmenter ni même se maintenir.

Il faut noter que la part des États-Unis diminue régulièrement (52 à 36 % du total mondial de 1970 à 1975) et que celle de la France augmente : 7 à 17 % durant la même période.

Les pays en voie de développement

Il ne faut plus y inclure les pays producteurs de matières premières, essentiellement de pétrole, qui représentent environ 300 millions d'habitants et dont le développement n'est actuellement freiné que par leur évolution intellectuelle et l'état de leur infrastructure.

Mais les pays dits du Tiers ou du Quart Monde n'ont aucune possibilité propre. Ils sont évidemment demandeurs de toutes technologies, pour autant que des crédits bilatéraux ou internationaux leur évitent tous débours. Leur dette atteint près de 200 milliards de dollars à fin 1977 et dépasse tous les ratios raisonnables. Il faut passer au moratoire ou au don pur et simple.

Les transferts de technologies vers ces pays dépendront, avant tout, de facteurs politiques et économiques généraux.

Les pays de l'Est

Ils sont également très demandeurs et leur endettement a également atteint des valeurs inquiétantes (47 milliards de dollars, fin 1977, pour les pays du Comecon).

Ne pouvant s'endetter davantage, ils généralisent le paiement par *compensations*, dont il sera question plus avant, et qui ne peut être qu'un palliatif temporaire.

Comme nous l'avons dit, ils restent malgré tout l'un des principaux clients pour les vendeurs de technologies.

A noter la position de la Chine Populaire, qui ne veut pas s'endetter, de façon à rester indépendante, et hésite encore à faire appel au crédit, bien que les prêteurs du monde entier lui fassent des offres alléchantes, compte tenu de sa stabilité politique, de son potentiel, de son sérieux et de son endette-

ment actuel quasi nul. Néanmoins, depuis peu, en l'avouant, la Chine Populaire aussi fait maintenant appel à la technologie occidentale.

Les pays de l'Est ont tous créé des centrales de vente de technologies ; les succès sont encore peu importants, car les technologies offertes ne sont ni très nombreuses ni très modernes, mais aussi à cause du système bureaucratique qui interdit toute intervention rapide chez le client, nécessaire en cours de mise en route et en assistance technique. Il est estimé que les pays socialistes versent 250 à 300 millions de dollars par an de royalties à l'Ouest, alors qu'ils n'en reçoivent que 30 en contrepartie.

Signalons, par exemple, la Pologne qui a réussi à vendre son procédé de production d'acide sulfurique en occident.

Il est estimé que, de 1969 à 1977, les pays occidentaux ont vendu à l'Est de l'ordre de 30 milliards de dollars d'équipement.

La France

Un pays petit, sans ressources naturelles et sans énergie, ne peut rester valable que s'il utilise sa matière grise. Ceci n'est pas impossible : la Suisse, les Pays scandinaves, l'Islande ont des P.I.B. parmi les meilleurs.

L'intérêt pour la France du transfert de technologies est aussi d'un autre ordre.

La France a malgré tout une histoire, une culture, une langue qui passionnent nombre de pays. Certains de ceux-ci ont été longtemps dépendant de nous. Le seul moyen pour la France de garder une place dans le monde et d'aider ceux qui en ont besoin, toutes motivations confondues, est d'avoir des technologies de pointe et de les transférer.

Il reste beaucoup à faire pour améliorer notre balance des paiements relative aux brevets et redevances.

Le nombre de brevets d'inventions déposés auprès de l'Institut National de la Propriété Industrielle a baissé de 47 234 à 40 437 de 1973 à 1975 puis est resté à peu près stable en 1976 et 1977.

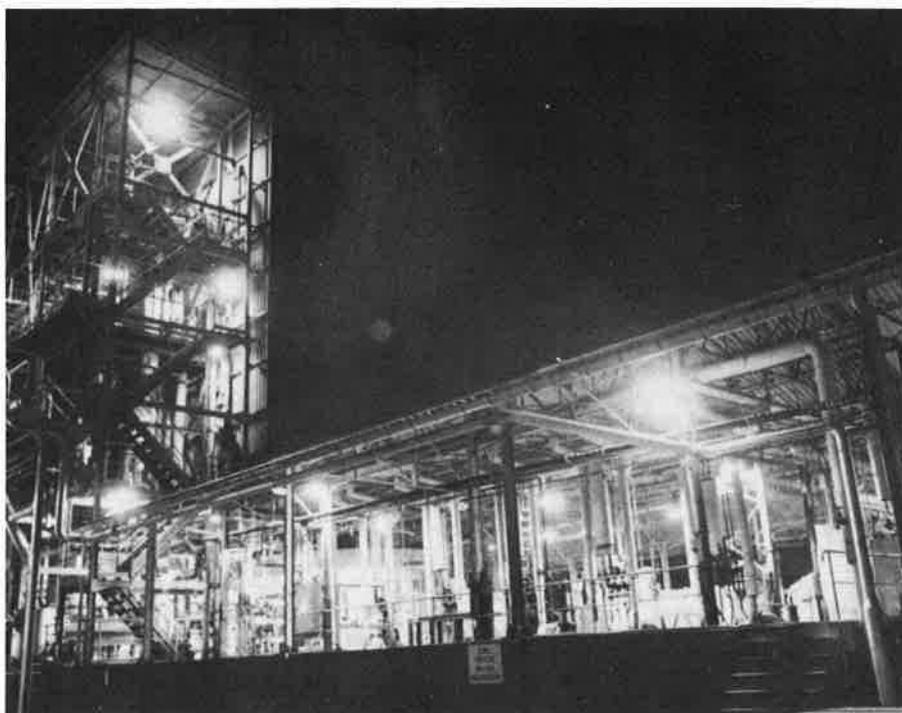
Mais un fait important, et navrant, est que 70,5 % des brevets déposés en France le sont par des sociétés et personnes étrangères et seulement 29,5 % par des personnes morales ou physiques françaises.

Au contraire, au Japon plus de 80 % des demandes de brevets émanent de nationaux, 60 à 70 % aux États-Unis, 50 % en Allemagne.

Notons néanmoins une tendance : en 1977, en France, le nombre de dépôts d'origine française a augmenté de 327 unités par rapport à 1976 et celui des dépôts d'origine étrangère a diminué de 229 unités.

La balance française des « Échanges Techniques avec l'étranger » (achats et ventes de brevets, paiements de redevances, frais d'assistance technique) est déficitaire.

En 1976, les dépenses ont été de 3,2 milliards



Unité de production de phosgène par le procédé SNPE. Maître d'œuvre : SNPE-CE.

de francs et les recettes de 2,5 soit un déficit de 700 millions de francs (389 en 1975).

Le déficit est de 1,17 milliards de francs envers les seuls États-Unis, puis viennent la Suisse (345 millions) et les Pays-Bas (113 millions).

Notre balance est positive envers l'Algérie (137 millions), le Japon (110 millions), l'Espagne (105 millions), puis plus loin l'Allemagne de l'Ouest (34 millions).

Dans ces totaux, les seuls industries chimiques interviennent pour 861 millions de dépenses et 535 de recettes, soit un déficit de 326 millions de francs (dont 310 envers les États-Unis, 125 envers la Suisse, 54 envers les Pays-Bas, 5 envers la Grande-Bretagne). Notre balance chimique est positive de 39 millions envers l'Italie, 17 envers l'Allemagne.

Mais il est un point réconfortant. Depuis 1970 les Sociétés françaises d'ingénierie et d'ensembliers* ont fait un gros effort à l'exportation, amenant une percée commerciale spectaculaire. Il s'agit d'un travail intellectuel et de réalisation très complexe comprenant entre autres l'assimilation et la mise en œuvre d'une technologie, l'exécution de l'ingénierie de détail, la définition, l'achat et le montage de l'équipement, la formation du personnel du client, la mise en route de l'ensemble industriel, l'assistance technique, sans parler des problèmes administratifs et du montage financier.

** En principe une société d'ingénierie ne réalise que des prestations intellectuelles et de bureau d'études et un ensemble réalise l'ensemble d'une unité industrielle. En pratique les termes « ingénierie », « ensemble », « entrepreneur », « contractant » sont souvent confondus.*

Des groupes industriels dynamiques, bien qu'handicapés par la faiblesse du marché intérieur, ont ainsi mis en œuvre, à l'étranger, des technologies françaises ou étrangères, le bailleur de technologies donnant un droit de transfert exclusif ou non aux ensembliers lui paraissant les mieux placés.

Notons, par exemple, que les Soviétiques sont friands de technologies américaines, mais les habitudes commerciales sont tellement différentes qu'une cession directe n'est pas facile. La meilleure solution, pour les 3 parties, est la cession à travers une société d'ingénierie ou un ensemble européen, de mentalité intermédiaire.

Les exportations françaises d'usines « clés en mains » (facturations, qui interviennent parfois plusieurs années après la commande) sont passées de 4 à 26 milliards de francs de 1973 à 1977. La chimie en représente 40,2 %, contre 13,4 % pour les cimenteries et 12 % pour les centrales d'énergie.

Il faudrait y ajouter les « retombées » dont il sera question plus avant. Quoi qu'il en soit, et grâce aux sociétés françaises d'ingénierie et d'ensembliers, le poste « Produits de la recherche scientifique et technique et revenus de la propriété industrielle » de la balance des paiements de la France est positif depuis 1973 ; l'ingénierie a donc plus qu'annulé le déficit du poste « Brevets et Inventions ».

Problème des compensations. Retour au troc

Du fait de l'endettement généralisé de deux des principales catégories de clients, les pays

de l'Est et le Tiers Monde, le système risque de s'arrêter.

Les pays socialistes en conséquence recourent à la politique des compensations qui peuvent être de deux sortes.

En premier lieu tous les fournisseurs (bailleurs de technologies, assembleurs...) seront payés par l'argent résultant de la vente des produits fabriqués par l'usine à construire. Or ces produits ne seront pas disponibles avant plusieurs années. Il faut donc un montage financier impressionnant, tout l'argent, y compris les intérêts, étant évidemment avancé par le vendeur. Qui plus est, l'acheteur demande la vente de ces produits au vendeur de l'usine lui-même, donc dans son propre pays le plus souvent, se faisant ainsi concurrence à lui-même.

En second lieu, il arrive que l'acheteur, ayant besoin du produit, offre ce qu'il a de disponible (des troupeaux de bœufs contre une usine de polypropylène).

Les limites économiques et politiques de telles pratiques se voient aisément. Dans le cas de certains pays du tiers monde l'on peut considérer que le pays vendeur fait œuvre altruiste en acceptant ces pratiques. Mais dans la plupart des cas, on peut considérer que, pour combattre le chômage à court terme chez lui, le pays vendeur arme ses concurrents ou ses ennemis ; même quand il s'agit de biens purement civils, leur livraison à un pays étranger, sans paiement réel, permet à celui-ci d'alléger son budget civil, donc, pour une masse budgétaire donnée, de gonfler d'autant son budget militaire.

Les milieux industriels et politiques prennent conscience de ce problème mais se tiennent toujours le raisonnement : « Si nous ne faisons pas l'affaire, nos concurrents étrangers la feront ». Une concertation internationale est nécessaire pour définir une « politique de transferts de technologies », ce qui ne veut absolument pas dire retour à l'autarcie, mais définition des transferts et des compensations acceptables, dans un esprit d'ouverture totale au monde, mais en tenant compte des réalités économiques et politiques.

Néanmoins, sur 600 produits industriels recensés, une trentaine seulement, dont bien sûr 12 articles textiles en provenance de pays en voie de développement, auraient fait l'objet d'une pénétration importante en Occident.

Un certain nombre de firmes spécialisées, telles que l'A.C.E.C.O. en France, aident les industriels à écouler les produits reçus en compensation.

Une autre action consiste en des investissements croisés, comme entre la Société Chimique des Charbonnages de France et le Qatar.

Une autre possibilité consiste, pour certaines firmes occidentales, à profiter elles-mêmes des compensations en investissant dans des pays du tiers monde ou même du monde socialiste, pays à main-d'œuvre bon marché. Ces firmes disposent ainsi, pour leurs ventes traditionnelles, de produits finis très compétitifs.

Remarquons, ensuite, que certains pays du tiers monde considèrent le transfert comme un néo-colonialisme, vu qu'un contrat comporte des obligations réciproques et qu'ils jugent leurs obligations comme une dépendance inacceptable.

Dans ce tableau en partie pessimiste, n'oublions pas de mentionner l'énorme bénéfice pour le pays vendeur que sont les « retombées » du transfert de technologies.

L'ingénierie a un puissant effet multiplicateur. Durant les négociations et la construction d'un ensemble industriel, le tout pouvant durer 10 ans, des missions croisées multiples ont lieu et nos partenaires étrangers apprennent à connaître toutes nos possibilités. Il s'ensuit des commandes, non seulement annexes de l'affaire en négociations, mais de tous ordres. Certains estiment que les ventes de biens de toutes espèces entraînées par un contrat de transfert peuvent atteindre 10 à 20 fois le montant de celui-ci. On peut, en conséquence, penser que le simple bénéfice financier, pour le pays, est très largement positif, même en tenant compte des aides gouvernementales, telles que les taux d'intérêt inférieurs au taux de l'inflation accordés aux acheteurs.

Généralisation du transfert. L'aide à l'évolution

L'expression bien connue du public « **Usine clé en mains** » consiste en l'installation complète d'une unité par des techniciens occidentaux, une formation du personnel local et l'exécution d'essais de performances quantitatives et qualitatives. L'usine est alors réceptionnée et l'acheteur doit la faire fonctionner.

Dans presque tous les cas, il s'agit d'usines qui sont des copies conformes d'usines occidentales. Ceci prouve un manque d'imagination certain car il est bien évident que le tissu humain, culturel, social, industriel étant différent, l'usine ne devrait pas être la même. Implanteriez-vous au Mali une unité de production de semi-conducteurs ou même de cuisinières à gaz, identique à une unité existant en Californie ?

Avant d'aller plus loin, notons que moins un pays est développé plus il est susceptible et plus il exige des unités sophistiquées ultra modernes et ultra automatiques, soupçonnant toujours son interlocuteur de vouloir lui vendre une technique dépassée. Il ne tient pas compte de la qualification basse de sa main-d'œuvre ni simplement du fait que l'emploi est la première nécessité pour l'homme et que trop d'automatisme ne crée pas d'emploi ; la sagesse des dirigeants chinois a bien compris ce point.

Par ailleurs, l'acheteur se rend parfois bien compte qu'il risque de ne pas savoir faire fonctionner l'unité (de nombreux exemples existent malheureusement) d'où la demande de l'usine « **Produits en mains** » dont les Algériens sont les champions.

Dans un tel contrat, le fournisseur s'engage à faire fonctionner correctement l'usine par un contrat à long terme. Il y a là une responsabilité nouvelle, importante et pleine de risques. En effet, une fois les essais de réception effectués d'une façon satisfaisante, il s'agira de produire en quantité et qualité données, pendant plusieurs années, mais avec une main-d'œuvre mal connue et sur laquelle un commandement direct est impossible. Qui prendra un tel risque surtout pour une unité exigeant un nombreux personnel peu qualifié ?

L'étape suivante est le contrat « **Marché en mains** » par lequel le fournisseur s'engage en outre à commercialiser le produit. L'étape ultime est le « **Cash flow en mains** » qui n'est encore que littérature.

La production n'est pas le but final. Il est utopique de construire quoi que ce soit sans tenir compte de tout l'environnement. Une usine parfaite, du point de vue occidental, sera inutilisable ailleurs, s'il n'y a pas d'ouvriers qualifiés, si les horaires de travail exigés ne correspondent pas aux habitudes du pays, s'il n'y a pas des industries diverses pour la fourniture de pièces et les opérations d'entretien et de réparations, etc...

Par ailleurs, cette implantation brutale d'un corps étranger rend les hommes malheureux, par rupture de leurs habitudes ancestrales et par un sentiment de frustration, car ils pressentent des richesses qui leur sont hors d'atteinte.

D'où l'idée du transfert de technologies au sens large, que certains appellent l'« Aide à l'évolution ». Il s'agit pour le transfèreuseur de considérer l'environnement de l'unité à construire au sens le plus large possible et de proposer son aide, non seulement pour construire l'unité, mais pour étudier et modifier tout cet environnement.

En premier lieu, bien sûr, il faut former les hommes à tous niveaux, et non seulement prévoir l'équipe de départ, mais prévoir les possibilités d'évolution ; ceci peut conduire à proposer un plan de réorganisation de l'enseignement du pays considéré.

Ensuite, il faut considérer l'infrastructure du pays, car il est bien évident que l'approvisionnement en énergie, les voies de communication doivent être compatibles avec les besoins de l'unité, donc être remaniées.

De proche en proche, un grand nombre d'activités du pays, toutes les industries de sous-traitance par exemple, sont à considérer pour obtenir un projet global harmonieux.

L'on voit immédiatement les écueils. Un tel projet demande du temps pour être conçu et pour être réalisé, et en général un client est toujours pressé. Par ailleurs, ceci demande une intervention dans toutes les institutions du pays et l'accusation de néo-colonialisme ne tarde pas à venir.

Il faut beaucoup de confiance mutuelle pour faire une œuvre positive.

A côté d'échecs (unités sans environnement, ne pouvant fonctionner), à côté de demandes irréalistes, il faut noter, dans cette direction, quelques collaborations positives, même si elles sont partielles, entre autres en Afrique noire francophone.

Restrictions aux transferts

Les pays en voie de développement émettent des plaintes dans toutes les réunions officielles.

Ces plaintes concernent pratiquement toutes les clauses contractuelles, telles que l'interdiction, totale ou partielle, de réexporter, telles que l'interdiction d'augmenter ultérieurement la capacité de production des unités, l'interdiction de sous-licencier, l'obligation d'acheter du matériel ou de faire exécuter certains travaux d'engineering par

le pays vendeur, etc... mais aussi les clauses concernant les droits de propriété industrielle, les conditions de paiement, la procédure d'arbitrage, etc...

Les pays latino-américains sont en pointe dans ce domaine. Argentine, Brésil, Colombie, Mexique, Venezuela, Pays du pacte Andin (par la célèbre décision n° 24 du Traité de Cartagène) ont établi des lois auxquelles il faut se plier et qui, pour établir une soi-disant égalité entre bailleur et licencié, reprennent restrictivement tous ces points et parfois d'autres, tels que la fixation de plafonds à la rémunération du bailleur.

Du côté des pays donneurs de technologies, il faut ajouter les réglementations anti-trusts et les réglementations sur la concurrence, dont les plus célèbres sont la loi antitrust des États-Unis, l'Acte antimonopole japonais et les articles 85 et 86 du Traité de Rome.

2^e partie : La pratique du transfert de technologies

Nous ne traitons que ce qui concerne le bailleur de technologie, en y incluant ses obligations et responsabilités dans le cas où ce transfert est utilisé pour la construction d'un ensemble industriel. Nous ne traitons pas la vente des ensembles industriels.

Qui peut transférer ?

Le transfert de technologies est une opération complexe et longue, donc coûteuse, et il est certain que ce sont les grandes sociétés qui ont les premières pris conscience de son intérêt et, dans le cadre d'une politique, mis en place les moyens nécessaires.

Rhône-Poulenc, P.U.K., Bayer, Imperial Chemical Industries, Union Carbide et tous les autres ont des services de cession de licences et de procédés qui leur procurent des ressources importantes, c'est-à-dire qui permettent de couvrir une part, parfois non négligeable, des dépenses de recherche et de développement.

Les petites et moyennes industries ont un retard initial, beaucoup n'exportent leurs technologies que si c'est un hobby de leur Président. Mais il ne faut surtout pas croire que seules des technologies complexes sont cessibles. De très nombreux exemples (voir la liste annuelle des Oscars à l'exportation) montrent que des sociétés moyennes, aussi bien en mécanique qu'en chimie ou en électricité, ont pu intéresser des clients étrangers à leur technologie.

Le problème réel est qu'elles ne disposent pas des techniciens, commerçants, juristes, financiers compétents, ni même de l'homme polyvalent nécessaire. Elles doivent donc remettre leurs intérêts entre les mains de l'un des grands ensembliers de la profession ou former un groupement de sociétés, si possible complémentaires, dédié à l'exportation.

Il faut aussi considérer que le « produit » vendu devra être transposé pour tenir compte des matières premières, sources d'énergie et de la demande locale précises, ce qui demande des techniciens disponibles. Malgré des problèmes à résoudre, des entreprises moyennes dynamiques de plus en plus nombreuses exportent leur matière grise avec succès.

Recherche des « acheteurs »

Celui qui possède une technologie performante et a décidé de faire l'effort nécessaire en connaissance de cause pour la vendre, doit évidemment rechercher ses « clients ». Il ne s'agit pas ici de faire un exposé sur la promotion des ventes mais de donner quelques idées plus ou moins spécifiques pour la vente de technologies.

Il faut bien sûr faire savoir ses possibilités par les réseaux d'agents, des circulaires aux clients potentiels, la participation à des expositions à l'étranger.

Il faut capter les demandes par les mêmes moyens et par tous les canaux d'information français et étrangers existants, par le dépouillement des avis d'appels d'offres dans les revues professionnelles ou dans le MOCI ou Moniteur du Commerce International qui publie, mais évidemment avec délai, les informations communiquées par les Conseillers Commerciaux Français en poste à l'étranger.

Malgré la lourdeur de ces organismes, il faut suivre les appels d'offres des organismes internationaux, en premier lieu la B.I.R.D. ou Banque Internationale pour la Reconstruction et le Développement et le C.D.I. ou Centre de Développement Industriel (fondé par la Communauté Économique Européenne et les pays membres de la Convention de Lomé).

L'O.N.U. de son côté propose un code de conduite pour le transfert.

Toute cette réglementation fait la fortune des avocats d'affaires et cabinets de conseils internationaux. Elle est la caractéristique d'une activité neuve, en plein essor, dont le point d'équilibre est loin d'être atteint.

Les obstacles réels dressés actuellement ne gênent que peu le transfert entre pays développés, mais découragent certains à prospecter des receveurs dans les pays en voie de développement.

Nous voulons terminer ce chapitre sur une note optimiste. Le transfert de technologie ne peut que se développer, c'est une nécessité vitale pour tous, sous une forme tenant compte des besoins globaux des deux parties et qui reste encore à définir pour une grande part.

Montage d'une affaire

Le cas simple d'une vente de licences ou de savoir faire nécessite des discussions techniques, la fixation du prix et de son mode de paiement et la rédaction d'un contrat spécifique.

S'il s'agit de construire à l'étranger une unité de production suivant les brevets ou le savoir-faire cédé, il est exceptionnel que le propriétaire de ces brevets ou de ce savoir-faire soit outillé pour effectuer lui-même la négociation.

Il sera alors le « bailleur de licence » qui cèdera sa technologie au client à travers le signataire du contrat avec le client ou le contractant.

Celui-ci, aussi appelé « Entrepreneur Général », ou « Ensemblier » sera seul responsable devant le client final.

Un montage industriel sera effectué, groupant tous les « intervenants » dans l'affaire, intervenants ayant entre eux des liens de natures diverses.

En premier lieu il pourra y avoir des « co-traitants » si l'entrepreneur général se groupe avec des confrères, dans le cas d'une affaire importante, pour partager le travail et les risques ; différentes formes de groupements existent : l'Association en Participation, le Consortium, le G.I.E. ou Groupement d'Intérêt Économique.

En second lieu, le groupement aura des sous-traitants : Sociétés d'ingénierie, fournisseurs de matériels, entreprises de travaux.

Il inclura les banquiers chargés d'établir le financement.

Il fera appel aux Conseils et Experts nécessaires.

Les affaires géantes, assez fréquentes dans la chimie, pouvant atteindre plusieurs milliards de francs, exigent sur un même site l'utilisation de différentes technologies, de nombreux

ses firmes interviennent et le montage tant technique que commercial, juridique, financier est très complexe. Les risques de toutes natures sont répartis suivant des clés précises.

Recherche de technologies

Lorsqu'une Société d'ingénierie est interrogée par un client pour une usine déterminée, par exemple la fabrication d'un composé organique précis, il lui faut rechercher les propriétaires de technologies existants, ce qui se fait par connaissance du milieu professionnel, consultation de certaines publications spécialisées ou appel à des sociétés de conseil spécialisées.

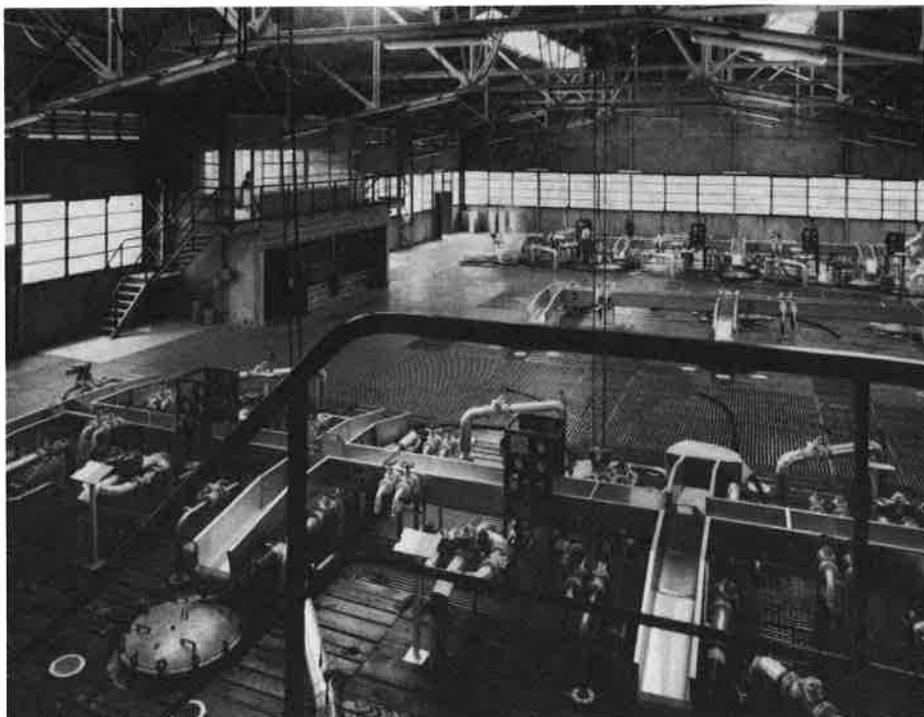
Si plusieurs procédés concurrents sont sur le marché, il faudra les comparer : compatibilité aux matières premières existantes, qualité des produits finis, rendement de l'opération, coût en énergie, prix et conditions de paiement, exclusivité ou non du procédé, autorisation de réexporter les produits finis. Puis il faut se mettre d'accord avec le possesseur du procédé retenu en agissant vite, car, quand un projet important est lancé, de nombreux assembleurs veulent y participer et organisent la chasse aux technologies disponibles. Il arrive ainsi que les possesseurs de technologies de pointe soient courtisés par de nombreux entrepreneurs et qu'il s'organise une véritable foire internationale aux technologies.

La cession peut porter soit sur la licence d'utilisation de brevets existants soit sur la communication du savoir-faire ou know-how, souvent beaucoup plus important que les brevets, soit sur les deux.

Obligations du bailleur

Il existe bien sûr autant de contrats de bailleur qu'il existe de transferts mais d'une façon générale le bailleur doit :

- céder sa licence d'une façon précise (licence de fabrication pour telle unité de production, suivant liste de brevets annexée, cession du savoir-faire, licence de vente dans certains territoires précisés, etc...),
- assister l'ingénierie durant la partie des négociations relevant de sa compétence,
- livrer à la société d'ingénierie l'« ingénierie de base » soit les documents techniques relatifs au procédé et devant permettre à la société d'ingénierie de faire toute l'ingénierie de détail et de commander tout l'équipement,
- vérifier et approuver certains documents d'ingénierie de détail,
- effectuer l'inspection finale de l'unité construite,
- assurer la mise en route de l'unité jusqu'à l'obtention des résultats contractuels,
- effectuer la formation du personnel de l'acheteur dans ses propres ateliers et sur le site,
- assurer éventuellement une assistance technique à long terme.



Atelier de stabilisation de nitrocellulose industrielle (Procédé SNPE). Maître d'œuvre : SNPE-CE.

Obligations de l'entrepreneur

L'entrepreneur, sous les mêmes réserves, doit :

- être seul responsable vis-à-vis du client, donc seul signataire du contrat. Ceci est le cas général où le client, pour des raisons de facilité, veut ignorer les groupements divers participant à l'affaire, et ne veut connaître qu'un seul interlocuteur responsable. Cette règle de la signature unique a des exceptions ; en particulier le contrat de cession de licences est parfois séparé, à lieu entre bailleur et client final, mais dans ce cas les responsabilités sont pour la plupart traitées dans le contrat principal (entre entrepreneur et client final),
 - rédiger l'offre et la défendre,
 - monter le financement et assurer toutes les démarches auprès des banques et administrations concernées, tant en France qu'à l'étranger,
 - souscrire toutes assurances nécessaires,
 - effectuer l'ingénierie de détail (en ordre de grandeur, un contrat d'un milliard de francs peut nécessiter l'exécution de 100 000 plans, pour ne parler que des plans),
 - assurer sur le site la supervision des opérations de génie civil et du montage du matériel, dans le cas où l'acheteur passe directement commande de ces travaux,
 - assurer avec le bailleur la mise en route de l'installation jusqu'à obtention des résultats contractuels,
 - assurer la garantie mécanique de l'équipement.
- Ceci n'est pas limitatif, le titulaire d'un contrat d'ensemble devant en résumé « faire le nécessaire » pour assurer la bonne fin de l'opération.
- Il peut sous-traiter sous sa responsabilité certaines des prestations ci-dessus.

Responsabilités du bailleur de technologies

D'une façon schématique et générale le bailleur devrait engager sa responsabilité sur les points suivants :

- en matière de propriété industrielle, en dégageant l'entrepreneur de toutes conséquences de l'action éventuelle de tiers en contrefaçon.
- Ce point paraît évident, la technologie cédée, cœur de l'affaire, étant sa propriété qu'il faut fructifier,
- d'une façon générale pour les conséquences de toutes les erreurs dont il est l'auteur, ce qui paraît logique :
 - retard de livraisons de document,
 - retard d'assistance technique,
 - erreurs ou omissions dans l'ingénierie de base. Ce point est très important, car par exemple, une erreur de dimensionnement d'un appareil principal peut entraîner son changement ainsi que des changements de matériel auxiliaire d'où des dépenses et des délais supplémentaires notables,
 - non-tenu des garanties contractuelles données :

a) capacité de production : dans des limites étroites, par rapport à la capacité prévue, la non-obtention de la capacité contractuelle peut donner lieu à paiement de pénalités libératoires par le vendeur

b) qualité des produits finis : très souvent, le contrat comporte une clause de « Make good », c'est-à-dire qu'aucune tolérance n'est admise sur la qualité, qu'il n'y a donc pas de pénalités prévues en cas de léger écart par rapport à la qualité contractuelle. Il faut une qualité parfaite ou renoncer (arbitrage, résiliation du contrat).

c) consommations de matières premières et d'utilités (eau, électricité, vapeur...).

Souvent les pénalités contractuelles correspondant à ces surconsommations sont calculées sur la base des dépenses supplémentaires d'exploitation en résultant pendant six mois.

Il est bien évident que la définition précise de ces responsabilités et les calculs financiers correspondants dépendent de chaque cas spécifique.

Très souvent certaines des responsabilités ci-dessus sont plafonnées financièrement. Le complément de risque doit évidemment être pris en charge par l'entrepreneur.

Le partage des responsabilités est affaire de négociations entre bailleurs, ingénieries, entrepreneurs, et dépend des positions de force respectives.

Rémunération du bailleur

En contrepartie de ses prestations et de ses responsabilités, le bailleur doit recevoir une rémunération. Le principal de celle-ci tire sa justification dans la « partie immatérielle » de sa cession, la communication à un tiers de son expérience professionnelle, de sa propre substance.

Ceci est valable qu'il y ait brevet dont on donne la licence ou qu'il y ait simplement cession de savoir-faire.

Ceci peut être considéré, ou plutôt est en fait, un amortissement des recherches passées, longues et coûteuses, qui ont conduit à la mise au point du procédé cédé.

Quel doit être le montant de cette rémunération ?

Des règles existent, mais qui ne peuvent être que des guides permettant d'obtenir un ordre de grandeur. Citons en trois :

- A partir des dépenses réelles de recherches, le but étant d'amortir entièrement celles-ci ; si n licenciés sont espérés, chacun paie la n^{e} partie de ces dépenses, d'ailleurs souvent très difficiles à isoler en comptabilité (recherches ayant abouti à la mise au point du procédé déterminé). Cette approche n'est le plus souvent qu'un vœu pieux.

- A partir du bénéfice que la société cliente va tirer de l'utilisation du procédé. Le cédant peut dire que, si au lieu de céder sa licence, il vendait le produit, il en tirerait un bénéfice de $x\%$; il demande donc au licencié de lui donner tout ou partie z de ce bénéfice durant A années. Le calcul est relativement facile : l'unité devant produire y unités de produits par an à prix de vente unitaire P en France, la somme annuelle de base sera $S = Py \frac{xz}{100}$.

Le temps A est généralement compris entre 5 et 10 ans. Rappelons qu'il s'agit là d'un calcul « base France » pour fixer le montant à demander suivant des modalités décrites plus bas.

- A partir du montant de l'investissement total de l'unité de production ou, ce qui est mieux défini, à partir du montant du matériel principal de l'unité.

Dans chaque type d'industries des pourcentages ont ainsi été avancés, variant de 3 à 25 %.

Remarquons que les 2 dernières approches, au contraire de la première, sont fonctions de la dimension de l'unité construite, proportionnelle pour la deuxième, simplement croissante pour la troisième.

Il est normal que la rémunération augmente avec cette dimension mais d'une façon inférieure à la proportionnelle.

Mais ces calculs et considérations nécessaires sont dépassés le plus souvent par l'aspect purement commercial. Quand plusieurs technologies sensiblement équivalentes sont offertes à un même client, il choisit le meilleur marché, le client averti devant évidemment tenir compte, dans son calcul, de l'investissement total, dont la licence n'est qu'une part, mais aussi des frais d'exploitation comptés sur plusieurs années.

Il en résulte qu'une société ayant une avance scientifique indiscutable, mettant sur le marché un procédé performant éliminant ses concurrents, peut se permettre d'imposer un prix très élevé, dépassant tous les critères vus plus haut et lui procurant un substantiel bénéfice ; des exemples relativement nombreux de cette politique existent dans les industries du pétrole et de la pétrochimie ces dernières années.

En revanche un procédé ancien, ayant de nombreux concurrents, pourra être cédé pour un montant dérisoire ; le cédant profitera malgré tout des « retombées » du transfert et se donnera une référence.

Certains disent que ce commerce s'apparente au « horse trading ». Ce montant, une fois négocié, peut être payé comptant ou au moyen de redevances. Nous entendons par paiement comptant un paiement échelonné entre la signature du contrat avec le client final et la réception de l'unité de production.

Les redevances ou royalties sont payées par l'exploitant de l'unité comme un pourcentage du montant de ses ventes (voir 2^e approche ci-dessus). Il faut noter que ses ventes sur son marché local peuvent être effectuées à un prix (et avec un bénéfice) très différent des valeurs correspondantes françaises. Le montant des redevances devra être soumis à une clause de minimum annuel, l'usine pouvant s'arrêter de produire pour des raisons propres complètement indépendantes du bailleur. Le risque politique subsiste malgré tout (changement de régime arrêtant tous paiements).

La vérification des redevances dues demande un contrôle comptable toujours délicat, indispensable en pays socialistes.

C'est pourquoi, tout au moins pour les grandes unités, les contrats prévoient dans la majorité des cas, même pas une clause mixte partie au comptant — partie sous forme de redevances — mais un paiement comptant simplement.

Le contrat de baillage

Le « contrat » ne sera pas étudié ici en détails.

Il peut être signé entre le bailleur et le client final ou plus généralement entre le bailleur et l'ensemblier, celui-ci reportant sur le contrat commercial toutes les clauses techniques et de responsabilité. L'ensemblier est « transparent » pour les clauses de responsabilité et de paiement de licence, avec certaines limitations.

Les contrats de baillage évoluent dans le temps avec l'évolution des affaires d'ensembles industriels, la dimension croissante des projets, la multiplicité des intervenants, l'augmentation des risques, l'inflation généralisée, la politique protectionniste des États. Le contrat reprend les obligations des parties, les responsabilités respectives, la rémunération du bailleur, les clauses techniques précises sur les essais de réception de l'unité et sur toutes les matières premières, produits finis et matières ou fluides consommables.

Il comporte en outre les clauses juridiques habituelles sur la confidentialité, la force majeure, l'arbitrage, la loi applicable au contrat, etc...

Il n'existe de contrat que « sur mesure » mais différents organismes ont publié des contrats types qui sont des guides utiles.

Protection des technologies

Afin d'éviter toutes fuites il est évident que des clauses dites de secret ou de confidentialité sont incluses dans tous les contrats et que des engagements sont signés par toute partie ou tout tiers pouvant, à un moment quelconque, avoir connaissance d'un document confidentiel.

Mais la meilleure protection est « de facto » quand il s'agit de technologies complexes difficiles à copier en en saisissant une bricole. Par ailleurs, les affaires importantes se traitent entre grands groupes entre qui les contrats sont respectés et qui disposent d'ailleurs, de par leurs relations croisées, de moyens de rétorsion entre eux.

Dans les domaines très évolutifs, la fuite en avant est une protection. Si la recherche et le développement sont actifs et obtiennent des succès, le procédé vendu sera bientôt remplacé par un procédé plus performant et sa connaissance partielle par un tiers, qui aura besoin de temps pour la copier, est sans importance pratique.

On peut noter un phénomène qualifié d'« érosion du brevet », qui ne s'applique pas aux biens de consommation et d'équipement mais aux procédés. Le savoir-faire dans certains cas prime le brevet, car un brevet est cher à déposer, puis à défendre ; son octroi est parfois très long alors que la technique évolue rapidement ; un brevet octroyé reste malgré tout incertain (75 % des brevets venant devant une juridiction aux États-Unis sont invalidés) ; dans un pays à structure étatique, il est quasi impossible de constater une contrefaçon et même si c'était le cas, parfaitement utopique de poursuivre un mi-

nistère : d'où l'importance croissante du savoir-faire accompagné ou non de brevets.

Conclusion

Nous avons vu que le transfert de technologies est un fait et une nécessité vitale pour tous pays développés ou non. Revenir au protectionnisme serait mortel.

C'est une technique multidisciplinaire, essentiellement évolutive, en fonction des données scientifiques et techniques mais aussi économiques et politiques du monde actuel. C'est un des facteurs importants de l'évolution de ce monde vers une plus grande uniformisation, ce qui ne veut pas dire vers un plus grand bonheur. Puissent les intéressés, à tous niveaux, en être conscients et prendre en considération que l'évolution est

plus rapide dans les domaines techniques, en particulier les échanges d'informations, que dans les transformations des mentalités et des aptitudes.

Le transfert de technologies est enfin une discipline extrêmement prenante mais aussi extrêmement enrichissante pour ceux qui la pratiquent, vu la nature et la diversité des hommes et des problèmes qui entrent en jeu.

Photoélectrochimie et conversion de l'énergie solaire

par Paul Cléchet, Claude Martelet, Jean-René Martin et René Olier

(École Centrale de Lyon, Service de chimie, 36, route de Dardilly, B.P. 163, 69130 Ecully)



P. Cléchet

Les auteurs analysent les progrès enregistrés ces toutes dernières années dans le domaine de la conversion photogalvanique de l'énergie solaire. Ce nouveau mode de conversion peut être réalisé à l'aide de deux types de dispositifs dans lesquels la photoexcitation concerne soit l'électrolyte, soit les électrodes. C'est à ces dernières, qui mettent en jeu des matériaux semi-conducteurs, que la majeure partie de cette revue est consacrée car certains d'entre eux ont déjà permis d'atteindre des taux de conversion notables. Outre la conversion directe de l'énergie solaire en électricité, la photoexcitation de l'interphase semi-conducteur/électrolyte permet d'envisager un stockage chimique de l'énergie grâce à la génération d'espèces chimiques énergétiques par électrolyse photoassistée ou photoélectrosynthèse.

1. Introduction

Le soleil est une fantastique source d'énergie puisqu'il envoie chaque année, sur la terre, sous forme de rayonnements, une quantité d'énergie qui correspond approximativement à vingt-cinq fois les réserves estimées en combustible fossile et en uranium de notre planète * et à dix mille fois la consommation annuelle mondiale en énergie (1). Cette dernière continuant à croître, les surgénérateurs et la fusion nucléaire n'étant encore que des promesses par ailleurs vivement discutées, il est indubitable qu'à plus ou moins long terme, ces réserves en énergie « stock » étant épuisées, seules seront disponibles les énergies « flux », c'est-à-dire l'énergie géo-thermique et l'énergie solaire ou ses formes dérivées (énergie hydraulique, énergie éolienne, gradient thermique des mers...). Bien que cette échéance soit encore lointaine, il est évident que l'exploitation rationnelle et progressive de ces deux « gisements » (surtout du deuxième qui est environ vingt mille fois supérieur au premier) doit nous permettre d'ores et déjà d'économiser nos réserves et de prolonger leur utilisation jusqu'à ce qu'une relève massive soit technologiquement possible.

La récente prise de conscience de ce problème, en grande partie due à la crise du pétrole, a fortement stimulé les recherches dans le domaine de l'utilisation et de la conversion de l'énergie solaire. Elle a, de ce fait, favorisé l'épanouissement, ou du moins la réorientation dans une direction plus appliquée, de disciplines pour lesquelles les travaux étaient auparavant d'inspiration fondamentale (2-5).

C'est le cas de la photoélectrochimie et de son corollaire : la conversion photogalvanique de l'énergie solaire.

2. L'effet photogalvanique

A l'heure présente, il est possible de distinguer trois grands axes de recherche dans le domaine de la conversion de l'énergie solaire (6) :

- la conversion en énergie calorifique destinée soit au chauffage soit à la production d'électricité ou d'énergie mécanique.
- la conversion directe en énergie électrique par utilisation de l'effet photovoltaïque. Ce mode de conversion a récemment fait l'objet d'une mise au point dans ce journal (7).
- la conversion en espèces chimiques ou végétales par photo ou bioconversion.

Le premier mode de conversion est du type *thermodynamique*, les deux autres du type *quantique* car ils sont liés à la promotion dans la matière, sous l'effet de l'excitation photonique, d'électrons à des niveaux d'énergie quantifiés plus élevés que le niveau fondamental.

* Estimation qui est actuellement de l'ordre de $6 \cdot 10^{16}$ kWh (1).



C. Martelet



J.-R. Martin



R. Olier

L'énergie lumineuse provisoirement stockée sous forme d'énergie électronique de courte durée de vie est ensuite récupérée, en partie tout au moins, sous forme d'énergie électrique (effet photovoltaïque) ou d'énergie chimique (photo et bioconversion).

La conversion photogalvanique de l'énergie solaire qui met à profit toutes les modifications que l'on peut observer dans une cellule galvanique quand elle est soumise à une illumination (8-12) est également du type quantique.

C'est un procédé original et très récent de conversion de l'énergie lumineuse puisqu'on peut faire remonter son origine, du moins pour ce qui concerne les dispositifs à électrodes semiconductrices, aux travaux sur le dioxyde de titane publiés par Honda vers les années soixante dix (13-15). Après une période d'incubation et de silence total, de 1970 à 1975, elle connaît depuis une expansion spectaculaire. Plus de quarante laboratoires universitaires et vingt laboratoires industriels, ayant une activité importante dans ce domaine, ont pu

3. Niveau de Fermi dans les électrodes et dans la solution

Dans une cellule galvanique classique, la circulation des charges électriques dans le circuit extérieur s'accompagne, dans la solution électrolytique, d'un double flux d'espèces chimiques électroactives qui sont respectivement oxydées à l'anode et réduites à la cathode. Le sens de ces transferts électroniques, vers l'anode pour ce qui est de l'oxydation et à partir de la cathode pour ce qui est de la réduction, dépend de la disposition relative des niveaux accepteurs et donateurs d'électrons dans les espèces en solution d'une part et dans les électrodes d'autre part. L'ensemble de ces deux processus d'échange électronique constitue la réaction chimique globale d'oxydo-réduction qui se déroule dans la cellule galvanique durant son fonctionnement.

Dans un métal, le remplissage des états quantiques électroniques obéit à la distribution de Fermi-Dirac. A température ordinaire la forme de cette distribution est telle que l'on peut admettre que tous les états quantiques situés au-dessus du niveau de Fermi, $(E_F)_M$, sont vides et que ceux situés au-dessous sont pleins. Dans une électrode métallique, les électrons échangés avec les espèces électroactives en solution le sont donc au voisinage de ce niveau de Fermi dont l'énergie est habituellement exprimée (en électron-volts) par rapport à un niveau de référence qui est celui de l'électron dans le vide (e^- vide). C'est le niveau de référence des physiciens. Le niveau de Fermi du métal, compte tenu de cette origine, représente donc le travail nécessaire pour extraire un électron de ce niveau et l'amener dans le vide.

Parallèlement, un couple oxydo-réducteur dans la solution est caractérisé par son potentiel redox, E_{redox} , que l'on exprime (en volts) dans une échelle ayant pour origine le potentiel de l'électrode normale à hydrogène (ENH). La quantité $|eE_{\text{redox}}|$ (e : charge de l'électron) représente, à une constante près, le travail nécessaire pour transférer un électron de l'espèce réductrice solvatée du couple jusqu'au vide. Cette constante, qui est voisine de $-4,5 \text{ eV}$ (18), représente la différence d'énergie entre le niveau de Fermi de l'électrode normale à hydrogène, référence habituelle des électrochimistes, et le niveau du vide. Par analogie on est convenu d'appeler l'équivalent énergétique du potentiel redox d'un couple son niveau de Fermi. On le représente par $(E_F)_{\text{redox}}$.

Cette correspondance (au facteur e près) entre les échelles en énergie et en potentiel, fait que le niveau de Fermi d'une électrode et le potentiel redox d'un couple redox (ou le potentiel d'une solution contenant différents couples en équilibre), peuvent être représentés dans un même diagramme.

Dans la suite de cet article nous parlerons donc indifféremment de niveau de Fermi ou de potentiel que l'on exprimera en électron volts ou en volts.

Comme le montre la figure 1, l'axe des énergies électroniques croissantes est dirigé vers le haut alors que celui des potentiels

être recensés à la fin de 1977. Deux congrès internationaux lui ont déjà été consacrés, en partie seulement pour le premier (16), en totalité pour le second (17)*.

Cet engouement, bien que justifié, ne doit pas faire oublier que la conversion photogalvanique n'en est encore qu'à ses premiers balbutiements. Quel que soit son avenir pour la conversion directe de l'énergie solaire, nous verrons que ses possibilités dans le domaine de l'électrolyse photoassistée, de la photoélectrocatalyse et de la photoélectrosynthèse, c'est-à-dire dans le domaine de la génération d'espèces chimiques, ouvrent un champ d'investigations dont il n'est pas déraisonnable d'attendre des retombées concrètes.

La conversion photogalvanique faisant usage de dispositifs électrochimiques, la compréhension des mécanismes qu'elle met en jeu passe nécessairement par celle du fonctionnement de ces dispositifs. En premier lieu nous les rappellerons donc succinctement et précisons certaines notions essentielles comme celles des niveaux d'énergie électronique dans les électrodes et dans la solution.

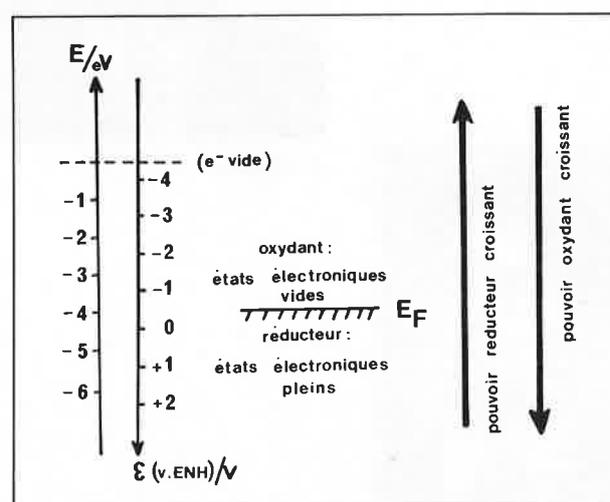


Figure 1. Diagramme énergétique électronique.

croissants est dirigé vers le bas. Plus le niveau de Fermi d'une électrode, ou d'une solution, est bas dans un tel diagramme et plus cette électrode, ou cette solution, est oxydante (avide d'électrons). Plus ces niveaux sont élevés dans le diagramme et plus le pouvoir réducteur (ou donneur d'électrons) augmente.

Pour des raisons liées à la rapidité des échanges électroniques par rapport au temps de réorganisation de la couche de solvation autour de l'espèce en solution qui a participé à cet échange (principe de Franck-Condon), on peut montrer (2, 3, 19) que les états accepteurs (vides) de l'espèce oxydante sont situés en majorité au-dessus du niveau de Fermi du couple et les états donateurs (pleins) au-dessous.

A la forme de la distribution des états donateurs et accepteurs près, il y a un parallélisme total entre le niveau de Fermi dans une électrode métallique et le niveau de Fermi d'un couple redox.

Quand une électrode métallique est plongée dans une solution contenant un couple redox, la différence entre le travail nécessaire pour extraire un électron du métal et un électron de l'espèce réduite du couple en solution, fait que des échanges électroniques ont lieu entre ces deux milieux jusqu'à ce que les niveaux $(E_F)_M$ et $(E_F)_{\text{redox}}$ s'égalisent. On est alors à l'équilibre, une double couche électrique s'établit dans l'interphase (Figure 2a). Les courants d'oxydation et de réduction sont alors tels qu'ils se compensent en donnant un courant

* La deuxième Conférence internationale sur la conversion photochimique et le stockage de l'énergie solaire, qui a fait suite à la conférence de Londres (16), vient en outre de se tenir à Cambridge du 10 au 12 août 1978.

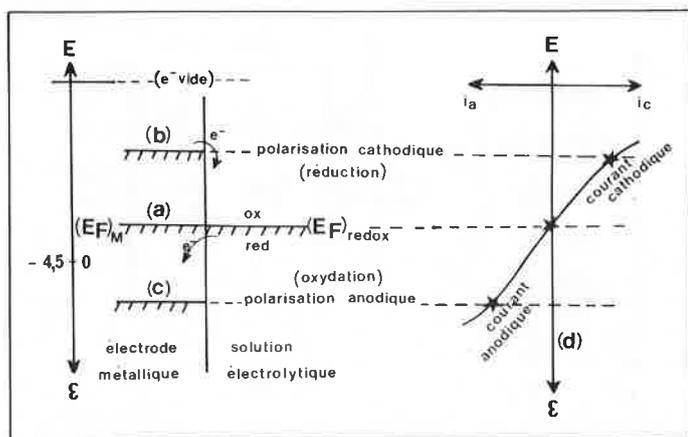


Figure 2. Diagramme énergétique électronique simplifié d'une interface électrode métallique-solution électrolytique : a) à l'équilibre, b) sous polarisation cathodique, c) sous polarisation anodique, d) courbe voltampérométrique correspondante.

global d'échange nul ($i = 0$). En polarisant négativement l'électrode par rapport à la solution on élève son niveau de Fermi. Ceci entraîne l'apparition d'un courant global cathodique (i_c), par écoulement d'électrons de l'électrode vers l'espèce oxydante du couple (Figure 2b). En polarisant l'électrode positivement on abaisse son niveau de Fermi, l'électrode peut ainsi accueillir des électrons de l'espèce réduite du couple, le courant global (i_a) est alors anodique (Figure 2c). La vitesse des échanges électroniques, c'est-à-dire la valeur de la densité i du courant faradique pour une polarisation donnée de l'électrode, dépend en premier lieu de la forme de la barrière de potentiel dans la double couche. La courbe voltampérométrique expérimentale correspondante, $i = f(\epsilon)$, que l'on peut tracer à l'aide d'un montage classique à trois électrodes, apparaît sur la figure 2d.

4. Excitation des espèces en solution

Les photons d'énergie supérieure à celle qui sépare le premier état singulet d'une espèce électroactive impliquée dans la réaction chimique d'une cellule galvanique, de celui de son niveau fondamental, sont capables d'amener ces espèces à l'état excité. Comme le montrent les figures 3a et b, les molécules excitées ont une énergie d'ionisation (I^*) plus faible et une affinité électronique (A^*) plus élevée que les molécules à l'état fondamental (I et A). Il en résulte que le pouvoir réducteur et le pouvoir oxydant de ces molécules sont augmentés tous les deux (19). Sous illumination, pour de telles espèces excitées, il y a donc modifications des potentiels redox

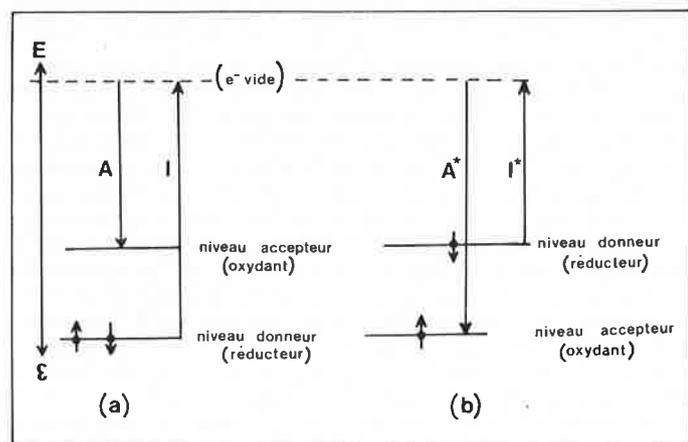


Figure 3. État fondamental (a) et singulet (a) d'une molécule (9).

Chaque fois qu'une excitation photonique modifie la disposition relative des niveaux de Fermi de l'électrode ou de la solution telle qu'elle existe dans l'obscurité, on crée un effet photogalvanique. Cet effet peut donc s'obtenir :

- soit par absorption de photons par une espèce électroactive en solution (9, 10, 19), ce qui entraîne une variation du niveau de Fermi de la solution.
- soit par absorption de photons par une électrode photosensible, ce qui entraîne une variation du niveau de Fermi de l'électrode.

Dans le premier cas le mécanisme évoque celui de l'acte initial de la photosynthèse qui consiste en une excitation des pigments chlorophylliens. Dans le deuxième cas, qui intéresse les électrodes semi-conductrices, le mécanisme est très proche de l'effet photovoltaïque.

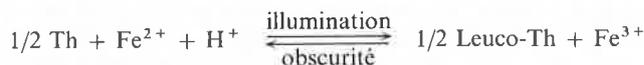
Quand une excitation photonique entraîne des modifications de niveaux, elle conduit ainsi à une situation thermodynamiquement favorable par rapport à celle que l'on observe dans l'obscurité et il y a possibilité de conversion de l'énergie lumineuse. Si la réaction chimique dans la cellule galvanique a une enthalpie libre positive dans l'obscurité et négative sous illumination, on dispose alors d'un ensemble photogalvanique capable, théoriquement, de fonctionner de façon spontanée. Si cette enthalpie libre est simplement moins positive sous illumination on dispose alors d'un ensemble dont le fonctionnement est seulement aidé par la lumière, il est photoassisté.

De plus, comme dans toutes les cellules galvaniques, que celles-ci fonctionnent en régime spontané ou en régime forcé, la circulation des charges est toujours associée à l'apparition d'espèces chimiques aux électrodes, deux types de conversion, et donc de dispositifs, sont envisageables :

- ceux qui sont conçus pour produire du courant électrique : ce sont les convertisseurs photogalvaniques.
- ceux qui sont conçus pour produire des espèces chimiques énergétiquement (stockage chimique de l'énergie) ou bioénergétiquement (chaîne alimentaire) intéressants : ce sont les dispositifs d'électrolyse photoassistée ou de photoélectrosynthèse.

correspondant à leur oxydation et à leur réduction et possibilité de donner lieu, en fonction des espèces antagonistes présentes, à des réactions redox ne pouvant avoir lieu dans l'obscurité. Ceci peut être mis à profit pour avoir un effet photogalvanique. Ces espèces excitées sont nécessairement des colorants si l'on désire que les dispositifs convertisseurs soient adaptés de façon convenable au spectre solaire.

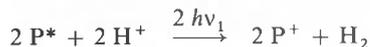
Des convertisseurs photogalvaniques capables de produire du courant électrique à partir de réactions chimiques photosensibles homogènes ont été décrits depuis longtemps ; ils ont été passés en revue dans un article bien documenté (9). Le plus connu d'entre eux met en jeu la réaction réversible entre la thionine (Th) et les ions ferreux (9, 10, 20-22) qui a une enthalpie libre de réaction légèrement positive (40 KJ à pH₂).



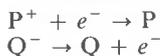
Une électrode de platine plongée dans la partie éclairée d'une solution acide de thionine et d'ion ferreux prend un potentiel négatif par rapport à une électrode de platine plongée dans la partie non éclairée. Il y a donc formation d'une pile dont les performances selon Hall *et al* (22) sont cependant encore très modestes (0,03 %).

Tout récemment, le principe d'une cellule de conception originale a été décrit par Lepoutre (23, 24) dans laquelle l'électrolyse photoassistée de l'eau, donc la production d'hydrogène, devrait pouvoir être réalisée sans consommation de colorant. Dans cette cellule, les formes excitées P et Q de deux colorants servent, l'une à réduire l'eau en hydrogène dans l'un des deux compartiments, l'autre à l'oxyder en

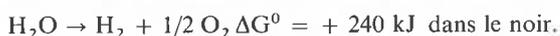
oxygène dans le deuxième compartiment selon les réactions :



Une membrane cationique permet le transfert des ions H^+ d'un compartiment à l'autre. Les deux colorants sont régénérés par réaction cathodique et anodique à la surface de deux électrodes en court-circuit.



La réaction globale est donc :



Quatre photons sont nécessaires pour dissocier une molécule d'eau, leurs fréquences (ν_1 et ν_2) sont égales ou supérieures au seuil d'excitation des deux colorants. La disposition des systèmes redox des deux colorants dans l'obscurité et sous illumination, ainsi que le schéma de principe de la cellule sont représentés figure 4a et b. Pour que P^* et Q^* soient respectivement capables de réduire et d'oxyder l'eau ils doivent être situés, le premier au-dessus du niveau de Fermi du couple H^+/H_2 et le second au-dessous du couple O_2/H_2O .

Ces deux dispositifs illustrent les deux possibilités de conversion évoquées plus haut, à savoir la fourniture de courant électrique pour

5. Excitation des électrodes

Dans certaines conditions, des photons frappant la surface d'une électrode peuvent créer dans le matériau de cette électrode de nouveaux états donneurs et accepteurs, ce qui modifie son niveau de Fermi engendrant ainsi un effet photogalvanique. De tels effets ont été observés pour la première fois par Becquerel (25) qui leur a donné son nom.

Dans un métal, la densité très élevée des électrons au voisinage du niveau de Fermi fait que leur distribution n'est pas perturbée de façon sérieuse par une illumination. Aucun effet important n'est à attendre de telles électrodes ; les courbes voltampérométriques, dans l'obscurité et sous illumination, ne présentent généralement que des différences infimes.

Il en va tout autrement d'une électrode semi-conductrice.

Lorsqu'une telle électrode est mise au contact d'une solution électrolytique, par échange d'électrons son niveau de Fermi, $(E_F)_{sc}$, s'aligne, comme celui d'une électrode métallique, avec celui de la solution, tandis qu'une différence de potentiel s'établit dans l'interphase. Alors que pour une électrode métallique cette chute du potentiel de Galvani se produit essentiellement à l'intérieur de la phase liquide (dans la double couche diffuse d'Helmholtz-Gouy), c'est le contraire qui se produit dans l'interphase semi-conducteur-électrolyte. La densité de porteurs de charges libres dans un semi-conducteur est en effet généralement bien plus faible (10^{15} à 10^{19} cm^{-3}) que dans une solution électrolytique moyennement concentrée (10^{21} cm^{-3} pour une solution molaire d'un sel monovalent), et de ce fait le semi-conducteur joue, d'un point de vue électrostatique, vis-à-vis de la solution, un rôle analogue à celui d'une solution vis-à-vis d'un métal. La charge d'espace qui apparaît à l'intérieur du semi-conducteur dans la zone où se produit l'essentiel de la chute de potentiel peut être comparée à la double couche diffuse de la solution dans le cas d'un métal.

Modifier la polarisation d'une électrode semi-conductrice par rapport à la solution, c'est-à-dire modifier la position de son niveau de Fermi vis-à-vis de celui de la solution, se traduit par un changement de la courbure du potentiel (et des bandes de conduction et de valence qui lui sont parallèles) dans la couche de charge d'espace. La chute de

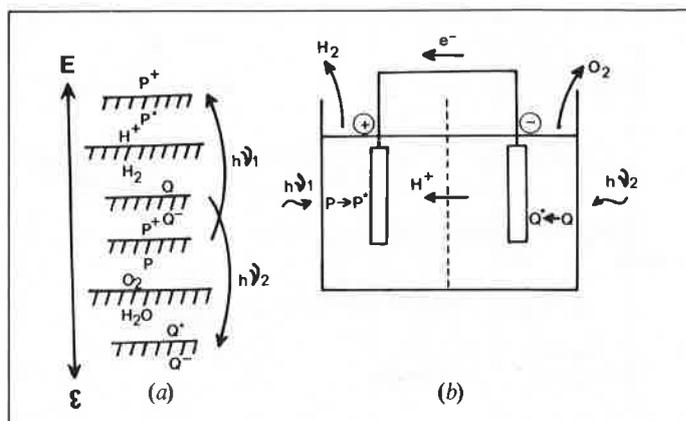


Figure 4. Cellule d'électrolyse photoassistée de l'eau de Lepoutre (23, 24) : (a) diagramme énergétique électronique montrant le saut de potentiel des deux colorants sous illumination, (b) schéma de principe de la cellule.

le premier et le stockage de l'énergie sous forme chimique (H_2) pour le second. Ces deux dispositifs fonctionnent de façon spontanée.

Les taux de conversion de l'énergie solaire obtenus jusqu'à présent à partir de telles cellules galvaniques à colorants sont encore très faibles. Comme nous le verrons plus loin, des progrès ont été réalisés ces dernières années en utilisant comme collecteurs de charge des électrodes semi-conductrices qui facilitent les transferts électroniques et diminuent le taux de recombinaison (66, 68, 69).

potentiel dans la solution électrolytique n'est en général, quant à elle, que peu modifiée (2, 3, 8, 19). La valeur du potentiel électrique et la position des bandes de conduction et de valence à la surface d'un semi-conducteur peuvent donc être considérées comme à peu près constantes quand varie la polarisation : c'est un des points fondamentaux sur lesquels repose les explications proposées par Gerischer de l'effet photogalvanique (8).

Le diagramme énergétique électronique idéalisé de l'interphase d'un semi-conducteur de type n obéissant au modèle ci-dessus est représenté figure 5. Il illustre les variations de la courbure des bandes qui subit un tel semi-conducteur sous différentes polarisations. Pour un couple semi-conducteur-solution électrolytique le potentiel électrique pour lequel les bandes sont plates à l'intérieur du semi-conducteur est appelé son potentiel de bande plate ϵ_{bp} (Figure 5d).

Dans un dispositif convertisseur en fonctionnement normal la courbure de bande d'un semi-conducteur de type n est positive, pour un semi-conducteur de type p elle est au contraire négative. Dans les deux cas le semi-conducteur est appauvri en porteurs majoritaires en surface (en électrons e^- pour le type n et les trous p^+ pour le type P) et un champ électrique (E) apparaît dans cette zone appauvrie. Ce champ, intense, est à l'origine de l'effet photogalvanique comme l'est, par ailleurs, le champ électrique dans une jonction solide pour l'effet photovoltaïque. Les schémas a, b et c de la figure 5 rappellent du reste celui d'une diode de Schottky, la solution jouant là le rôle du métal comme il l'a déjà été dit plus haut. Le contact semi-conducteur-solution électrolytique a de ce fait un pouvoir redresseur. Pour un semi-conducteur de type n, la barrière de potentiel s'oppose au passage des électrons (Figure 5). La réduction, par les électrons de la bande de conduction, n'est possible qu'au voisinage du potentiel de bande plate où la densité électronique superficielle devient forte. L'oxydation est, en théorie, impossible quel que soit le potentiel puisque la courbure, donc la hauteur de la barrière, augmente avec la polarisation anodique. Quand celle-ci devient importante on peut cependant observer des courants d'oxydation dus à d'autres phénomènes tels que celui de l'effet tunnel par exemple. La courbe voltampérométrique idéalisée correspondante est représentée figure 6a. Pour un semi-conducteur de type p on observe des

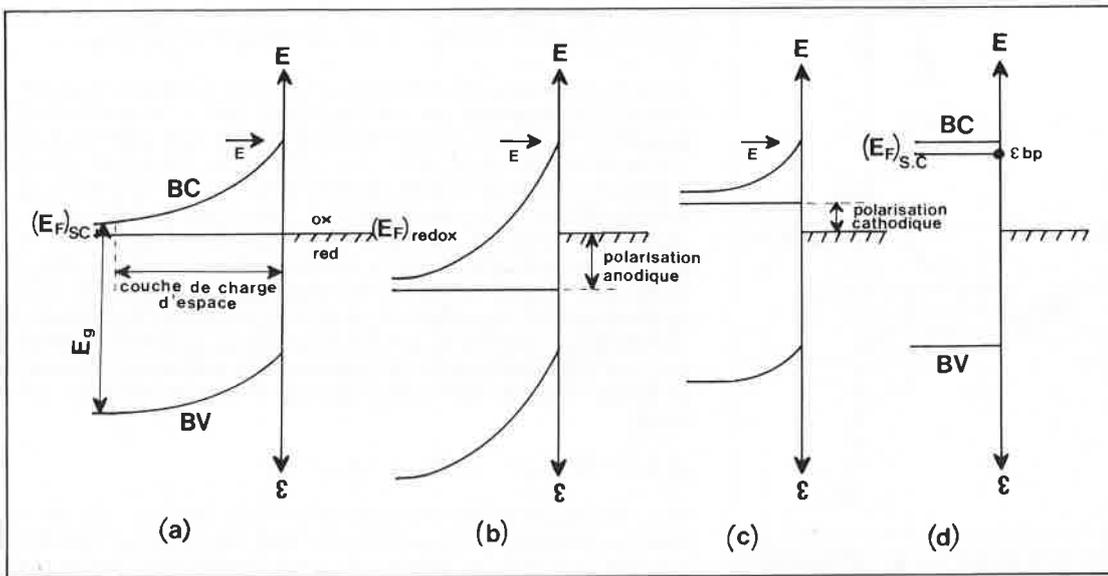


Figure 5. Diagramme énergétique électronique de l'interphase semi-conducteur solution électrolytique pour un semi-conducteur de type n : Bc : Bande de conduction ; Bv : Bande de valence ; E_g : Bande interdite.

a) à l'équilibre, b) sous polarisation anodique, c) sous polarisation cathodique, d) au potentiel de bande plate.

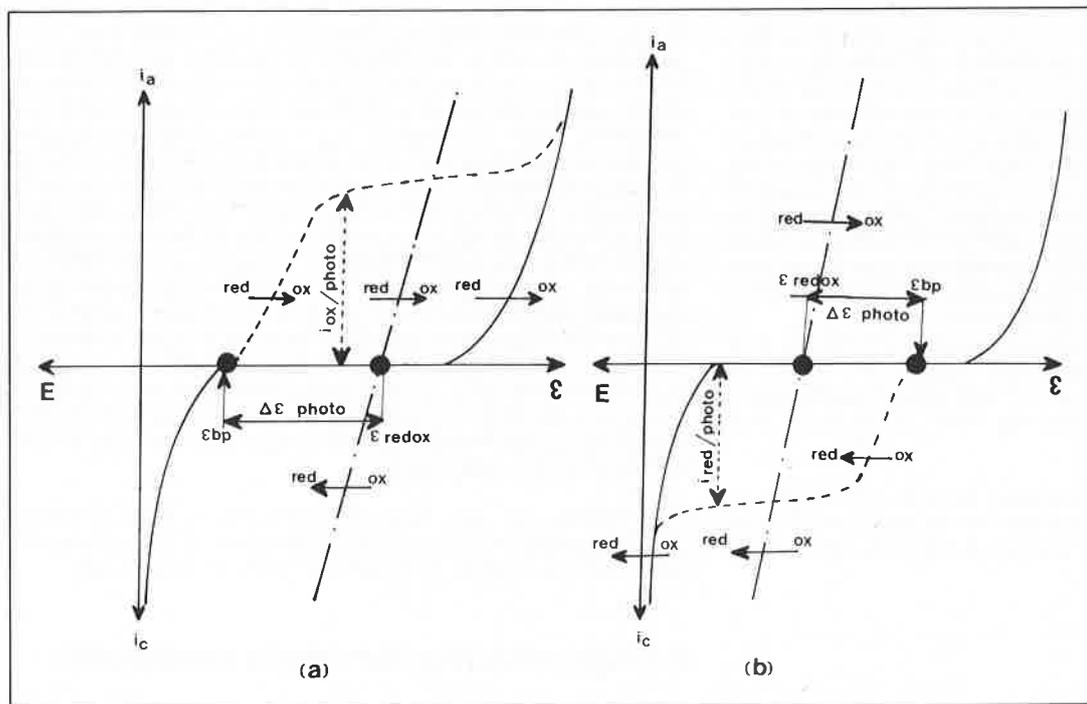


Figure 6. Courbes voltampérométriques idéalisées pour un semi-conducteur de type n (a) et p (b), — dans l'obscurité, - - - - sous illumination, - · - · - courbe idéale obtenue à l'aide d'une électrode de type métallique à la surface de laquelle la réaction redox est rapide.

phénomènes analogues, mais le signe des charges et des potentiels est alors inversé (Figure 6b).

L'illumination de l'interphase semi-conducteur-solution électrolytique par des photons d'énergie supérieure à l'énergie de la bande interdite E_g du semi-conducteur entraîne la promotion d'électrons de la bande de valence dans la bande de conduction et la création de paires électron-trous (Figure 7). Comme dans une cellule photovoltaïque, sous l'influence du champ électrique les paires se séparent, les porteurs majoritaires étant drainés vers l'intérieur du semi-conducteur et les porteurs minoritaires vers la surface. Pour un semi-conducteur de type n , les porteurs minoritaires sont les trous qui apparaissent dans la bande de valence en surface, donc dans le bas du

diagramme (Figure 7a). Ils ont donc un fort pouvoir oxydant et sont capables d'oxyder des espèces en solution. Pour un semi-conducteur de type p , ce sont les électrons des paires qui apparaissent en surface dans le haut du diagramme, ils sont donc très réducteurs et vont jouer ce rôle vis-à-vis de la solution (Figure 7b).

L'apparition de ces porteurs minoritaires dans des situations énergétiques favorisées fera que les réactions d'oxydation seront, d'une façon générale, facilitées à la surface d'un semi-conducteur de type n et les réactions de réduction facilitées à la surface de semi-conducteurs de type p .

Quel est l'ordre de grandeur du gain de potentiel dû à l'illumination ?

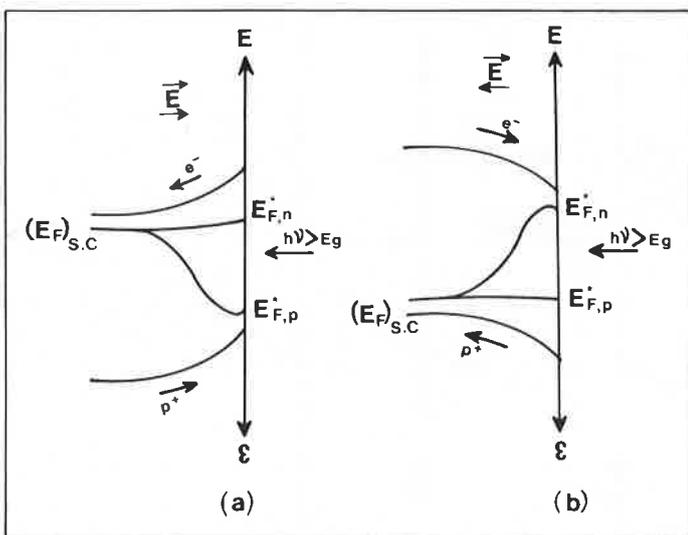


Figure 7. Formation de paires électron-trous par illumination d'un semi-conducteur de type *n* (a) et *p* (b).

A la distribution des charges à l'équilibre dans l'obscurité succède, sous illumination, une situation hors d'équilibre dans laquelle photoélectrons et photo-trous ont des énergies distinctes puisqu'ils se manifestent à des niveaux différents. Ces charges hors d'équilibre peuvent être caractérisées par des quasi-niveaux de Fermi, $E_{F,n}^*$ et $E_{F,p}^*$, distincts du niveau de Fermi $(E_F)_{S,C}$ commun aux électrons et aux trous à l'intérieur du semi-conducteur (26-30). De tels niveaux sont représentés figure 7, leur position vis-à-vis de $(E_F)_{S,C}$ dépend du nombre de porteurs hors d'équilibre, c'est-à-dire du flux lumineux, de son absorption par le matériau, de la vitesse de recombinaison de ces charges, de leur propriété de transport et de leur distribution dans la zone illuminée (27). Ces niveaux seront beaucoup plus éloignés de cette position commune pour les porteurs minoritaires que pour les porteurs majoritaires dont le nombre relatif n'augmente que faiblement sous illumination.

A l'équilibre sous illumination, le quasi-niveau de Fermi des porteurs minoritaires, qui se comportent comme des agents de photooxydation (p^+) ou réduction (e^-), sont naturellement alignés avec le niveau de Fermi de la solution. Cette situation apparaît figure 8 (courbes - - - -).

Parallèlement à la formation des quasi-niveaux, on observe un relèvement du niveau de Fermi de l'intérieur du matériau (donc du potentiel de l'électrode) pour le semi-conducteur de type *n* et un

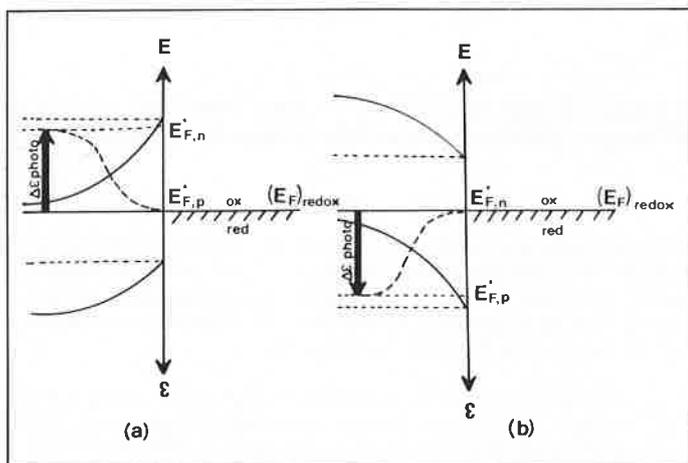


Figure 8. Diagramme énergétique de l'interphase semi-conducteur type *n* (a) et *p* (b) à l'équilibre dans l'obscurité (—) et sous forte illumination (-----).

abaissement pour celui de type *p*. Ce sont à ces déplacements de potentiel que l'on réservera le nom de photopotential ($\Delta\epsilon_{photo}$).

Le drainage des porteurs minoritaires vers la surface, et l'oxydoréduction photoassistée, ne sont possibles que si la courbure du potentiel et le sens du champ électrique dans la zone perturbée sont convenables. Cela se produit si le potentiel de l'électrode devient supérieur au potentiel de bande plate pour le type *n* (photooxydation) et inférieur à ce potentiel pour le type *p* (photoréduction). Ceci fait que le potentiel de repos d'un semi-conducteur, sous une illumination suffisante, doit être sensiblement égal à son potentiel de bande plate (Figure 8). Ceci a été vérifié pour de nombreux semi-conducteurs (31) et confirme le modèle de Gerischer. Les photopotentiels, $\Delta\epsilon_{photo}$ sont donc au maximum égaux, sous forte illumination, à la différence entre le niveau redox de la solution et le potentiel de bande plate du semi-conducteur et ne peuvent dépasser cette valeur

$$\Delta\epsilon_{photo} = (E_F)_{redox} - (E_F)_{bp} = \epsilon_{redox} - \epsilon_{bp}$$

Sous illumination, dans un semi-conducteur de type *n* les photo-trous apparaissent au niveau $E_{F,p}^*$, ils sont thermodynamiquement capables d'oxyder tous les réducteurs des couples dont le niveau de Fermi est situé au-dessus de leur quasi-niveau. De la même façon, les photoélectrons dans un semi-conducteur de type *p*, apparaissent au niveau $E_{F,n}^*$, ils sont également capables de réduire tous les oxydants dont le niveau de Fermi est situé au-dessous de leur quasi-niveau. Les courbes d'oxydation (type *n*) et de réduction (type *p*) photoassistées sous forte illumination s'élèvent donc à partir de potentiels voisins du potentiel de bande plate (Figure 6). Par contre les courbes de réduction sur semi-conducteur de type *n*, et d'oxydation sur semi-conducteur de type *p*, ne diffèrent pratiquement pas des courbes obtenues dans le noir, puisque ces échanges concernent les porteurs majoritaires dont la densité varie peu avec l'illumination et ne devient importante qu'au voisinage de ϵ_{bp} . L'intensité du photocourant présente un palier dont la hauteur est limitée par la valeur du flux de porteurs minoritaires qui lui-même dépend du flux lumineux et du rendement quantique de conversion. Celui-ci tient compte de tous les facteurs évoqués plus haut qui conditionnent la position des quasi-niveaux. Pour un semi-conducteur de type *n* tel que TiO_2 ce rendement peut atteindre 60 à 80 % (32). Sur la figure 6 a été également tracée la courbe que l'on pourrait obtenir à l'aide d'une électrode métallique à la surface de laquelle la réaction d'oxydoréduction du couple considéré serait rapide (courbe - · - · -). Les gains de potentiel, $\Delta\epsilon_{photo}$, apparaissent clairement sur cette figure. Ces gains permettent d'imaginer des dispositifs conçus comme ceux de la partie 4, pour extraire soit de la puissance électrique soit des espèces chimiques intéressantes.

Pour illustrer ces deux types de convertisseurs nous prendrons comme exemple un semi-conducteur de type *n* car ce sont actuellement, après les travaux de Honda sur TiO_2 , les plus étudiés.

a) Générateurs photogalvaniques autorégénérés

Si on associe une électrode photosensible de type *n*, plongeant dans une solution contenant un couple redox de potentiel ϵ_{redox} , à une contre-électrode à la surface de laquelle la réaction de réduction de l'oxydant du couple est rapide, on réalise un générateur photogalvanique autorégénéré (Figure 9). Dans l'obscurité, les électrodes prennent le même potentiel qui est fixé par la contre-électrode à la valeur ϵ_{redox} . Sous illumination, en court-circuit, le potentiel commun à ces deux électrodes devient plus négatif grâce à l'effet photogalvanique et prend la valeur ϵ_{cc} pour laquelle le courant d'oxydation photoinduit et le courant de réduction sont égaux. Dans cette situation le quasi-niveau de Fermi des trous est situé au-dessous du potentiel redox du couple puisqu'il y a débit. Si on oppose une force contre-électromotrice au générateur, les deux électrodes prennent des potentiels distincts tandis que le courant décroît (Figure 9d). A l'équilibre, pour un courant nul, l'électrode semi-conductrice prend le potentiel $(\epsilon_e)_{eq} = \epsilon_{bp}$ et la contre-électrode le potentiel $(\epsilon_e)_{eq} = \epsilon_{redox}$; le quasi-niveau des trous est alors aligné avec le niveau de Fermi du couple.

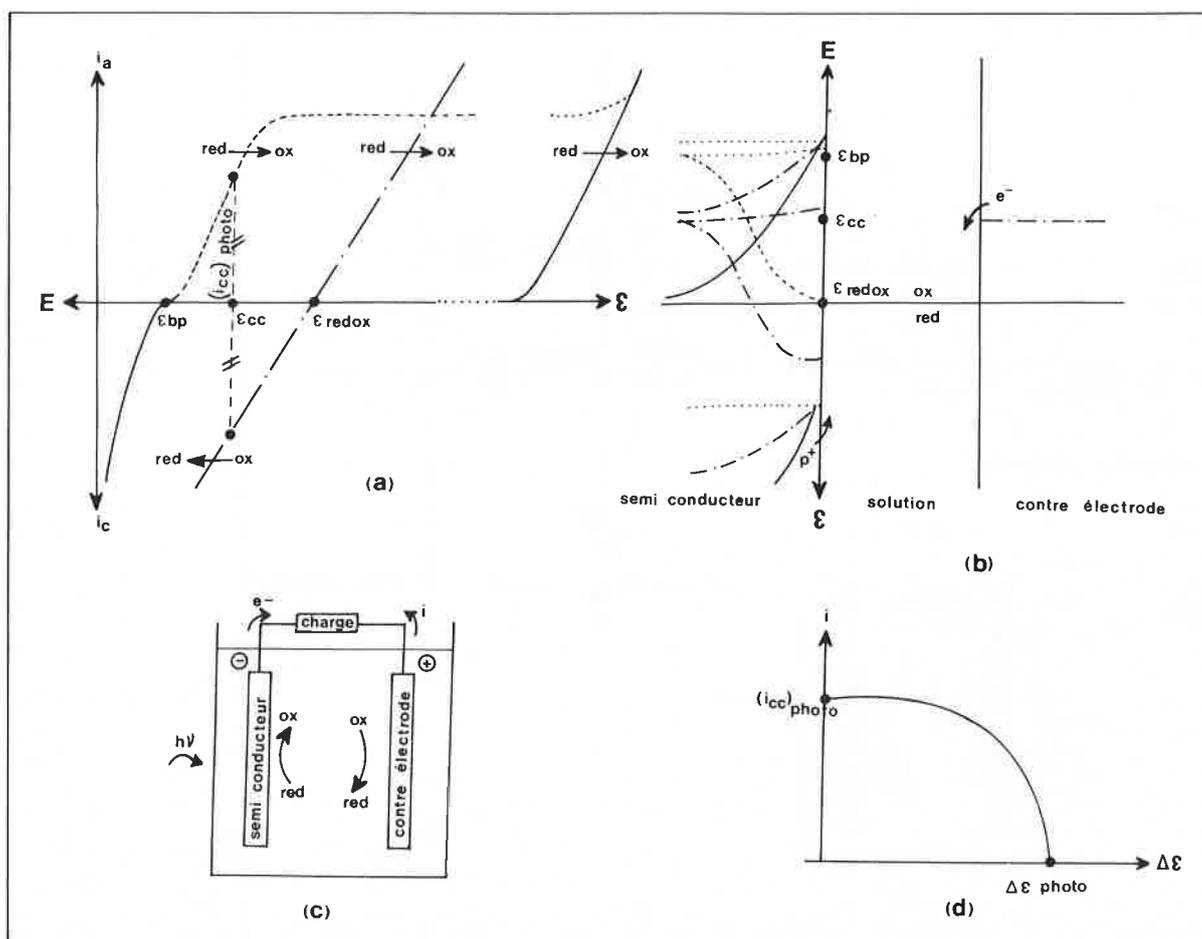


Figure 9. Cellule photogalvanique autorégénérée (semi-conducteur de type n) : a) courbes voltampérométriques (les symboles sont les mêmes que dans la figure 6, b) diagrammes énergétique électronique : — court-circuit dans l'obscurité, - - - court-circuit sous illumination, équilibre sous illumination, c) schéma du convertisseur, d) caractéristique courant-tension.

Dans cette pile, la quantité d'oxydant fabriquée à l'anode est exactement égale à la quantité réduite à la cathode et le bilan chimique est nul ; aucune espèce n'est consommée, l'énergie des photons est, en partie au moins, convertie en énergie électrique.

De telles cellules ont été d'abord proposées, simultanément par différents laboratoires, pour le dioxyde de titane et le couple O_2/OH^- (32-36). Le rendement global de conversion de l'énergie solaire, de par la largeur relativement importante de la bande interdite de TiO_2 (3 eV \sim 4000 Å) qui ne permet d'utiliser qu'environ 3 % du spectre solaire, est relativement faible ($< 1\%$). D'autres convertisseurs de ce type ont été proposés depuis, mettant en jeu des semi-conducteurs de type n à bandes plus étroites, tels que CdS, CdSe, CdTe, AsGa, GaP, InP, Bi_2S_3 et Si (8, 36-58) ou des semi-conducteurs de type p (61). Pour ces semi-conducteurs à bande étroite, mieux adaptés que TiO_2 au spectre solaire, se pose le problème de la dégradation chimique en fonctionnement sous l'action des photons. Ceci a conduit à remplacer le couple O_2/OH^- par des systèmes redox plus réducteurs, donc plus avides de trous qui préviennent l'action corrosive de ceux-ci sur le matériau semi-conducteur. Le problème crucial de la photocorrosion de ces semi-conducteurs à bande étroite, pour lesquels les électrons excitables sont des électrons de liaison ce qui entraîne le bris de celles-ci lors de la photoexcitation et l'amorce d'une corrosion, est actuellement très étudié (8, 17, 26, 27, 36-62) et de grands progrès dans la compréhension du mécanisme de cette corrosion sont actuellement enregistrés. Les stabilisants les plus efficaces semblent être les polysulfures, polyséléniures et polytellurures (36-38, 40-58). A l'heure actuelle, les meilleurs résultats ont été obtenus, semble-t-il, par Heller (40) à l'aide d'une électrode d'arséniure de gallium et du système Se^{2-}/Se_4^{2-} comme stabilisant. Cet auteur annonce un taux de conversion de 9 % de l'énergie solaire ce qui peut se comparer à ceux obtenus à l'aide de dispositifs photovoltaïques (7).

Tributsch (63-65), pour essayer de tourner cette difficulté liée à la photocorrosion des matériaux photosensibles, a proposé récemment l'utilisation de chalcogénures de métaux de transition ($MoSe_2$, MoS_2) pour lesquels la phototransition est du type $d \rightarrow d$ qui ne met pas en jeu d'électrons de liaison.

Une autre solution consiste à sensibiliser les semi-conducteurs stables à large bande interdite, tels que TiO_2 , par des colorants adsorbés à leur surface à l'aide de mécanismes de transfert analogues à ceux mis en jeu par la sensibilisation des émulsions photographiques. Les travaux dans ce domaine ont fait l'objet d'une mise au point récente (19). Selon Gerischer (8) les faibles rendements quantiques obtenus par cette méthode sont attribuables à la trop faible absorption de la lumière par la monocouche adsorbée de colorant. Des articles originaux très récents (66-73) montrent que l'activité des recherches est vive dans ce domaine des colorants où l'on rejoint les dispositifs présentés dans la partie 4. Certains dispositifs permettent l'électrolyse photoassistée de l'eau, donc l'obtention d'hydrogène (67-69).

b) Électrolyse photoassistée

La photoélectrolyse mettant nécessairement en jeu deux systèmes redox, nous prendrons pour illustrer ce mode de conversion un exemple concret, celui de l'eau, et d'un dispositif comportant une électrode semi-conductrice de type n .

L'eau peut jouer le rôle d'oxydant (H_2O/H_2) ou de réducteur (O_2/OH^-), les deux systèmes redox étant distants de 1,23 V. Si l'on associe une électrode semi-conductrice de type n , choisie pour avoir un potentiel de bande plate plus négatif que le système H_2O/H_2 , à une électrode de platine, la photoélectrolyse de l'eau est possible. La

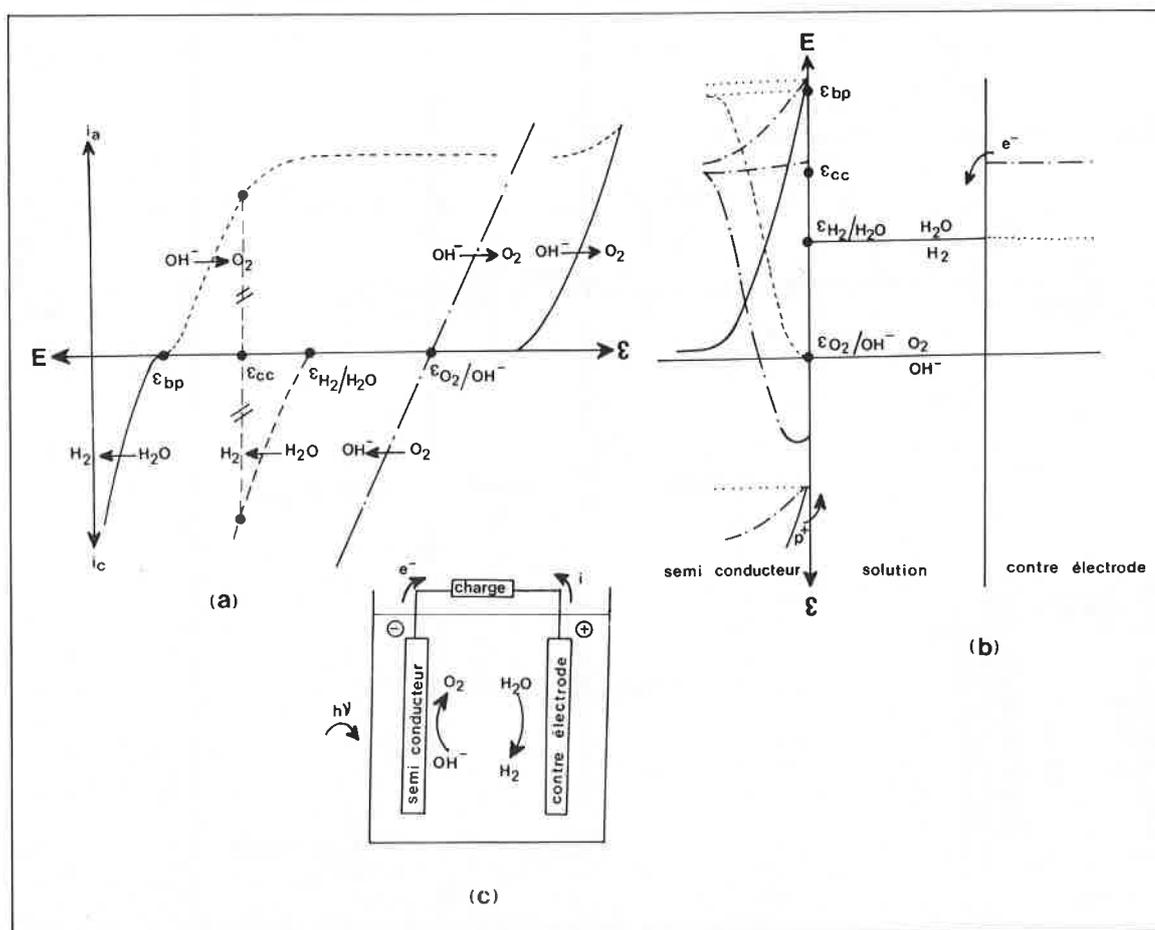


Figure 10. Cellule d'électrolyse photoassistée de l'eau (semi-conducteur de type n)

a) courbe voltampérométrique (les symboles sont les mêmes que dans les figures 6 et 9) exceptée la courbe ---- qui correspond à la réduction de l'eau en hydrogène, b) diagrammes énergétique électronique : — court-circuit dans l'obscurité, - - - - court-circuit sous illumination, ---- équilibre sous illumination, c) schéma de principe de la cellule de photoélectrolyse.

figure 10 représente le faisceau de courbes voltampérométriques correspondant à cette situation (a) et le diagramme énergétique associé (b). L'hydrogène présente une légère surtension de dégagement sur l'électrode semi-conductrice (pour alléger la figure nous l'avons exagérée).

En court-circuit dans l'obscurité les deux électrodes prennent le même potentiel qui est situé entre les potentiels d'apparition de l'oxygène et de l'hydrogène, et dont la valeur dépend de la concentration de ces deux espèces dans la solution. Si l'eau est aérée ce potentiel est proche du niveau O_2/OH^- (Figure 10b). Sous forte illumination, et en court-circuit, le potentiel commun de ces deux électrodes ϵ_{cc} prend une valeur comprise entre le potentiel d'équilibre dans le noir et le potentiel de bande plate du semi-conducteur (ϵ_{bp}). Comme celui-ci est au-dessus du niveau H_2/H_2O , le potentiel de court-circuit peut lui aussi être plus négatif que ϵ_{H_2/H_2O} et l'électrolyse devient possible. A l'anode il y a oxydation de l'eau en oxygène par les photo-trous et à la cathode dégagement d'hydrogène. Si la résistance du circuit extérieur augmente les potentiels des deux électrodes divergent et à l'équilibre sous illumination, l'anode prend le potentiel ($\epsilon_{a,eq} = \epsilon_{bp}$) et la cathode le potentiel ($\epsilon_{c,eq} = \epsilon_{H_2/H_2O}$). En court-circuit, le quasi-niveau de Fermi des trous, comme dans l'exemple précédent, est situé au-dessus du niveau O_2/OH^- , à l'équilibre il est aligné avec lui. Pour augmenter le courant de photoélectrolyse on peut polariser positivement l'anode et négativement la cathode, qui prennent alors des potentiels ϵ_a et ϵ_c (Figure 11a, b et c), le système n'est plus spontané mais forcé et les polarités des électrodes s'inversent.

La photoélectrolyse de l'eau est la première application qui ait été proposée pour l'effet photogalvanique sur TiO_2 par Honda (13-15).

Le potentiel de bande plate de ce semi-conducteur n'est cependant pas assez négatif [$\epsilon_{bp} \sim 0,2$ V. ENH à pH 0 (74-77)] pour autoriser un rendement élevé en hydrogène (32-78), une polarisation électrique doit de ce fait être appliquée à la cellule pour aider l'électrolyse. La situation correspondante est voisine de celle qui est représentée sur les figures 11a, b et c.

Comme les oxydes de métaux valves, à large bande interdite, semblent les seuls qui soient stables dans l'eau sous illumination, d'autres oxydes ont été étudiés (31, 79-81 et références citées dans ces articles). D'après ces études, il semble apparaître que plus la bande interdite devient étroite, plus le potentiel de bande plate s'abaisse dans le diagramme (28, 81) ce qui nécessite alors une polarisation d'appoint plus importante et enlève de l'intérêt à la photoélectrolyse de l'eau.

Le succès dans ce domaine passe par la découverte d'un matériau qui échappe à cette tendance. Des résultats préliminaires encourageants ont été obtenus sur des électrodes de TiO_2 enrichies en métaux de transitions (82-84).

Dans le but de déplacer la courbe de réduction de l'eau vers la droite afin d'obtenir une configuration rendant possible la photoélectrolyse spontanée (Figure 10a), certains auteurs ont proposé de coupler l'électrode de type n avec une contre-électrode de type p illuminée à la surface de laquelle la réduction de l'eau est facilitée (59, 85-88, 92, 99). Une autre solution consiste à polariser chimiquement les électrodes en utilisant une cellule à deux compartiments, l'un alcalin pour l'électrode de type n , l'autre acide pour la contre-électrode, séparés par un poreux. La spontanéité du fonctionnement est obtenue au détriment de la consommation de l'acide et de la base dont il faut tenir compte dans le bilan énergétique (89-91).

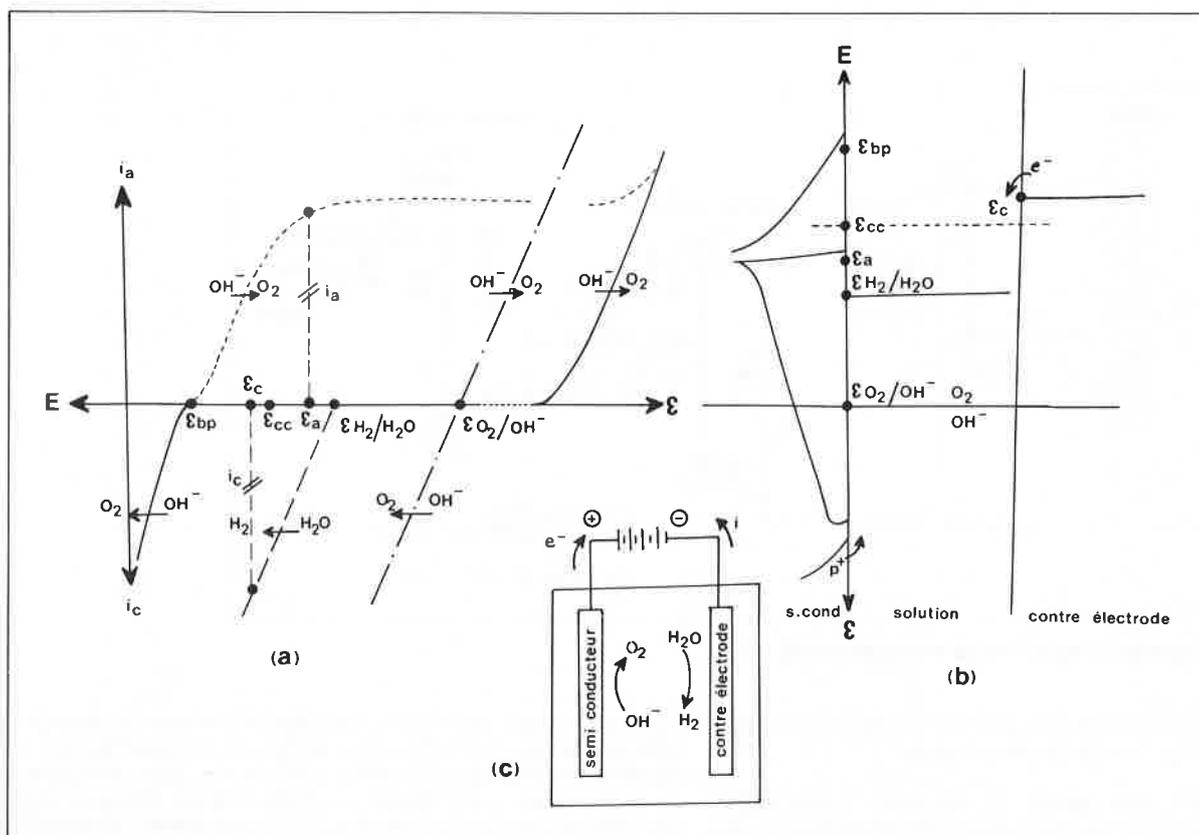


Figure 11. Cellule d'électrolyse photoassistée de l'eau avec polarisation anodique à l'anode et cathodique à la cathode.

c) Avantages présentés par les cellules photogalvaniques à électrodes semi-conductrices

En dépit des contraintes technologiques qu'impose la présence d'une phase liquide, ces dispositifs générateurs de courants ou d'espèces chimiques présentent quelques avantages potentiels par rapport aux dispositifs photovoltaïques auxquels on est amené à les comparer.

- 1) Formation spontanée de la couche de charges d'espace, dans laquelle règne le champ redresseur du semi-conducteur, par simple contact avec une solution électrolytique appropriée, sans élaboration délicate et coûteuse d'homo ou d'hétérojonction solide-solide et avec de moindres chances de recombinaison et piégeage des charges photoinduites.
- 2) Possibilité d'utiliser des matériaux semi-conducteurs polycristallins bon marché.
- 3) Possibilité d'utiliser des solutions électrolytiques transparentes aux radiations excitatrices alors que la couche superficielle illuminée d'une jonction solide absorbe nécessairement une partie de celles-ci.
- 4) Possibilité de stockage direct de l'énergie lumineuse en énergie chimique par la production d'espèces chimiques.
- 5) Possibilité de combiner des semi-conducteurs de bandes interdites différentes pour une meilleure utilisation du spectre solaire.

Ce dernier point n'est un avantage que si on évite les contacts solide-solide (cf. 1) afin de conserver leur avantage de rusticité à ces dispositifs. Les essais de recouvrement de semi-conducteurs à bande étroite par des matériaux à large bande (pour éviter leur corrosion) ne semblent du reste pas concluants (92, 93). Pour ce qui est du recouvrement par un mince dépôt métallique, cela paraît conduire soit à l'introduction en série dans le circuit d'une diode de Schottky, soit à un simple ralentissement de la corrosion du semi-conducteur (29, 94-98).

d) Photoélectrosynthèse et photoélectrocatalyse

La photoélectrosynthèse et la photoélectrocatalyse sont des formes d'utilisation voisine de l'électrolyse photoassistée. En se référant au diagramme énergétique électronique de la cellule de photoélectrolyse en court-circuit sous illumination (Figure 10b), on constate que les trous provenant de la bande de valence servent à oxyder une espèce en solution (en l'absence de photocorrosion) et que les électrons de la bande de conduction, après transit par le circuit extérieur, servent à réduire un oxydant à la surface de la contre-électrode. Il est facile d'imaginer qu'à la surface d'un grain de semi-conducteur immergé dans la solution et soumis à une illumination, si les conditions d'absorption des photons et des courbures de bande sont satisfaisantes, on disposera de la même façon des deux types de porteur de charges ayant des énergies et des réactivités différentes. Il y aura formation à la surface du semi-conducteur de micropiles, certains points de la surface jouant le rôle d'anode et d'autres points, voisins des premiers, le rôle de cathode. Ceci est analogue au processus de la corrosion des métaux. Deux réactions d'échanges antagonistes peuvent ainsi se développer simultanément à la surface du semi-conducteur illuminé, donnant lieu, selon que le bilan réactionnel sera endo ou exoergonique, soit à des mélanges, thermodynamiquement instables, riches en énergie (H_2 et O_2 par exemple), il s'agit alors de photoélectrosynthèse, soit à des mélanges stables, il s'agit alors de photoélectrocatalyse. Dans ce dernier cas le semi-conducteur ne joue qu'un rôle de catalyseur, il ne favorise la réaction que d'un point de vue cinétique.

Ces deux modes de conversion recouvrent le domaine plus ancien de la photocatalyse, avec lequel la distinction n'a pas toujours été bien faite, mais l'éclaire d'un jour nouveau. Un certain nombre de revues lui a été consacré (9, 100-103). Des publications récentes sur l'oxydation des cyanures et des sulfites dans les eaux (104-106), de l'éthane en acétate (107), d'alcools en aldéhydes (108-109) et sur la réduction de sel de palladium (110), de cuivre (80), de l'oxygène (111) ou d'autres oxydants (112) illustrent les possibilités de la photoélectrosynthèse pour la production d'espèces chimiques intéressantes ou l'élimination de rejets polluants. C'est une direction pleine de promesses, un

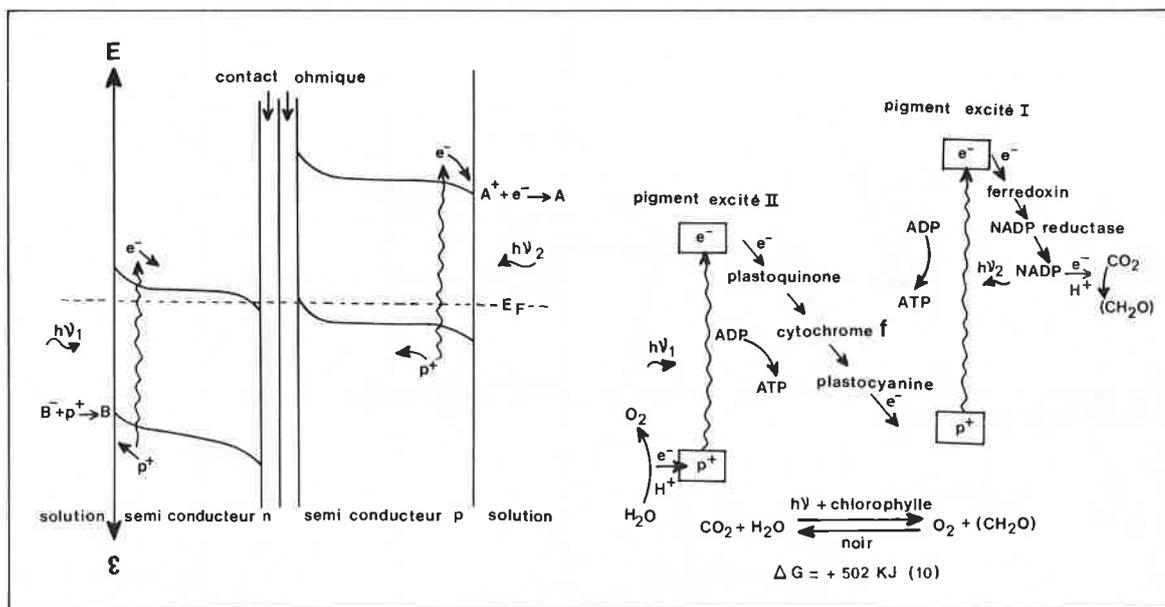


Figure 12. Diodes photochimiques et photosynthèse (60, 113).

peu négligée jusqu'alors, sans doute à cause de l'intérêt plus immédiat des autres applications de la photoélectrochimie.

Dans cette optique il faut signaler les dispositifs proposés par Nozik (60, 113) et baptisés par lui « diodes photochimiques ». Ces dispositifs sont constitués par deux électrodes accolées et en contact électrique sur toute leur surface interne, que l'on abandonne sous illumination dans la solution à traiter. L'ensemble est, là encore, équivalent à une cellule de photoélectrolyse en court-circuit. Deux types de photodiodes sont proposés, le premier du type Schottky (une électrode semi-conductrice accolée à une électrode métallique), le second du type hetero ou homojonction *pn*. Dans ce dernier cas la

figure 12a montre que l'apport énergétique lumineux dans les deux semi-conducteurs s'ajoute et que, du fait de la recombinaison des porteurs majoritaires à l'interface solide-solide, deux photons sont alors nécessaires pour obtenir une paire électron-trou potentiellement très riche en énergie. Mis à part leurs possibilités en photoélectrosynthèse, encore qu'ils imposent la réalisation de contacts solide-solide, ces dispositifs sont intéressants car ils rappellent, comme le souligne Nozik (60), le mécanisme de la photosynthèse (Figure 12b). On rejoint là une des préoccupations majeures des photochimistes (114-117) : celle de parvenir à réaliser *in vitro* des mécanismes rappelant le processus naturel de la photosynthèse.

6. Conclusion et bibliographie

Pour conclure, disons qu'il est prématuré de porter un jugement sur ce nouveau mode de conversion de l'énergie lumineuse. C'est sans aucun doute une direction de recherche passionnante et très riche en promesses, qui a déjà donné des résultats encourageants dans un laps de temps très court (trois ans) et qui connaît une croissance qui ne montre encore aucun signe d'essoufflement, bien au contraire.

Néanmoins il convient de préciser qu'aucun dispositif photogalvanique n'a encore été commercialisé, ni même fabriqué à l'échelon industriel. Énormément de travail en profondeur reste à faire, après cette phase récente de défrichage, avant qu'il soit possible de réaliser des cellules photogalvaniques de fiabilité et performances comparables à celles des cellules photovoltaïques.

Bibliographie

- (1) J.R. Bolton, *J. Solid State Chem.*, 1977, **22**, 3.
- (2) H. Gerischer, « Semiconductor Electrode Reactions » in « Advances in Electrochemistry and Electrochemical Engineering », P. Delavay Ed., Vol. 1, Interscience Pub. N.Y. 1961.
- (3) H. Gerischer, « Semiconductor Electrochemistry » in « Physical Chemistry, An Advanced Treatise », H. Eyring, D. Henderson et W. Jost, Acad. Press. N.Y., 1970, vol. IX A.
- (4) « The Electrochemistry of Semiconductors », P.J. Holmes Editor, Acad. Press., 1962.
- (5) V.A. Myamlin et Y.V. Pleskov, « Electrochemistry of Semiconductors », Plenum Press., 1967.
- (6) B.J. Brinkworth, « Solar Energy for Man », Compton Press. Ltd, 1972.
- (7) Y. Marfaing, *L'actualité chimique*, 1978, **1**, 7.
- (8) H. Gerischer, *J. Electroanal. Chem.*, 1975, **58**, 263.

- (9) M.D. Archer, *J. Appl. Electrochem.*, 1975, **5**, 17.
- (10) C. Porter et M.D. Archer, *Interdisc. Sci. Rev.*, 1976, **1**, 119.
- (11) M.S. Wrighton, P.T. Wolczanski et A.B. Ellis, *J. Solid. State Chem.*, 1977, **22**, 17.
- (12) P. Cléchet, J.R. Martin et R. Olier, dans « Solar Energy Conversion and Applications », Éditions du CNRS, 1978, p. 579-602.
- (13) A. Fujishima, K. Honda, S. Kikuchi, *Kogyo Kagaku Zasshi*, 1969, **72** (1), 108.
- (14) A. Fujishima et K. Honda, *Bull. Chem. Soc. Japan*, 1971, **44**, 1148.
- (15) A. Fujishima et K. Honda, *Nature*, 1972, **238**, 37.
- (16) Proceedings of the « First International Conference on Photochemical Conversion and Storage of Solar Energy », London, Ontario, Canada, Août 1976, J.R. Bolton Ed. Acad. Press. N.Y. 1976.
- (17) « Semiconductor Liquid-Junction Solar Cells », Proceedings of Airlie Conference, Virginia, May 1977, A. Heller Ed. The Electrochemical Society, P.O. Box 2071, Princeton N.J. 08540, n° 77-3.
- (18) F. Lohmann, *Z. Naturforsch.*, 1967, **22a**, 813.
- (19) H. Gerischer et F. Willig, « Reactions of Excited Dye molecules at electrodes » in « Topics in Current Chemistry », Springer-Verlag, 1976, vol. 61. « Physical and Chemical Applications of dyestuffs ».
- (20) R. Gomer, *Electrochimica Acta* 1975, **20**, 13.
- (21) D.E. Hall, J.A. Eckert, N.N. Lichtin et P.D. Wildes, *J. Electrochem. Soc.* 1976, **123**, 1705.
- (22) D.E. Hall, W.D.K. Clark, J.A. Eckert, N.N. Lichtin et P.D. Wildes, *Am. Ceramic Soc. Bull.*, 1977, **56**, 408.
- (23) G. Lepoutre et M. de Backer, Colloque Intern. « Energie Solaire » CNRS-CNES, Toulouse 1-5 mars 1976 p. 453.
- (24) P. Capelle, M. de Backer, O. de Witte, G. Feuillade et G. Lepoutre, *C.R. Acad. Sci.*, 1977, **284**, 597.
- (25) E. Becquerel, *C.R. Acad. Sci.*, 1839, **9**, 561.
- (26) H. Gerischer, ref. (17) p. 1.

- (27) H. Gerischer, *J. Electroanal. Chem.*, 1977, **82**, 133.
- (28) J.R. Martin, R. Olier et P. Clechet, *J. Phys.*, 1977, **38 C 5**, 271.
- (29) W.E. Pinson, *Nature*, 1977, **269**, 316.
- (30) D. Laser et A.J. Bard, *J. Electrochem. Soc.*, 1977, **123**, 1828 ; 1833 ; 1837.
- (31) J.M. Bolts et M.S. Wrighton, *J. Phys. Chem.*, 1976, **80**, 2641.
- (32) J.G. Mavroides, D.I. Tchernev, J.A. Kafalas et D.F. Kolesar, *Mat. Res. Bull.* 1975, **10**, 1023.
- (33) P. Clechet, F. Juillet, J.R. Martin et R. Olier, Colloque International sur l'énergie solaire CNRS-CNES, Toulouse 1-5 mars 1976, p. 445. F. Juillet et J.R. Martin, Brevet 75 16-161 du 23 mai 1975.
- (34) D. Laser et A.J. Bard, *J. Electrochem. Soc.*, 1976, **123**, 1027.
- (35) W. Gissler, P.L. Lensi, N.S. Pizzini, *J. App. Electrochem.*, 1976, **6**, 9.
- (36) G. Hodes, J. Manassen, D. Cahen et A. Sofer, *Nature*, 1976, **263**, 97.
- (37) G. Hodes, J. Manassen et D. Cahen, *Nature*, 1976, **261**, 403.
- (38) J. Manassen, G. Hodes et D. Cahen, *J. Electrochem. Soc.*, 1977, **124**, 532.
- (39) H. Gerischer et J. Gobrecht, *Ber. Bunsen. Ges. Phys. Chem.*, 1976, **80**, 327.
- (40) K.C. Chang, A. Heller, B. Schwartz, S. Menezes et D. Miller, *Science*, 1977, **196**, 1097.
- (41) B. Miller et A. Heller, *Nature*, 1976, **262**, 680.
- (42) B. Miller, A. Heller, M. Robbins, S. Menezes, K.C. Chang et J. Thomson Jr. *J. Electrochem. Soc.* 1977, **124**, 1019.
- (43) H. Minoura, M. Tsuïti et T. Oki, *Ber Bunsen. ges. Phys. Chem.*, 1977, **81**, 588.
- (44) H. Minoura, T. Oki et M. Tsuïki, *Chem. letters*, 1976, 1279.
- (45) H. Minoura, T. Nakamura, Y. Ueno et M. Tsuïki, *Chem. letters*, 1977, 913.
- (46) H. Minoura, T. Watanabe, T. Oki et M. Tsuïki, *Jap. J. Appl. Phys.*, 1977, **16**, 865.
- (47) T. Inoue, T. Watanabe, A. Fujishima, K. Honda et K. Kohayakawa, *J. Electrochem. Soc.*, 1977, **124**, 719.
- (48) A.B. Ellis, S.W. Kaiser et M.S. Wrighton, *J. am. chem. Soc.*, 1976, **98**, 1635.
- (49) A.B. Ellis, S.W. Kaiser et M.S. Wrighton, *J. am. chem. Soc.*, 1976, **98**, 6418.
- (50) A.B. Ellis, S.W. Kaiser et M.S. Wrighton, *J. am. chem. Soc.*, 1976, **98**, 6855.
- (51) A.B. Ellis, S.W. Kaiser, J.M. Bolt et M.S. Wrighton, *J. am. chem. Soc.*, 1977, **99**, 2839.
- (52) A.B. Ellis, J.M. Bolts, S.W. Kaiser et M.J. Wrighton, *J. am. chem. Soc.*, 1977, **99**, 2848.
- (53) M.S. Wrighton, A.B. Ellis et S.W. Kaiser, *Adv. Chem. Ser. n° 163 ; J.B. Goodenough et M.S. Wittingham Ed.*, 1977, p. 71.
- (54) K.D. Legg, A.B. Ellis, J.M. Bolts et M.S. Wrighton, *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*, 1977, **74**, 4116.
- (55) J.M. Bolts, A.B. Ellis, K.D. Legg et M.S. Wrighton, *J. am. chem. Soc.*, 1977, **99**, 4826.
- (56) M.S. Wrighton, A.B. Ellis et S.W. Kaiser, ref. (17), p. 66.
- (57) A.B. Ellis, J.M. Bolts et M.S. Wrighton, *J. electrochem. Soc.*, 1977, **124**, 1603.
- (58) P. Chartier, S.S. Fall, M. Faye, M. Cadene et G.W. Cohen-Solal, *C.R. Acad. Sci.*, 1977, **284**, 437.
- (59) A.J. Nozik, *J. Crystal Growth*, 1977, **39**, 200.
- (60) A.J. Nozik, ref (17), p. 272.
- (61) R. Memming, ref (17), p. 38 ou *J. electrochem. Soc.*, 1978, **125**, 117.
- (62) A.J. Bard et M.S. Wrighton, *J. electrochem. Soc.*, 1977, **124**, 1706.
- (63) H. Tributsch, *Ber. Bunsen. Ges. Phys. Chem.*, 1977, **81**, 361 et 1978, **82**, 169.
- (64) H. Tributsch *J. electroanal. Chem.*, 1977, **81**, 97.
- (65) H. Tributsch, *Z. Naturforsch.*, 1977, **32a**, 972.
- (66) W.D.K. Clark et N. Sutin, *J. am. chem. Soc.*, 1977, **99**, 4676.
- (67) C. Creutz et N. Sutin, *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*, 1975, **72**, 2858.
- (68) M.T. Spitler et M. Calvin, *J. chem. Phys.*, 1977, **66**, 4294.
- (69) S.O. Kobayashi, N. Furuta et O. Simamura, *Chem. letters*, 1976, 503.
- (70) H. Tsubomura, M. Matsumura, Y. Nomura et T. Amamiya, *Nature*, 1976, **261**, 402.
- (71) A. Fujishima, T. Iwase, T. Watanabe et K. Honda, *J. am. chem. Soc.*, 1976, **97**, 4134.
- (72) K.H. Hauffe, *Phot. Sci. Engng.*, 1976, **20**, 124.
- (73) J. Halldanarson, K. Hauffe et J. Range, *Phot. Sci. Engng.*, 1976, **20**, 251.
- (74) E.C. Dutoit, F. Cardon et W.P. Gomes, *Ber. Bunsen. Ges. Phys. Chem.*, 1976, **80**, 475.
- (75) P. Clechet, F. Juillet, J.R. Martin et R. Olier, *J. Chim. Phys.*, 1976, **73**, 396.
- (76) T. Watanabe, A. Fujishima et K. Honda, *Chem. letters*, 1974, 897.
- (77) J.L. Desplat, *J. Appl. Phys.*, 1976, **47**, 5102.
- (78) M.S. Wrighton, D.S. Ginley, P.T. Wolczanski, A.B. Ellis, D.L. Morse et A. Linz, *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*, 1975, **72**, 1518.
- (79) P. Clechet, F. Juillet, J.R. Martin et R. Olier, *C.R. Acad. Sci.*, 1976, **282**, 887.
- (80) W.S. Wrighton, P.T. Wolczanski et A.B. Ellis, *J. Solid. State Chem.*, 1977, **22**, 17.
- (81) H.H. Kung, H.S. Jarret, A.W. Sleight et A. Ferretti, *J. appl. Phys.*, 1977, **48**, 2463.
- (82) A.K. Ghosh et H.P. Maruska, *J. electrochem. Soc.*, 1977, **124**, 1516.
- (83) P. Clechet, J.R. Martin, C. Martelet et R. Olier, résultats non publiés.
- (84) J. Augustynski, J. Hinden et C. Stalder, *J. Electrochem. Soc.*, 1977, **124**, 1063.
- (85) H. Yoneyama, H. Sakamoto et H. Tamura, *Electrochim. Acta*, 1975, **20**, 341.
- (86) K. Ohashi, J. McCann et J.O'M Bockris, *Nature*, 1977, **266**, 610.
- (87) A.J. Nozik, *App. Phys. letters*, 1976, **29**, 150.
- (88) A. Bourasse et G. Horowitz, *J. Phys.*, 1977, **38**, 291.
- (89) A. Fujishima, K. Kohayakawa et K. Honda, *Bull. Chem. Soc. Japan*, 1975, **48**, 1041.
- (90) A. Fujishima, K. Kohayakawa et K. Honda, *J. electrochem. Soc.*, 1975, **122**, 1487.
- (91) A. Fujishima, K. Kohayakawa et K. Honda, *J. electrochem. Soc.*, 1976, **123**, 842.
- (92) M. Tomkiewicz et J.M. Woodal, *J. electrochem. Soc.*, 1977, **124**, 1436 ;
- (93) P.A. Kohl, S.N. Frank et A.J. Bard, *J. electrochem. Soc.*, 1977, **124**, 225.
- (94) Y. Nakato, T. Ohnishi et H. Tsubomura, *Chem. letters*, 1975, 883.
- (95) T. Ohnishi, Y. Nakato et H. Tsubomura, *Ber. Bunsen. Ges. Phys. Chem.*, 1975, **79**, 523.
- (96) Y. Nakato, S. Tonomura et H. Tsubomura, *Ber., Bunsen, Ges. Phys. Chem.*, 1976, **80**, 1289.
- (97) R.H. Wilson, L.A. Harris et M.E. Gerstner, *J. electrochem. Soc.*, 1977, **124**, 1233.
- (98) L.A. Harris, M.E. Gerstner et R.H. Wilson, *J. electrochem. Soc.*, 1977, **124**, 1511.
- (99) M. Tomkiewicz et J.M. Woodall, *Science*, 1977, **196**, 990.
- (100) K. Hauffe, *Rev. Pure appl. Chem.*, 1968, **18**, 79.
- (101) T. Freund et W.P. Gomes, *Catalysis Rev.*, 1969, **3**, 1.
- (102) S.R. Morrison, *Prog. Surface Science*, 1972, **1**, 105.
- (103) S.R. Morrison, « The Chemical Physics of Surfaces » Plenum Press, 1977.
- (104) S.N. Frank et A.J. Bard, *J. am. chem. Soc.*, 1977, **99**, 303.
- (105) S.N. Frank et A.J. Bard, *J. Phys. Chem.*, 1977, **81**, 1484.
- (106) S.N. Frank et A.J. Bard, *J. am. chem. Soc.*, 1977, **99**, 4667.
- (107) B. Kraeutler et A.J. Bard, *J. am. chem. Soc.*, 1977, **99**, 7731.
- (108) M. Miyake, H. Yoneyama et H. Tamura, *Chem. letters*, 1976, 635.
- (109) M. Miyake, H. Yoneyama et H. Tamura, *Electrochimica Acta*, 1977, **23**, 319.
- (110) F. Möllers, H.J. Tolle et R. Memming, *J. electrochem. Soc.*, 1974, **121**, 1160.
- (111) P. Clechet, R. Olier et J.R. Martin, sous presse.
- (112) M. Miyake, H. Yoneyama et H. Tamura, *Bull. Chem. Soc. Japan*, 1977, **50**, 1492.
- (113) A.J. Nozik, *Appl. Phys. Letters*, 1977, **30**, 567.
- (114) H. Tributsch et M. Calvin, *Photochem. Photobiol.*, 1971, **14**, 95.
- (115) H. Tributsch, *Photochem. Photobiol.*, 1972, **16**, 261.
- (116) M. Calvin, *Photochem. Photobiol.*, 1976, **23**, 425.
- (117) M. Calvin, *American Scientist*, 1976, **64**, 270.

Calorimétrie de combustion à volume constant dans l'oxygène (1^{re} partie)

par Michel Ducros * et Henri Tachoire **

(* École Nationale Supérieure de Techniques Avancées, Groupe combustion et thermochimie, 32, bd Victor, 75015 Paris et ** Université de Provence, Laboratoire de thermochimie, place Victor-Hugo, 13331 Marseille Cedex 3)



M. Ducros



H. Tachoire

I. Introduction

Dès les origines de la thermochimie, les réactions de combustion ont retenu l'attention des physico-chimistes. Au 18^e siècle, Lavoisier étudia des combustions dans l'air, plus tard, Favre et Silberman perfectionnèrent les méthodes. On admet cependant que la calorimétrie de combustion à volume constant est née avec les travaux de Berthelot à la fin du siècle dernier. La technique atteint alors un tel degré de perfection qu'un grand nombre de valeurs numériques obtenues à cette époque restent toujours valables. Comme le dit Swietoslowski, « il est presque certain qu'en imaginant la bombe calorimétrique, Berthelot lui-même ne se rendait pas compte de la précision extraordinaire que cet appareil permettait d'atteindre ». Pendant plusieurs années, la chaleur de combustion resta la seule grandeur thermochimique sûre dont disposaient les physiciens et les chimistes.

En effet, comme toutes les techniques calorimétriques, la calorimétrie de combustion se développe de façon considérable dès la seconde moitié du siècle dernier. On pensait, à cette époque, que la force motrice d'un processus naturel, thermodynamiquement spontané, était directement liée à son aptitude à libérer de la chaleur. Cet engouement, qui fut à l'origine de bien des techniques modernes, disparut lorsque Gibbs montra que le critère de spontanéité était lié au sens de la variation de l'enthalpie libre $G = H - TS$ des systèmes. Au début du siècle, l'introduction du troisième principe de la thermodynamique et la mise au point de méthodes de mesure des capacités calorifiques à basse température permirent la détermination des entropies. Ce résultat, et la proposition faite par Pauling de voir dans la chaleur de formation d'une molécule à partir de ses atomes une mesure de l'énergie des liaisons interatomiques, furent à l'origine du renouveau des techniques calorimétriques et de la calorimétrie de combustion en particulier.

Le domaine d'application de cette dernière technique concerne, à la fois, la recherche appliquée et la recherche fondamentale. Suivant l'état physique de la substance étudiée, on emploie soit la calorimétrie de flamme pour les substances gazeuses ou volatiles soit la calorimétrie en bombe pour les substances solides ou liquides. Dans

II. Appareillage

Les ouvrages de physique et de chimie générale décrivent l'appareillage du calorimètre type Berthelot ; nous ne rappellerons ici que la partie technologique indispensable à la suite de l'exposé.

La réaction s'effectue dans une bombe métallique étanche sous pression d'oxygène de 20 à 30 atmosphères. Le couvercle supporte divers accessoires tels que les robinets pointeaux destinés à l'introduction et à l'évacuation des gaz, le support d'échantillon et les électrodes d'allumage.

La bombe, généralement en acier inoxydable, peut-être doublée de platine. Pour une détermination, elle est placée dans un seau calorimétrique contenant une masse constante et connue d'eau dont la température est donnée par un système thermométrique adapté. Certains auteurs ont préconisé de substituer à l'eau un liquide organique ou de placer la bombe dans une enceinte où règne une pression d'environ 10^{-4} torr.

Un agitateur permet d'uniformiser la température du liquide calorimétrique. Enfin, le seau est fermé par un couvercle métallique destiné à réduire l'évaporation pendant la détermination. Cet ensemble constitue le système calorimétrique dont l'évolution thermique sera mesurée avec précision.

Le seau calorimétrique contenant la bombe est placé dans une enceinte remplie d'eau et protégée thermiquement. Là encore, un agitateur rend uniforme la température. En vue d'opérer dans des conditions définies et reproductibles, le seau et l'enceinte externe sont équipés d'un système de chauffage électrique.

A quelques détails près, cet appareil correspond à celui utilisé par Berthelot à la fin du siècle dernier et se trouve mondialement répandu dans les laboratoires de contrôle et de recherche.

On utilise également, en calorimétrie du combustion, des appareils « adiabatiques » dans lesquels la différence de température entre le système calorimétrique et l'enceinte externe est amenée à une valeur minimale (de l'ordre de 10^{-3} °C). Il s'ensuit que les échanges thermiques entre les deux enceintes sont pratiquement annulés ; corrélativement, le traitement des données expérimentales se trouve simplifié. En contre partie, il est indispensable, afin d'éviter des erreurs importantes, de vérifier fréquemment que la réaction s'effectue bien dans des conditions adiabatiques. Cette servitude a pour conséquence de limiter la diffusion de ce type d'appareil.

A l'heure actuelle, les applications de l'électronique à la mesure et au contrôle de la température, à l'étalonnage électrique, à l'acquisition et au traitement des données permettent d'automatiser les déterminations calorimétriques.

La reproductibilité est une des qualités que doit présenter un calorimètre. La présence d'eau dans le seau constitue évidemment un obstacle à l'obtention d'une bonne reproductibilité, celle-ci se trouve limitée par la précision des pesées et les phénomènes d'évaporation ou de condensation. Par ailleurs, le dispositif d'agitation doit être efficace mais ne doit pas créer un débit thermique excessif. L'élévation de température parasite ne doit pas excéder quelques dix millièmes de degré par minute.

Les recherches en vue d'éviter ces difficultés ont conduit des auteurs (1, 2, 3, 4) à réaliser un calorimètre où la bombe est suspendue dans une enceinte étanche dans laquelle est maintenue une pression de 10^{-4} torr. Les échanges d'énergie entre la bombe et le milieu environnant sont, dans ces conditions, réduits au minimum et le système thermométrique mesure directement la variation de température du corps de la bombe. Certaines difficultés technologiques et le fait que la précision atteinte soit encore la moitié de celle des

les deux cas, le comburant est le plus souvent l'oxygène ou le fluor. On considérera dans ce qui suit uniquement la calorimétrie de combustion à volume constant dans l'oxygène. Les techniques de combustion à pression constante ou dans les halogènes, le fluor par exemple, feraient séparément l'objet de présentations équivalentes.

appareils conventionnels à enceinte externe isotherme ont gêné la diffusion de ce type de calorimètre.

C'est par une solution tout à fait différente que Hajiev (5) a évité les inconvénients liés à la présence d'eau dans le seau calorimétrique. La bombe est placée dans deux demi-coquilles creuses en cuivre remplies de tétrachlorure de carbone. La faible capacité calorifique de ce dernier permet soit de mesurer des variations de température plus grandes soit de réduire la masse de l'échantillon à étudier. Là encore, des difficultés technologiques ont empêché la diffusion de l'appareil bien que l'auteur ait obtenu des résultats satisfaisants.

Nous verrons, ultérieurement, quelles limitations dans l'emploi du calorimètre conventionnel à bombe ont conduit les chercheurs (6, 7, 8) à la mise au point du calorimètre à bombe rotative.

En ce qui concerne la mesure de la température, on utilise, le plus souvent, les thermomètres à résistance de platine (25 ohms à 0 °C) associés à un pont de Wheatstone modifié, pont de Mueller (9) ou de Smith (10).

Méthodes de micro et semi-micromesures

Malgré le développement des techniques modernes de préparation et de purification, les méthodes de micro ou semi-micromesure présentent parfois un très grand intérêt. En effet, il est encore difficile de synthétiser certaines substances en quantités relativement importantes avec un degré de pureté élevé.

La calorimétrie de combustion étant l'une des méthodes de base de l'étude énergétique des molécules, de nombreux chercheurs se sont intéressés à la mise au point de techniques utilisant des masses d'échantillon de quelques milligrammes. En comparaison, les techniques de macro-mesures exigent habituellement des prélèvements de l'ordre du gramme.

Dès 1923, Padoa et Foresti (11, 12) ont adapté une bombe de 9 cm³ de volume au calorimètre à glace de Bunsen ; la masse des échantillons brûlés variait entre 30 et 60 mg ce qui entraînait un dégagement de chaleur de l'ordre de 800 joules. L'emploi du calorimètre à glace évite toute mesure thermométrique mais contraint d'opérer à zéro degré Celsius. Les auteurs estiment que l'erreur effectuant les résultats est inférieure à 0,7 %. L'appareil de Padoa et Foresti représente certainement l'un des plus petits appareils de ce type réalisés (diamètre intérieur 15,5 mm, hauteur 50 mm).

L'appareillage développé, à la même époque, par Roth, Ginsberg et Lasse (13, 14) exigeait des échantillons de 100 à 200 milligrammes ; leur combustion avait lieu dans une bombe de 21 cm³. Le calorimètre était un appareil à enceinte externe isotherme : l'élévation de température du système calorimétrique était repérée à l'aide d'un « micro-thermomètre » Beckmann. Les auteurs estimaient à 0,8 % l'incertitude des résultats expérimentaux.

Plus récemment, Mc Evan et Anderson (15) ont adapté une bombe de 14 cm³ de volume intérieur à un calorimètre adiabatique de type Richards (16). Les difficultés liées à l'obtention d'une combustion complète (échantillons de masse voisine de 20 mg) ont été résolues par la construction d'un creuset de forme spéciale. Ce creuset, réalisé à partir d'une feuille de platine de 0,1 mm d'épaisseur, était surmonté d'un déflecteur de même matériau. La faible capacité calorifique de ce déflecteur permettait d'atteindre une température très élevée pendant la combustion. En son absence, on observait un dépôt de carbone dans la partie supérieure de la bombe. La combustion des échantil-

lons était donc incomplète et aucun bilan thermochimique correct ne pouvait être réalisé. Les auteurs estimaient à 0,2 % la précision de leurs résultats.

Les travaux de Ponomarev et Alekseeva (17) et de Mackle et O'Hare (4) sont fondés sur l'emploi de calorimètres anéroïdes (masses d'échantillons d'une dizaine de milligrammes). Également de type anéroïde l'instrument construit par Quitzsch, Schaffernicht et Geiseler (18) permet de mesurer l'énergie de combustion d'échantillons de 40 à 70 mg. La chambre de combustion du calorimètre de Ponomarev et Alekseeva est sphérique ; son volume n'excède pas 8 cm³ pour un diamètre de 25 mm. Cet appareil est rotatif ; il se trouve donc adapté à l'étude de substances contenant des éléments autres que le carbone, l'hydrogène, l'oxygène et l'azote. Le détecteur, constitué par une résistance de platine, est placé au sein d'un bloc métallique entourant la chambre de combustion. Ce bloc contient également la résistance permettant de réaliser l'étalonnage électrique du système calorimétrique. Les auteurs ont vérifié que ce mode d'étalonnage n'introduit pas d'erreurs systématiques en s'assurant que la réponse du détecteur a la même allure dans le cas d'une combustion et d'un étalonnage électrique. La reproductibilité des résultats atteint 0,2 %.

L'instrument anéroïde de Mackle et O'Hare, dont un schéma est donné (Figure 1), possède une capacité calorifique très faible, 100 cal °C⁻¹ environ, alors que celle de l'appareil décrit précédemment est voisine de la capacité calorifique des calorimètres classiques.

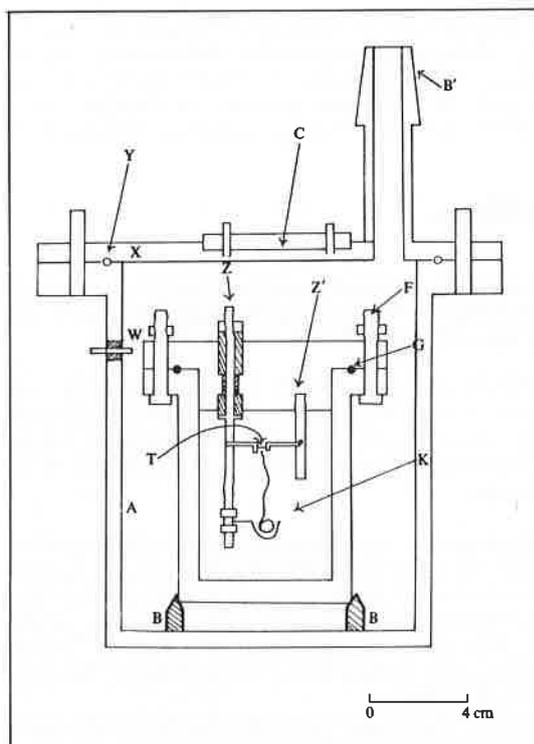


Figure 2. Bombe calorimétrique de Parker et collaborateurs (19) : A, jaquette métallique. B, support de la bombe. F, écrou de fixation du couvercle de la bombe. K, creuset porte-échantillon. G et Y, joints toriques. T, fil d'allumage. Z et Z', électrodes.

Le calorimètre de Müller et Schuller (20) est également du type anéroïde : c'est un appareil différentiel équipé de deux chambres de combustion de 40 cm³. Les détecteurs, constitués par deux thermistances de coefficients de température très voisins, sont reliés à un pont de résistance. L'incertitude liée à la mesure de l'énergie de combustion d'échantillons de 50 à 200 µg est de l'ordre de 0,7 %.

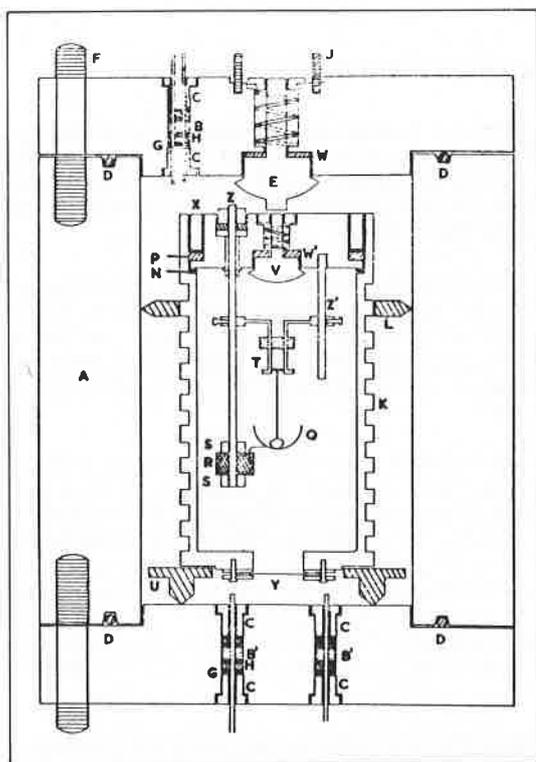
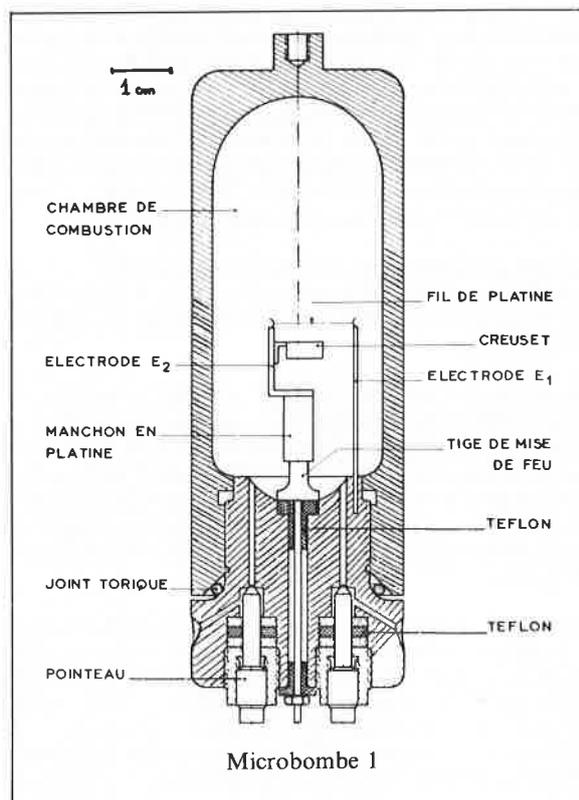


Figure 1. Bombe de Mackle et O'Hare (4) : K, corps de la bombe, emplacement de la résistance thermométrique. A, jaquette métallique. D, joint torique. Z et Z', électrodes. Q, creuset porte-échantillon. L et U, supports isolants. V et E, valves.

L'élévation de température est mesurée, avec une grande précision, à l'aide d'un thermomètre à résistance de cuivre bobinée autour de la paroi extérieure de la bombe. Etalonné par combustion d'un échantillon d'acide benzoïque certifié, l'appareil permet d'obtenir une précision de 0,05 %. Mettant en œuvre des principes semblables, la méthode de mesure développée par Quitzsch et ses collaborateurs et celle, plus récente, de Parker et ses collaborateurs (19) conduit à une précision identique (Figure 2).



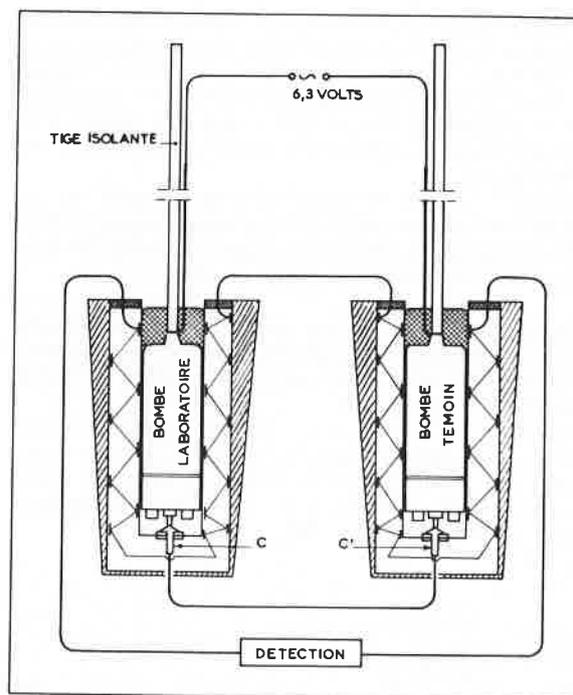
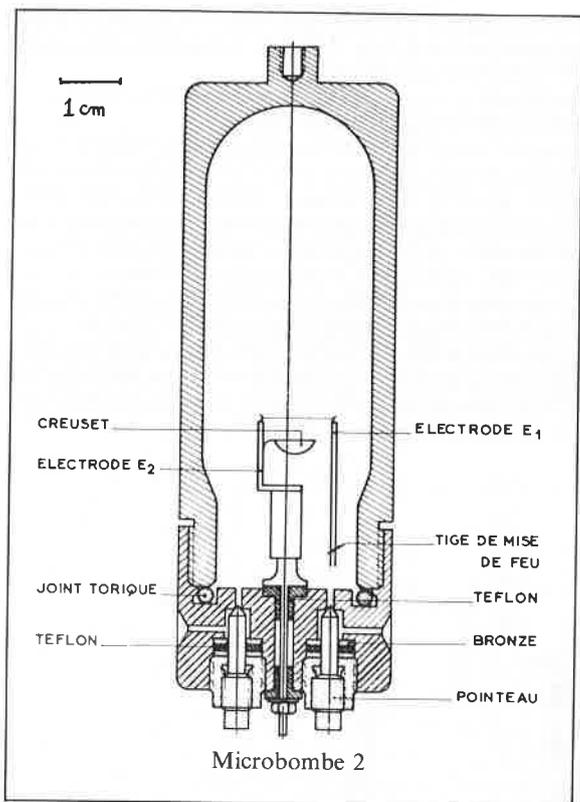


Figure 3b. Circuit de mise de feu. Montage différentiel des éléments calorimétriques.

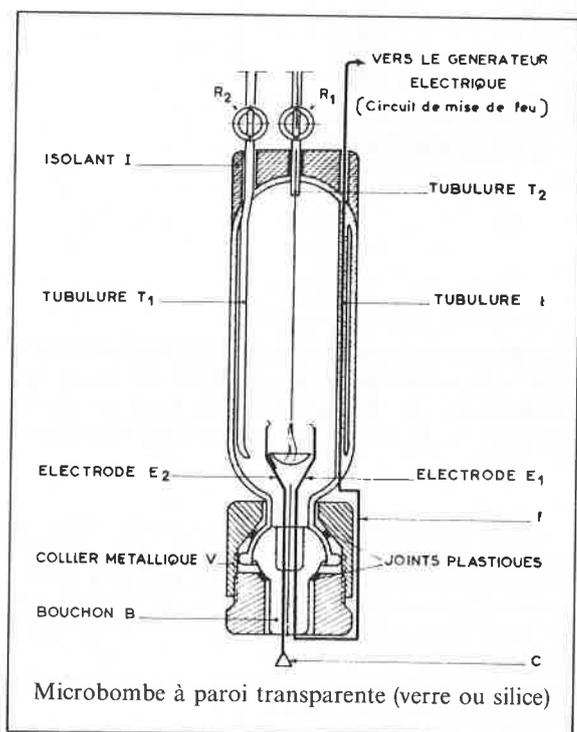


Figure 3a. Microbombes utilisées (21, 22) dans le calorimètre Tian-Calvet.

Deux techniques de micromesure, dont l'une très récemment développée, utilisent des calorimètres commercialisés.

L'adaptation par Calvet et Tachoire (21, 22) d'une microbombe de 40 cm³ au microcalorimètre Calvet permet d'étudier des échantillons de substance solide dont la masse ne dépasse pas quelques milligrammes (23). La combustion complète exige l'utilisation d'un creuset en platine de forme spéciale et de très faible capacité calorifique (Figure 3a).

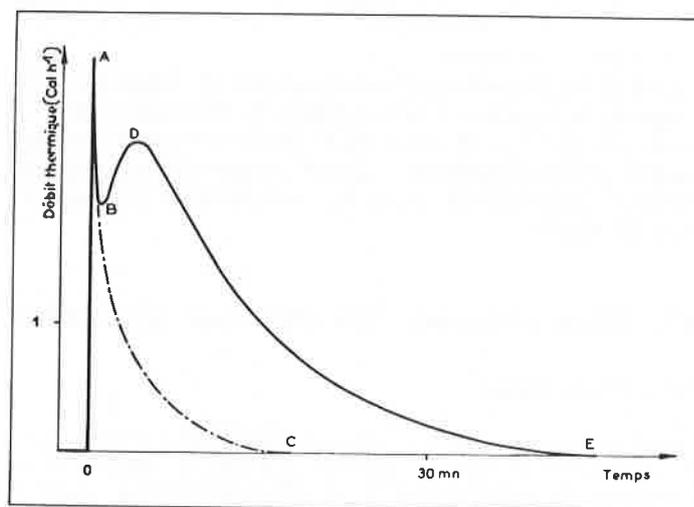
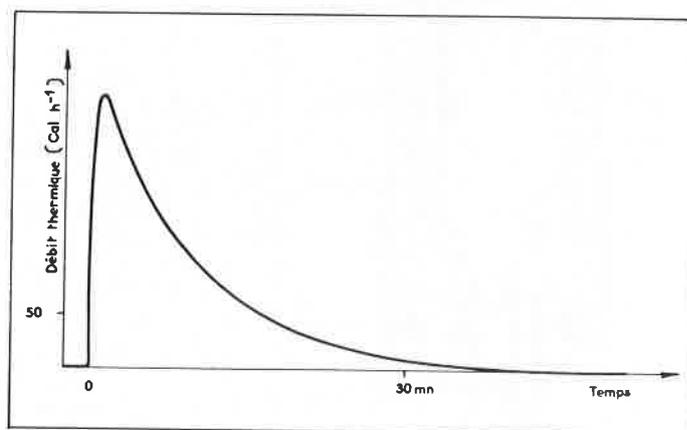


Figure 4. Microbombe Tachoire, Calvet : allure des thermogrammes expérimentaux. a) en haut, microbombe 2 b) en bas microbombe à paroi transparente : combustion de Zr dans O₂.

L'emploi de ce creuset permet de réaliser les combustions sous des pressions d'oxygène très voisines de la pression de référence. De plus, un montage différentiel (Figure 3b), utilisant deux microbombes identiques, permet l'élimination de certaines corrections habituellement nécessaires (énergie de mise de feu). L'appareil, équipé d'un dispositif d'enregistrement automatique de données, fournit une précision voisine de 0,3 %.

Il doit être étalonné à l'aide de l'acide benzoïque certifié car un étalonnage électrique entraîne une erreur systématique importante, l'équivalent énergétique étant, dans ce cas, différent. Les figures 4a et 4b représentent l'allure des thermogrammes obtenus.

L'adaptation d'une microbombe à paroi transparente au calorimètre Tian-Calvet permet de mesurer l'énergie lumineuse liée aux combustions (21, 22) (Figure 4b) : cette énergie est immédiatement reçue par la pile thermoélectrique détectrice.

Si la technique développée par Calvet et Tachoire a été souvent utilisée (études de substances d'intérêt biologique, de compositions pyrotechniques,...) sa précision (0,3 %) n'est pas suffisante dans certains cas particuliers ; l'emploi d'un calorimètre à jaquette isotherme paraît alors nécessaire.

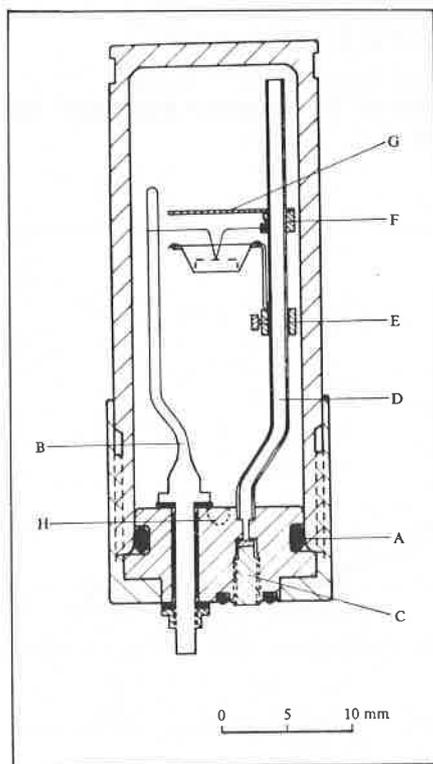


Figure 5. Bombe microcalorimétrique de M. Månsson (24). Coupe de la bombe : A, joint torique. B, électrode isolée. C, écrou « de masse ». D, électrode de masse (arrivée du comburant). E, support mobile du creuset. F, support du couvercle du creuset. G, couvercle du creuset. H, cavité destinée à contenir de l'eau (20 mm³).

La plus récente technique de micromesure est due à Månsson (24) qui a adapté au calorimètre LKB, type 8700, une bombe de combustion dont le volume interne est de 4,5 cm³.

La figure 5 représente la coupe verticale de l'appareil et la figure 6 l'ensemble microbombe-récepteur calorimétrique.

On peut remarquer, sur la figure 6, la présence d'un manchon en verre mince (A) qui permet d'isoler la bombe de son environnement immédiat. Ainsi, pour la thermistance détectrice (C), les effets thermiques dus aux étalonnages et aux réactions de combustion sont reçus de façon identique ; cela élimine tout risque d'erreur systématique. Le rapport des équivalents énergétiques déterminés par la combustion d'une substance de référence (échantillon certifié d'acide benzoïque) et par étalonnage électrique n'excède pas 1,0002.

La masse d'échantillon brûlé, de l'ordre d'une dizaine de milligrammes, a nécessité, là encore, la mise au point d'un creuset spécial pour éviter les dépôts de carbone lors de la combustion. La reproductibilité des mesures se situe aux environs de 0,02 %.

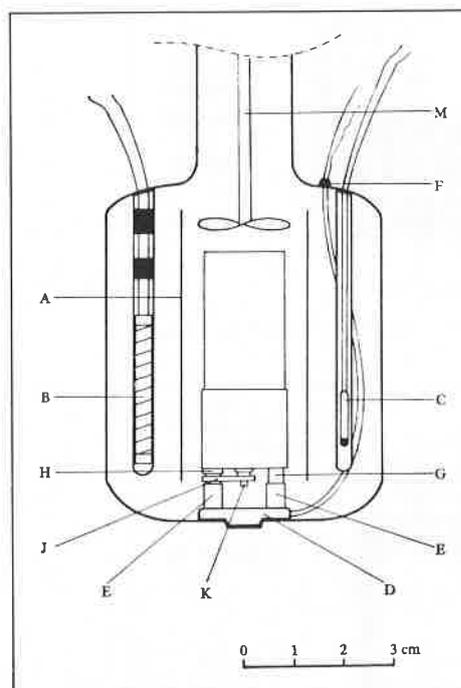


Figure 6. Bombe microcalorimétrique de M. Månsson (24). Coupe du vase calorimétrique : A, cylindre en verre. B, résistance d'étalonnage. C, thermistance. D, fond en résine époxy. M, agitateur. E, G, H, I, J, K, connexions et supports divers.

La mise en œuvre d'une technique de micromesure exige la résolution de nombreux problèmes liés à l'obtention de combustions complètes (pour un échantillon de 10 mg, la présence d'un microgramme de suie entraîne une erreur systématique qui peut excéder 0,01 %), à la non-combustion d'une partie de la masse de substance volatilisée avant la réaction, aux pesées...

Il est donc indispensable de contrôler l'exactitude des résultats à l'aide d'une substance de référence. (cf. Ch. 4.2).

III. Bilan chimique des réactions de combustion

III.1. État initial

L'étude thermochimique d'un processus implique la connaissance des états initial et final du système considéré ; il importe donc d'étudier d'abord la définition physico-chimique de l'état initial.

Lorsque l'échantillon est solide, le prélèvement est toujours mis sous forme de pastille avant son introduction dans la bombe. Ce conditionnement a pour objet d'éviter les projections de particules dans l'enceinte de la bombe lors de sa mise sous pression. Par

ailleurs, la manipulation d'un solide de forme géométrique définie est plus aisée.

Ce conditionnement est sans inconvénient pour la combustion de composés thermiquement stables ou donnant naissance à des produits de pyrolyse facilement combustibles. Ce n'est pas le cas pour la combustion de molécules se décomposant thermiquement en donnant naissance à des produits réfractaires. Ainsi, dans le cas de certains composés organiques du bore, on retrouve souvent dans la

coupelle, après combustion, le « squelette » de la pastille sous forme d'une masse gris-noir, spongieuse et dure dont le spectre de rayons X met en évidence la présence de carbure et de nitrure de bore.

En vue d'interpréter ces observations, on peut supposer que la combustion d'une pastille commençant par la surface, le cœur se trouve rapidement porté à une température élevée propice à une pyrolyse qui se produirait ainsi avant la combustion proprement dite.

Des combustions complètes sont obtenues lorsque l'échantillon est brûlé sous forme pulvérulente. Mais, afin d'éviter les risques de dispersion, on utilise la technique du sachet de polymère mise en œuvre pour l'étude des échantillons liquides. Il convient cependant de noter que, dans ces conditions, la combustion s'accompagne souvent d'une explosion.

En ce qui concerne les échantillons liquides, on considère d'une part ceux dont la tension de vapeur est élevée (par exemple, $t_{\text{éb}, 760} = 130^\circ\text{C}$), d'autre part ceux dont la tension de vapeur est faible. Pour ces derniers, la technique de combustion ne présente que peu de difficultés, le prélèvement pouvant être placé dans une coupelle de forme appropriée.

Lorsque l'échantillon possède une tension de vapeur élevée, il faut absolument veiller à ce qu'aucune volatilisation ne se produise dans la bombe avant la mise de feu car la plus grande partie de la fraction vaporisée échappe, le plus souvent, à la combustion. Par ailleurs, le défaut d'étanchéité du récipient de pesage du prélèvement rend alors impossible la détermination exacte de la masse.

Une solution, qui fut longtemps adoptée pour ce type de liquides, consiste à introduire la substance dans une ampoule en verre fusible qui est ensuite scellée (25, 26, 27, 28, 29). L'allumage est assuré de façon classique par un fil de platine enroulé autour de l'ampoule. Cette technique présente divers inconvénients :

- la fermeture de l'ampoule risque de provoquer une altération du prélèvement si une fraction de celui-ci s'est déposée à proximité du point de scellement,
- l'explosion qui survient généralement lors de la mise de feu entraîne la volatilisation d'une partie de l'échantillon. En conséquence, les risques de combustion incomplète sont assez élevés,
- le verre fondu peut éventuellement retenir quelques produits intermédiaires de combustion.

Pour éviter ces difficultés, deux solutions ont été proposées. La première consiste à enfermer le prélèvement dans un sachet soudé, réalisé à partir d'une feuille de polyéthylène ou de polyester (30, 31). Dans la deuxième solution, les auteurs (32, 33) utilisent une coupelle en platine dont le couvercle s'ouvre automatiquement à l'allumage.

Les capsules étanches apportent une solution à la manipulation des réactifs auto-inflammables dans l'oxygène ou hygroscopiques.

La combustion des substances explosives présente fréquemment des difficultés considérables. En effet, les combustions explosives conduisent presque toujours à la destruction des accessoires de la bombe (électrodes, coupelles) et à la formation de résidus imbrûlés. Ces inconvénients peuvent être évités en dispersant ou en solubilisant le prélèvement dans une quantité connue, mais souvent importante, de substance auxiliaire (esters, cétones...) (34, 35). Il en résulte que l'énergie intéressante, celle correspondant à la combustion de l'échantillon, ne représente parfois que 30 % de l'énergie totale mesurée.

III.2. État final

Si l'on veut obtenir des valeurs numériques fiables et en déduire des enthalpies de formation exactes, l'analyse précise des produits de combustion et la connaissance de leur état physique se révèlent aussi importantes que la mesure de la quantité de chaleur mise en jeu.

Lors de la combustion d'un composé organique contenant du carbone, de l'hydrogène, de l'oxygène et de l'azote, l'état final est

chimiquement et thermodynamiquement bien défini. Les produits formés sont du dioxyde de carbone gazeux, de l'eau liquide, de l'azote moléculaire ainsi qu'un peu d'acide nitrique en solution. La fraction de gaz dissout dans la phase liquide et l'eau vaporisée dans le volume de la bombe feront l'objet d'un développement ultérieur.

Le dosage du dioxyde de carbone dans les gaz après réaction permet de mettre en évidence les combustions incomplètes à condition de connaître la composition élémentaire de l'échantillon. La technique de dosage la plus couramment utilisée est celle développée par Rossini (36) ; elle est fondée sur une détermination gravimétrique après absorption sur l'ascarite (amiante sodée). Pour des composés inconnus ou de composition incertaine, les combustions incomplètes peuvent être mises en évidence par la détection du monoxyde de carbone.

L'acide nitrique présent dans l'eau de la bombe après combustion est dosé par alcalimétrie et la correction correspondante effectuée lors du calcul calorimétrique.

La détermination de la chaleur de formation du composé étudié repose uniquement sur la connaissance des enthalpies de formation du dioxyde de carbone, de l'eau et de l'acide nitrique. Ces données auxiliaires sont maintenant connues avec une excellente précision (37, 38).

Lors de la combustion d'un dérivé soufré organique, l'état final est moins défini ; la paroi de la bombe est recouverte de gouttelettes dans lesquelles la concentration d'acide sulfurique est variable. De plus, la transformation en acide sulfurique du soufre présent dans l'échantillon n'est pas totale : pour obtenir une transformation quantitative et éviter la présence de dioxyde de soufre, il suffit de ne pas éliminer l'air qui contient la bombe avant son remplissage (les oxydes d'azote formés au cours de la combustion catalysent la transformation $\text{SO}_2 \rightarrow \text{SO}_3$).

Une difficulté d'un autre ordre apparaît lorsque l'un des produits de combustion est solide comme dans le cas des composés organoborés. Après réaction, la paroi de la bombe est tapissée d'une poudre blanche tandis que la partie inférieure contient une solution aqueuse. Il y a alors incertitude quant à la forme cristalline, au degré d'hydratation, au taux de dissolution, parfois même à la nature chimique du solide.

Dans le cas des composés halogénés, l'halogène peut, en fin de combustion, se trouver dans différents états d'oxydation, ce qui rend pratiquement impossible une détermination exacte et précise du bilan thermochimique. Si l'iode se trouve toujours sous forme élémentaire, 80 à 85 % du chlore se transforme en chlorure et 5 à 10 % du brome en bromure (le complément à 100 étant à l'état de corps simple, chlore ou brome). En ce qui concerne le fluor, on le retrouve sous forme de fluorure et de tétrafluorure de carbone selon des proportions variables. Ce point particulier est développé ultérieurement.

Dans le cas des composés organométalliques, les difficultés considérables pour définir l'état final des combustions ont découragé, pendant longtemps, les chercheurs après les premières expériences de Berthelot, en 1899, sur le diméthyl et diéthylmercure. En effet, si la partie organique de la molécule conduit toujours à du dioxyde de carbone et de l'eau, on obtient aussi un mélange très complexe de composés inorganiques du métal.

Ainsi, la combustion, dans une bombe statique, de substances contenant du plomb peut conduire à un mélange de plomb pulvérulent, d'oxydes PbO et PbO_2 , de carbonate PbCO_3 et de nitrate $\text{Pb(NO}_3)_2$, celle de substances phosphorées à un mélange d'acides H_3PO_4 , $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$ et HPO_3 .

Là encore, tout bilan thermochimique correct est impossible. Ces difficultés montrent que l'emploi du calorimètre à bombe classique du type Berthelot comme instrument de précision doit être limité aux composés organiques contenant du carbone, de l'hydrogène, de l'oxygène et de l'azote. Une technique plus récente a permis, en homogénéisant dans le calorimètre lui-même le contenu de la bombe après combustion, de déterminer la chaleur de formation d'une

grande variété de composés organiques et minéraux : c'est la calorimétrie en bombe rotative.

Les pionniers dans le développement du calorimètre à bombe mobile sont Popoff et Schirokich (39) qui décrivent un appareil dans lequel la bombe oscille d'un certain angle avec une période de douze secondes. Des améliorations sont ultérieurement apportées par Sunner (7, 8) à l'Université de Lund. Puis, le Bureau des Mines de Bartlesville et le Laboratoire National Argonne aux États Unis (6, 40) mettent au point un calorimètre dans lequel la bombe subit une rotation autour de deux axes perpendiculaires à l'issue de la combustion (Figures 7 et 8).

On donnera une idée de la qualité des appareils réalisés en indiquant que l'énergie parasite dégagée par la rotation d'une bombe de 3,850 kg pendant une minute est de l'ordre de 1 joule. Une combustion libre dans ce cas environ 30 000 joules.

Du point de vue chimique et thermodynamique, l'état final est correctement défini grâce à l'emploi d'un solvant ou d'un réactif convenablement choisi placé dans la bombe avant sa mise sous pression d'oxygène.

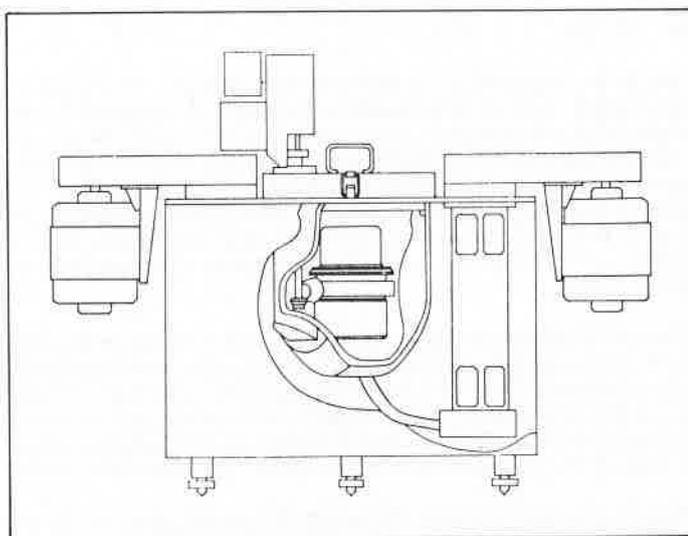


Figure 7. Calorimètre à bombe rotative type Argonne.

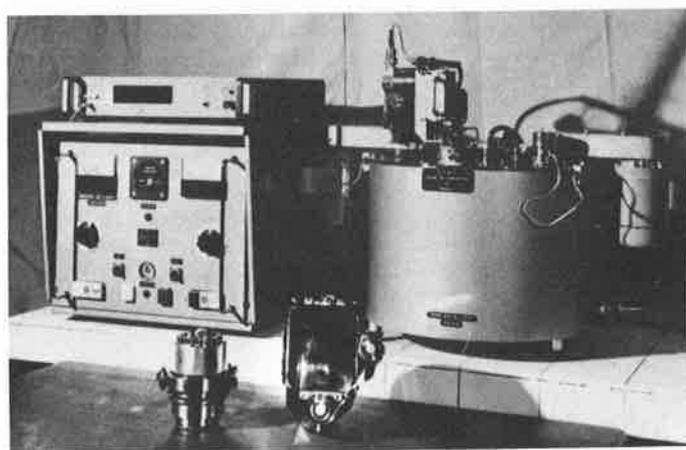


Figure 8. Calorimètre à bombe rotative type Argonne.

Dans le cas des dérivés organiques soufrés, il est possible d'obtenir une solution de concentration uniforme d'acide sulfurique en utilisant l'eau comme solvant. Dans d'autres cas, le mélange aqueux peut contenir un acide ou une base, un oxydant ou un réducteur. La rotation a alors pour but, non seulement d'homogénéiser le contenu de la bombe, mais de mettre en contact les divers réactifs qui conduisent à un état final défini.

Le tableau 1 montre quelques applications de la calorimétrie en bombe rotative (41).

Tableau I. Applications de la calorimétrie en bombe rotative

Composés	Solvant	État final
Composés organiques du soufre.....	H ₂ O	H ₂ SO ₄ , aq.
Composés organiques du chlore.....	H ₂ O/As ₂ O ₃	HCl, aq.
Composés organiques du brome.....	H ₂ O/As ₂ O ₃	HBr, aq.
Composés organiques du fluor.....	H ₂ O	HF, aq. + (CF ₄) g.
Composés organiques du plomb.....	H ₂ O/HNO ₃ /As ₂ O ₃	Pb(NO ₃) ₂ , aq.
Composés organiques du manganèse.....	H ₂ O/HNO ₃ /H ₂ O ₂	Mn(NO ₃) ₂ , aq.
Composés organiques du silicium mélangés avec du trifluorure de benzyle.....	H ₂ O	H ₂ SiF ₆ , aq. + HF, aq.

Dans le cas de composés organochlorés ou bromés, c'est une solution aqueuse réductrice d'anhydride arsénieux qui est placée dans la bombe rotative au cours de son remplissage (20 à 30 cm³ d'une solution 3M). Après rotation de la bombe, à l'issue de la combustion, la phase liquide contient les oxydes As₂O₃ et As₂O₅ ainsi que la totalité de l'halogène sous forme d'halogénure. Cette méthode, déjà utilisée par Berthelot et Matignon, conduisait à une réduction incomplète en bombe statique.

Une solution aqueuse d'anhydride arsénieux et d'acide nitrique est placée dans la bombe rotative lorsqu'on étudie des composés contenant du plomb. L'acide nitrique dissout les composés solides dans lesquels le plomb se trouve au degré d'oxydation + 2 ainsi que le plomb finement divisé produit au cours de la combustion. En présence d'acide nitrique, l'oxyde arsénieux amène au degré d'oxydation + 2 la totalité du plomb qui se trouve à un degré d'oxydation supérieur.

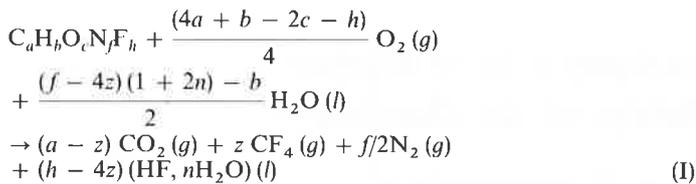
Lorsque la substance à étudier contient du manganèse, une solution d'acide nitrique et d'eau oxygénée amène, là encore, le métal au degré d'oxydation + 2.

Dans chaque cas particulier, il faut de la patience et... de l'intuition pour trouver la composition convenable de la solution qui doit être placée dans la bombe. On conçoit aisément que, dans l'étude des composés métalliques, l'expérimentateur se trouve devant une source importante d'imprécisions : l'ignorance de nombreuses données thermodynamiques intervenant dans le calcul des réductions à l'état de référence (corrections de Washburn, voir 5). Cependant, les résultats sont souvent d'une qualité très satisfaisante bien qu'inférieure à celle obtenue en calorimétrie en bombe statique lors de l'étude des substances solides contenant du carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène où l'incertitude n'excède pas 0,01 %. C'est donc moins la détermination du bilan calorimétrique que celle du bilan chimique qui limite la précision et l'exactitude des mesures. En calorimétrie en bombe rotative, l'incertitude est rarement inférieure à 0,1 %. Les trois exemples suivants donnent une idée de cette incertitude et des difficultés rencontrées.

Substances	- ΔE _c ^o /kcal mol ⁻¹	
	Laboratoire thermochimie Université de Lund	Bureau des mines Bartlesville
soufre	143,18 ± 0,15	142,81 ± 0,15
1-pentanethiol	985,33 ± 0,15	985,05 ± 0,35
thiocyclopentane	775,25 ± 0,10	773,80 ± 0,31

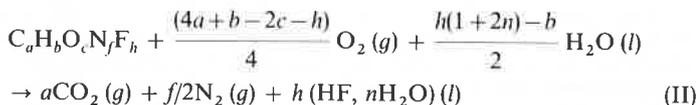
Le second exemple est relatif à l'étude des composés organofluorés. Il a été montré que la combustion d'un composé organique fluoré, de

formule générale $C_aH_bO_cN_fF_h$, s'effectue selon l'équation (I) si le rapport h/b est supérieur à l'unité.



L'équation ci-dessus n'est que théorique car les quantités de CF_4 formées varient d'une expérience à l'autre ; de plus, la quantité d'acide nitrique formée à partir de l'azote contenu dans la molécule ne figure pas dans l'équation.

Si le rapport h/b est inférieur à 1, l'équation théorique de combustion s'écrit



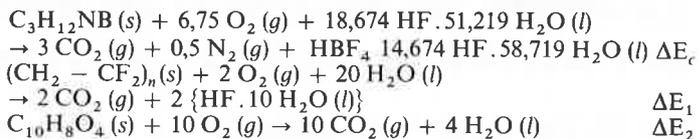
La détermination de la quantité de tétrafluorométhane formée est donc nécessaire mais l'inertie chimique de ce composé rend impossible l'application de toute méthode directe d'analyse chimique. L'analyse par spectrométrie de masse des gaz de combustion (40, 42) n'est pas assez précise. On peut (40) déduire la teneur en CF_4 de la différence entre la quantité de fluor présente dans l'échantillon et la quantité d'ions fluorures dans la solution contenue dans la bombe.

Certains auteurs (42) préfèrent utiliser la différence entre la quantité de carbone présente dans l'échantillon et la quantité de dioxyde de carbone contenue dans les gaz de combustion. Par ailleurs, il est nécessaire de déterminer les quantités de platine dissoute et d'acide nitrique formée par oxydation de l'azote ; dans ce dernier cas, la méthode de Devarda conduit à des résultats satisfaisants.

Le dernier exemple peut être fourni par un travail de Good et ses collaborateurs (43) qui ont déterminé, par calorimétrie de combustion dans l'oxygène, l'énergie de formation du triméthylamine borane (TMAB).

Le prélèvement de TMAB, préalablement mélangé à une quantité connue de fluorure de vinylidène, est placé dans un sachet en polyester. L'ensemble est ensuite mis sous forme de pastille. La phase liquide placée dans la bombe est une solution aqueuse d'acide fluorhydrique.

Les réactions principales, s'effectuant dans la bombe, sont schématisées ci-dessous. Le bore apparaît sous la forme d'une solution aqueuse d'acide fluorborique de composition voisine de $HF_4 \cdot 14,5 HF \cdot 58,5 H_2O$.



Si q_n et q_b représentent les effets thermiques liés, respectivement, à la formation de l'acide nitrique et à la combustion de la mèche d'allumage, la quantité de chaleur Q mesurée est égale à la somme

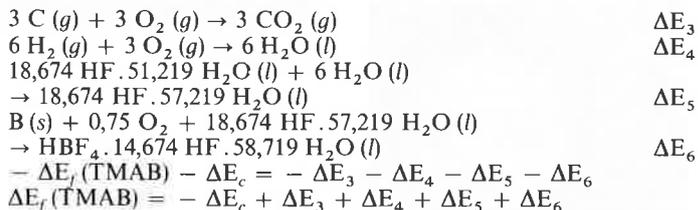
$$Q = -\Delta E_c - \Delta E_1 - \Delta E_2 + q_n + q_b$$

ΔE_c , ΔE_1 et ΔE_2 sont les accroissements d'énergie interne liés aux processus de combustion du TMAB, du fluorure de vinylidène et du polyester.

$$-\Delta E_c = Q + \Delta E_1 + \Delta E_2 - q_n - q_b$$

(ΔE_c , ΔE_1 et ΔE_2 sont des quantités négatives).

Le calcul de l'énergie de formation du TMAB à partir des corps simples, $-\Delta E_f(\text{TMAB})$, nécessite la connaissance des accroissements d'énergie interne ΔE_3 à ΔE_6 correspondant aux transformations suivantes



En raison du nombre élevé des termes correctifs, il n'est pas surprenant de constater que ΔE_c ne représente que 30 % de l'énergie totale mesurée. On voit tout le soin que doit apporter l'expérimentateur pour obtenir une valeur exacte de l'énergie de formation : il ne faut pas oublier qu'en calorimétrie de combustion cette grandeur est presque toujours la différence de deux grands nombres.

La chimie des plasmas et ses applications à la synthèse de l'acétylène à partir des hydrocarbures et du charbon *

par P. Fauchais *, E. Bourdin *, J. Aubreton * et J. Amouroux **

(* Laboratoire de thermodynamique, U.E.R. des Sciences, Université de Limoges, 123, rue A.-Thomas, 87100 Limoges et ** Laboratoire de génie chimique, E.N.S.C.P., 11, rue Pierre-et-Marie-Curie, 75231 Paris Cedex 05)



P. Fauchais



E. Bourdin



J. Aubreton



J. Amouroux

Après avoir situé le développement de la chimie des plasmas dans la conjoncture énergétique actuelle, nous indiquons les perspectives de développement de la chimie de l'acétylène et notamment sa production par plasma. Nous rappelons alors ce qu'est un plasma et quels sont les problèmes posés par la chimie des plasmas tant en phase homogène qu'hétérogène. Puis nous présentons les différents types de réacteurs plasma développés jusqu'à présent notamment au niveau industriel, avant d'étudier la production de l'acétylène par plasma, soit à partir des hydrocarbures, soit à partir du charbon, cette étude étant développée tant sur le plan technologique qu'économique.

I. Introduction

I.1. Le problème énergétique

La diminution rapide des réserves mondiales d'hydrocarbures ou de gaz naturels et l'augmentation considérable de leur prix impliquent une réévaluation complète de leur utilisation respective en tant que source d'énergie. Compte tenu des réserves dont on dispose en énergies diverses (Tableau I) (1), le développement de l'utilisation de

Tableau I. Sources mondiales d'énergie (10^{18} k.joules)

Houille	170
Pétrole	33
Gaz.	10
Uranium (fission)	70
Surrégénérateurs	420 000
Fusion.	10 000 000 000

l'électricité produite soit à partir des combustibles nucléaires, soit à partir des réserves de charbon, semble être une solution logique au problème énergétique à long terme. Ceci est d'autant plus vrai pour la France où actuellement apparaît, sur le plan de la structure de la balance énergétique, un recours très important aux hydrocarbures (164,9 Mtec sur une consommation totale de 258,5 Mtec en 1974) se traduisant par un taux de dépendance énergétique vis-à-vis des énergies importées tout à fait considérable. Ceci est un reflet de la faiblesse des ressources fossiles de la France tant en ce qui concerne le pétrole, qu'en ce qui concerne le charbon dont les gisements sont particulièrement difficiles à exploiter. A long terme l'utilisation croissante de l'électricité, d'origine nucléaire, dans le secteur industriel est indispensable d'une part pour que cette situation de dépendance ne s'aggrave pas davantage dans les prochaines années et d'autre part en raison de la diminution des réserves mondiales d'hydrocarbures et de gaz naturel. Les orientations prises par l'E.G.F. en France sont fort significatives : utilisation de plus en plus grande de combustibles nucléaires et doublement de sa production à l'horizon de 1985 (Figure 1). On peut espérer ainsi, par ce biais, une baisse relative du coût de l'électricité.

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

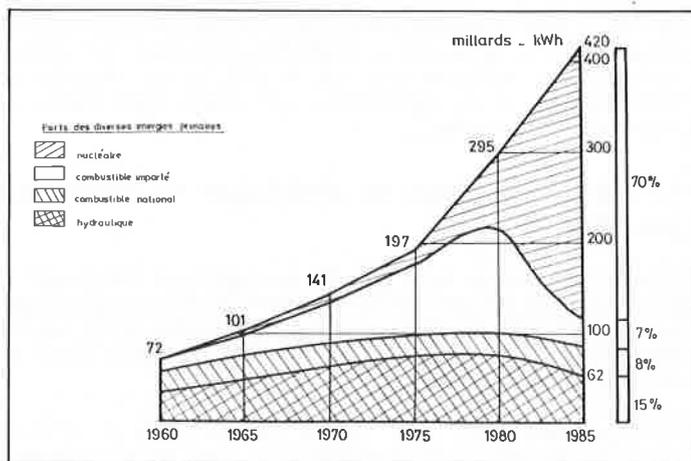


Figure 1. Évolution de la production nationale d'électricité de 1960 à 1985.

Ce nouvel échantillonnage des divers types d'énergie nécessite, naturellement en retour, que de nombreux processus chimiques à hautes températures utilisent des dispositifs de chauffage à énergie électrique. C'est pourquoi les générateurs de plasma à arc électrique présentent un intérêt de plus en plus grand, d'autant qu'ils peuvent être appliqués à une gamme très étendue de processus à hautes températures.

I.2. Le problème de la chimie de l'acétylène

Par ailleurs, jusqu'à présent, les sources mondiales d'énergie et de matières premières carbonées se sont développées à partir du pétrole et du gaz naturel et le sort de la chimie lourde est apparu lié à celui de l'énergie (2).

Comme nous l'avons déjà signalé, au rythme actuel où ils sont consommés, les gisements les plus riches et les plus facilement accessibles seront épuisés avant 30 ans (Tableau II) (2). Dans ces conditions, outre le développement de nouvelles énergies, une distinction entre matières premières à usage énergétique et à usage chimique est-elle en train d'apparaître. Par exemple aux U.S.A. (Figure 2) on prévoit (3) l'augmentation croissante des besoins

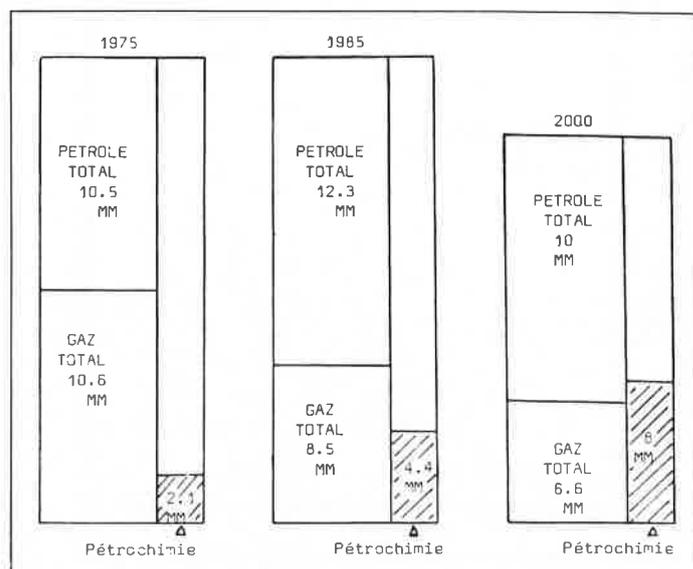


Figure 2. Besoins en hydrocarbures pour la pétrochimie et demande en fuel (USA) par rapport à la production US de gaz naturel et de pétrole brut (en bans/jour d'équivalent de brut).

pétrochimiques pour la chimie lourde, alors qu'au niveau énergétique il pourrait y avoir en partie substitution du nucléaire ou du charbon au pétrole. Reste cependant que cette utilisation par exemple du charbon et des schistes bitumineux est grevée par les conditions d'extraction [par comparaison la tonne de charbon est de 1 \$ en Afrique du Sud contre 20 et 40 \$ en Europe (2, 3, 4)].

Dans cette conjoncture, la dualité acétylène-éthylène peut être à nouveau posée (5). En effet la rapide expansion de l'éthylène (Figure 3) par rapport à l'acétylène a été liée essentiellement à la découverte et à l'exploitation de gisements pétroliers gigantesques alors que dans le même temps, la fabrication de l'acétylène par le procédé au carbure exigeait une main-d'œuvre importante et était pénalisée par l'augmentation très nette du prix du charbon par rapport au pétrole. Ceci se traduisait en France par l'arrêt des grands fours à carbure de RP vers 1965 et simultanément, le développement des vapo-craqueurs et des procédés d'oxychloration de l'éthylène pour la fabrication du chlorure de vinyle.

Tableau II

		Énergies (en milliards de t.e.c.)		Besoins	
		Existantes	Raisonnablement récupérables	1973	2000
Besoins de l'humanité				8,2	30
Énergies fossiles	Charbon	10 000	600	2,7	4
	Pétrole	> 150	> 150	4,2	6
	Gaz	> 75	> 75	1,1	2
	Schistes	50 000	1 000		1
Énergies renouvelables	Géothermique	10 ¹¹ ?	300 (an)	0,001	0,3
	Nucléaire (uranium + thorium)	> 65 000 (an)	> 20 000 (an)	0,08	15,8
Énergies renouvelables	Solaire	150 000 (an)	1 500 (an)		0,5
	Éolienne	3 x 10 ⁸ (an)	10 (an)		
	Thermique des mers	?	80 (an)		
	Marémotrice	4 (an)	0,1 (an)	0,0006	0,001
	Hydraulique	10 (an)	0,3 (an)	0,2	0,4

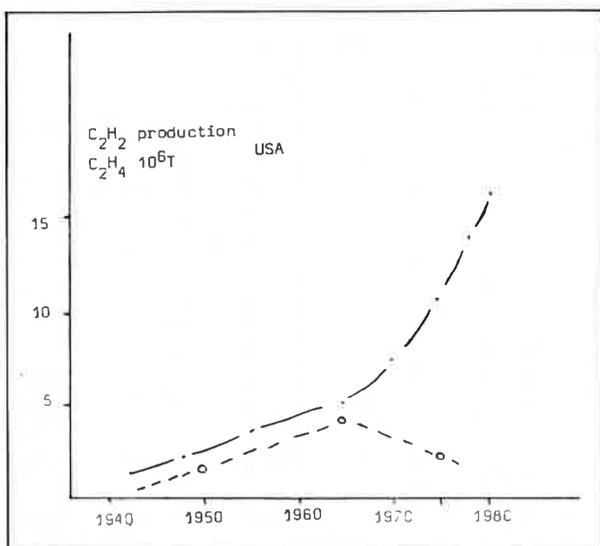


Figure 3.

Dans la nouvelle conjoncture économique de l'énergie, une reprise en considération de la chimie de l'acétylène exige donc une analyse rigoureuse du problème tant sur le plan de ses procédés de fabrication que de ses applications sans omettre bien entendu le point de vue économique.

I.3. Les perspectives de production de l'acétylène par plasma

Comme nous venons de le signaler, la conjoncture énergétique et économique semble particulièrement favorable pour le développement des procédés énergétiques utilisant l'électricité, c'est-à-dire, les fours à plasmas permettant la synthèse de l'acétylène à partir du charbon par exemple.

C'est pourquoi, après avoir rappelé sommairement ce qu'est la chimie des plasmas et décrit les principaux types de fours à plasma opérationnels à une échelle industrielle (entre 1 et 10 MW) nous analyserons les principaux procédés plasmas de synthèse de l'acétylène développés jusqu'à présent tant au niveau de leur fonctionnement que des coûts de production et nous terminerons par les nouveaux développements potentiels dans ce domaine.

II. Généralités sur les plasmas et la chimie des plasmas

Par définition, un plasma est un milieu ionisé constitué de molécules et d'atomes, le plus souvent dans des états excités, d'ions et d'électrons, l'ensemble étant macroscopiquement électriquement neutre. On distingue :

- les plasmas hors équilibre (plasma froid) : le rapport de la température électronique T_e (énergie moyenne des particules légères : les électrons) à la température du gaz T_g (énergie moyenne des particules lourdes) est compris entre 10^1 et 10^2 . Ils sont produits, en général, à des pressions comprises entre 0,1 Torr et la pression atmosphérique, par des décharges hautes fréquences ou microondes (6 à 11). L'avantage principal de ce type de réacteur est la non contamination du plasma par les électrodes mais le rendement total est mauvais, aussi les utilise-t-on essentiellement au laboratoire ou dans le domaine industriel pour obtenir des produits à très forte valeur ajoutée.
- les plasmas quasiment à l'équilibre (plasma thermique) : pour ceux-ci $T_e \sim T_g$; ils sont produits par des chalumeaux fonctionnant la plupart du temps avec un arc électrique soufflé, le gaz étant essentiellement chauffé par effet Joule en courant alternatif ou continu. La stabilisation de l'arc peut être assurée par un champ magnétique (12 à 16), par stabilisation aérodynamique (17 et 18), par paroi liquide (19) ou par les parois (20 à 25). On peut augmenter la puissance dissipée dans les colonnes, soit par des écoulements à arcs transférés pour lesquels l'une des « électrodes » ne sert qu'à créer un canal de guidage et à stabiliser l'arc [en général le pôle positif est transféré à une électrode externe au générateur (26)], soit par des écoulements à arcs superposés où une puissance importante est superposée aux écoulements plasmas de deux ou plusieurs générateurs (27 et 28), cette superposition pouvant d'ailleurs être utilisée en courant alternatif (29 à 31). Ces plasmas sont adaptés à l'élaboration des matériaux non organiques à très hautes températures où au traitement des matériaux solides.

II.1. Aspect énergétique

Nous sommes en présence d'un milieu où suivant le mode de génération utilisé, des électrons peuvent, en valeur moyenne, atteindre des énergies de l'ordre de 10 eV, ou des particules lourdes des températures de $2 \cdot 10^4$ K. C'est-à-dire que les espèces mises en jeu se trouvent dans des états excités qui font que les collisions inélastiques sont prépondérantes permettant à ces espèces de réagir pour former des produits difficiles, sinon impossibles à obtenir par les moyens classiques. On conçoit donc que dans un tel environnement, la chimie des plasmas soit notablement différente de la chimie traditionnelle (32), cette différence étant encore accentuée par les phénomènes de déséquilibre et de relaxation. Les plasmas quasi à l'équilibre produits par arc électrique sont utilisés, entre autres,

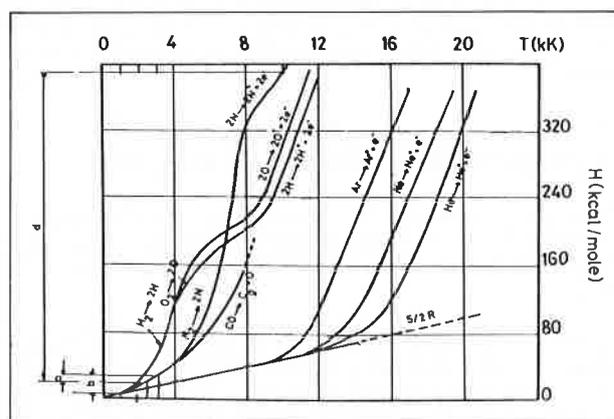


Figure 4. Fonction enthalpie-température.

comme source de convection gazeuse, par transfert électronique et par rayonnement (33 et 34). A ce propos, il faut noter une comparaison intéressante : pour un processus opérant en dessous de 1 kK, une flamme air-fuel ou oxygène-fuel (respectivement à 2 et 3 kK) donnera une grande partie (b, figure 4) de son énergie (c, figure 4), mais pour une réaction ayant lieu à 2,5 kK par exemple, seul 1/6 de l'énergie contenue dans la flamme oxygène-fuel (a, figure 4) sera utilisée. Un jet de plasma d'azote atomique à 10 kK, par contre, fournira pour cette même réaction 90 % de son énergie (d, figure 4).

II.2. Remarques générales

Une étude très poussée des constituants en présence (généralement sous forme d'états excités) doit être entreprise afin de prévoir les réactions auxquelles on peut s'attendre, malheureusement on se heurte à de nombreux obstacles dont la plupart n'ont pas encore été franchis : les conditions expérimentales sont généralement difficiles à définir avec précision, la connaissance des propriétés à haute température des atomes, des molécules et de la plupart des radicaux libres est faible et dans la majorité des cas les données cinétiques et thermodynamiques manquent. De plus, il faut étudier les processus de transfert de l'énergie du plasma vers les réactifs, par convection gazeuse, par collision électronique, atomique et moléculaire et par rayonnement.

Les réactions dépendent de nombreux paramètres et avant d'atteindre un état d'équilibre le système passe souvent par de nombreuses étapes soumises aux phénomènes cinétiques tant physique, pour les

distributions d'énergie sur les différents degrés de liberté, que chimiques pour les réactions proprement dites. Naturellement, ces cinétiques physique et chimique sont intimement couplées ce qui, dans de nombreux cas, ne permet plus d'utiliser les méthodes classiques basées sur une distribution Maxwellienne de l'énergie dans le système. De plus, lorsque les méthodes classiques de la cinétique chimique sont supposées raisonnablement pouvoir être appliquées, l'étude présente de grandes difficultés du fait des grandes vitesses de réaction qui sont elles-mêmes fonction de processus physiques complexes tels que la diffusion, les transferts turbulents et le mélange des composants réactifs au niveau microscopique.

Enfin la trempe des produits obtenus joue un rôle décisif notamment pour les synthèses en phase gazeuse :

- soit lorsqu'il s'agit de faire réagir des espèces excitées ou des atomes présents uniquement à très haute température mais dont les espèces de synthèse obtenues se décomposent très rapidement lors du refroidissement (ainsi par exemple la synthèse des oxydes de l'azote s'effectue tant à haute température que lors de la phase de trempe à partir des atomes d'azote et d'oxygène (35).
- soit lorsque les produits à obtenir se forment à très haute température et se décomposent en général rapidement par réactions secondaires lors de la phase de refroidissement. La trempe a alors pour but d'éviter leur décomposition par le choix d'une cinétique de transfert thermique supérieure à la cinétique des destructeurs. Toutefois dans le cas de l'acétylène (36 à 45) les radicaux C_2H , responsables des dépôts de noir de carbone doivent réagir avec l'hydrogène atomique ou être piégés par de l'azote (formats de HCN) pour éviter l'apparition des mécanismes de formation des séries autocatalytiques.

II.3. Réactions en phase homogène

Les réactions en phase gazeuse sont utilisées lorsque l'état d'équilibre est favorable à haute température. Les vitesses de réactions, dominées par les collisions inélastiques entre les particules sont très rapides. Le calcul de la composition d'un mélange à l'équilibre est presque toujours possible (41, 43, 46 à 57) ; on peut alors obtenir, par exemple pour la synthèse de l'acétylène (41, 43, 46) (Figure 5) la température plasma (3 300 K) et la composition de départ optimales ($C/H_2 = 1$) pour avoir la meilleure conversion possible. Cependant, comme nous l'avons vu dans la plupart des cas, il est nécessaire d'effectuer une trempe. Or, par définition, la trempe implique la mise en jeu des phénomènes hors d'équilibre et, en particulier, la connaissance de

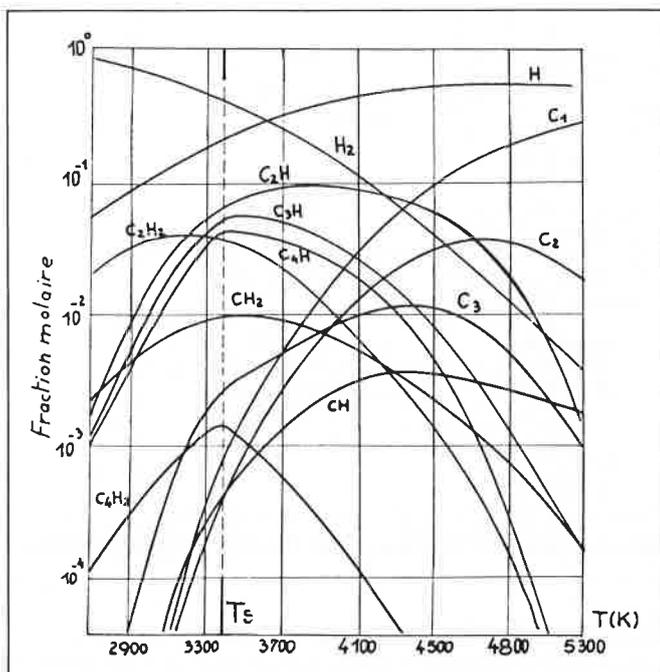


Figure 5. Diagramme d'équilibre. ($C/H_2 = 1,0$) (Baddour-Blanchet).

toutes les réactions élémentaires mises en jeu. Les méthodes permettant de faire ce type de calculs hors d'équilibre sont très peu nombreuses (58) et la résolution des systèmes d'équations correspondants est extrêmement complexe même dans les cas simples (59 à 61) sans compter bien sûr le fait que la plupart, sinon la majorité des constantes de la cinétique sont inconnues. On peut donc dire que la trempe dont le rôle est capital pour la rentabilité de procédé ou pour la sélectivité du processus, est malheureusement phénoménologiquement mal connue.

De nombreuses techniques ont été proposées avec des vitesses de trempe v comprises entre 10^5 et 10^8 K/s :

- refroidissement homogène par expansion adiabatique dans une tuyère de Laval (62) ($v = 10^7$ K/s),
- contact avec un lit fluidisé (39, 42) ($v = 10^8$ K/s pour un mélange hydrogène-hydrocarbure (62, 63) ; $v \approx 3,5 \times 10^7$ K/s pour le système oxygène-azote (64, 65),
- combinaison des effets précédents en utilisant des tuyères de Laval refroidies,
- refroidissement par pulvérisation de liquide, par exemple l'eau ou les hydrocarbures pour la synthèse de l'acétylène (42), (65 à 67). Ce procédé présente l'avantage ou l'inconvénient, suivant les cas, d'introduire une nouvelle espèce chimique susceptible de réagir avec les produits déjà formés,
- prise en charge des produits par un gaz froid : Grey et Jacobs par exemple ont évalué les vitesses de trempe par l'hélium à la température ambiante sur des produits synthétisés dans un plasma d'argon (68).

Aucune analyse comparative de ces différentes méthodes n'a été effectuée, il est donc difficile de préciser leur efficacité relative, autrement que par la comparaison de leur vitesse (en K/s).

Il faut aussi noter que la sélection et la mise en œuvre des processus de trempe sont déterminantes pour le rendement des réactions. Par exemple Polak (69) indique que pour la conversion du méthane en acétylène un retard de la trempe de 2×10^{-3} s entraîne une diminution de l'acétylène de 15,5 à 10 % et de même pour les oxydes de l'azote une diminution de la vitesse de trempe de 10^8 à 10^7 deg/s conduit à une diminution de NO de 9,6 à 6,4 %. En fait d'une manière générale, il est nécessaire de suivre une loi de trempe de la forme $dT/dt = f(T)$ bien définie. Même si de tels calculs sont encore loin de la réalité expérimentale ils permettent cependant un début d'interprétation des résultats obtenus.

Les expériences et la simulation du modèle du réacteur de trempe effectuées par J. Amouroux indiquent nettement que la teneur en acétylène restant dépend essentiellement de la vitesse de trempe, c'est-à-dire de la compétition entre le transfert thermique et la réaction de combustion de l'acétylène par la vapeur d'eau. Ainsi le taux d'acétylène restant varie de 50 à 20 % lorsque la vitesse de trempe varie de $7 \cdot 10^6$ à $1,5 \cdot 10^6$ °C/s (66) et (42).

II.4. Réactions en phase hétérogène

Les réactions en phase hétérogène sont fonction des propriétés de transport des plasmas qui conditionnent d'une part les échanges plasma-particule et plasma-paroi et d'autre part, en partie, le temps de traitement et de séjour de la particule dans le plasma.

Il faut remarquer que le calcul des coefficients de transport (effectué, en général, à partir de travaux de Devoto (70 à 74) n'est faisable que pour des cas simples : plasmas de gaz rares, d'hydrogène, d'azote, d'oxygène. Pour les autres plasmas, les calculs sont rendus difficiles, sinon impossibles, par manque de données notamment pour les potentiels d'interaction. Cependant, lorsque des résultats sont obtenus, ils peuvent mettre en évidence, comme par exemple dans le cas des mélanges argon-hydrogène (75), l'importance de l'apport de quelques pour cent d'hydrogène qui entraîne une multiplication de 1 à 50 (suivant le pourcentage d'hydrogène et la température) de la conductivité thermique de l'argon. Ce qui, par conséquent, favorise les possibilités d'échanges thermiques entre le plasma et le corps que l'on veut y faire réagir.

Pour étudier le transfert de chaleur et de masse (avec ou sans réaction chimique) entre un matériau divisé et un écoulement plasma, il est

Tableau III. Interactions des phénomènes de transports dans les processus de traitement des particules dans un plasma

Processus	Phénomènes de transport	Gaz vers le solide			Solide vers le gaz			Nombre de phases en processus réactionnels					
		Chaleur	Masse	Moment	Chaleur	Masse	Moment						
								1 sol. + gaz	2 sol. + gaz	3 sol. + gaz	4 gaz + sol.		
Fusion découpage		x											
Sphéroïdisation projection plasma		x		x									
Évaporation	particule	x	x	x									
	en masse	x		x									
Pyrolyse	particule	x	x	x			x						
	en masse	x		x			x						
Gaz-solide	particule	x	x	x		x			x				
	en masse	x		x		x			x				
Solide-solide	particule en masse	x	x	x									
Gaz-2 solides	particule	x	x	x		x			x	x		x	
	en masse	x		x		x			x	x		x	

nécessaire de tenir compte de nombreux phénomènes (et de leurs couplages) complexes du fait des propriétés physiques variables du fluide et des processus généraux de la physique des phénomènes irréversibles.

Dans cet esprit, on est alors amené à considérer les équations de l'analyse dimensionnelle (76 à 80) en utilisant les nombres adimensionnels usuels et les équations de transport adimensionnelles de chaleur et de masse (81, 82).

Les processus que l'on doit examiner sont cependant différents suivant le type d'opération souhaitée et Hamblyn (83) les a résumés (Tableau III) partant des phénomènes purement thermiques pour aller jusqu'aux phénomènes chimiques. Par exemple, l'étude de Pateyron (84) donne les équations généralement utilisées pour les divers processus rencontrés en chimie des plasmas. Enfin, il faut souligner que dans ces problèmes de réactions plasma-particules, un des phénomènes essentiels est celui du temps de séjour des particules, lié au transfert d'impulsion barycentrique plasma-particule.

III. Les dispositifs expérimentaux

III.1. Généralités

D'une manière générale (mais plus nettement pour la chimie à des pressions voisines ou supérieures à la pression atmosphérique), l'aspect expérimental de la chimie des plasmas peut être divisé en trois parties qui correspondent aux trois étapes que l'on doit assurer pour réaliser une réaction :

- la génération du plasma,
- le mélange des réactifs, leurs réactions,
- la trempe du système.

La figure 6 donne un schéma théorique de ces trois séquences, leurs ordres possibles, ainsi que leur rôle (85).

Il est particulièrement important d'étudier le problème du mélange des réactifs avec le plasma.

a) Mélange avant le générateur

L'adoption de cette disposition permet d'éviter les problèmes que posent les mélanges de produits froids avec le plasma, et assure l'exposition de tous les réactifs au sein du système. Cependant, ce prémélange n'est pas utilisable lorsque l'un des produits injectés est susceptible de réagir avec les électrodes ou les parois, il l'est difficilement aussi lorsqu'on veut introduire des phases solides ou liquides. Par ailleurs, il empêche parfois un bon rendement chimique que l'on pourrait atteindre en exposant seulement partiellement les réactifs au plasma.

b) Mélange après le générateur

Comme le montre la figure 6, on peut aussi mélanger le produit B avec le plasma A (ou contenant A) dans ou après le générateur, la recombinaison A - B s'effectuant alors dans le jet ou son panache.

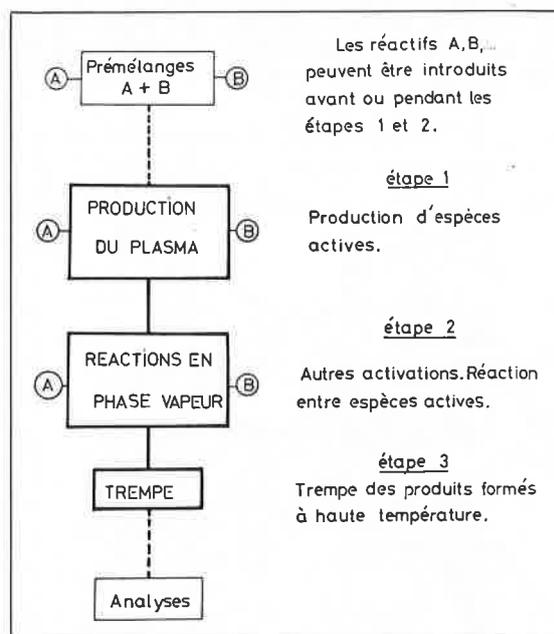


Figure 6. Schéma synoptique d'une réaction en plasma-chimie.

Le flux réactif B, à basse température, perturbe certainement le plasma, cette perturbation sera fonction de la capacité calorifique de B mais aussi de sa vitesse et de sa densité. Il sera donc nécessaire de faire une étude, tant théorique qu'expérimentale de cette perturbation qui risque fort d'influencer les conditions de la réaction.

L'introduction des produits dans ou après le générateur pose souvent des problèmes au niveau technologique, ainsi de nombreuses études ont été faites, afin de déterminer le mode optimal d'injection (86 à 90). Des systèmes originaux ont également été proposés, tels que des cathodes creuses ou même poreuses (90) et des anodes volatiles (91, 92). L'injection de liquide a été réalisée avec un atomiseur ultrasonique (93).

III.2. Les réacteurs utilisés

Les réacteurs plasma utilisés sont généralement soit du type à arc ouvert où l'arc éclate entre deux conducteurs, soit du type torche à arc soufflé en courant continu suivie d'une superposition de puissance, soit en continu, soit en alternatif (94, 95).

Toutes les configurations de réacteur proposées jusqu'à présent ont pour but essentiel de réaliser un contact aussi bon que possible entre les plasmas et les réactifs, qu'ils soient solides, liquides ou gazeux. Dans ce qui suit nous nous intéresserons essentiellement aux réactions avec les liquides ou des gaz et nous étudierons donc successivement les réacteurs avec épanouissement de l'arc et les réacteurs à lit fluidisé.

III.2.1. Réacteurs avec épanouissement de l'arc

a) Épanouissement par rotation de la paroi

Le premier, Whyman (96) a développé un générateur à courant continu dans lequel l'expansion de l'arc est obtenue par rotation d'un cylindre coaxial à l'anode et à la cathode (Figure 7). Le plasma est initialisé en baissant la cathode au niveau de l'anode puis il est allongé par la suite en remontant la cathode et épanoui en augmentant la vitesse de rotation de la paroi. Ce réacteur était utilisé pour l'évaporation de quelques matériaux réfractaires (97) comme l'alumine.

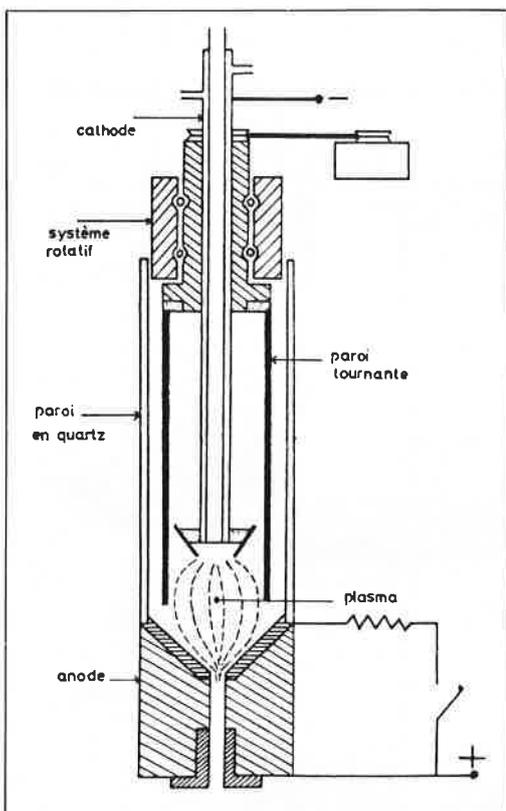


Figure 7. Four à cathode et paroi en rotation.

Signalons à ce propos que le transfert de chaleur entre un jet de plasma et une paroi en rotation a été étudié par Petit *et al* (98) et Montsarrat *et al* (99).

b) Épanouissement par rotation de la cathode

La Société Tetronics (100, 101) a développé un plasma « précessif » généré entre une cathode (constitué par un générateur à arc auxiliaire) dont l'extrémité décrit un cercle et une anode annulaire (Figure 8). Le plasma est initialisé en abaissant la cathode vers l'anode, à faible vitesse de rotation ; puis il est épanoui en relevant la cathode et en augmentant la vitesse de rotation. Un four prototype de 300 kW est maintenant testé à l'échelle industrielle et un appareil de 1,4 MW est en cours de construction, en association avec la Foster Wheeler (102, 103).

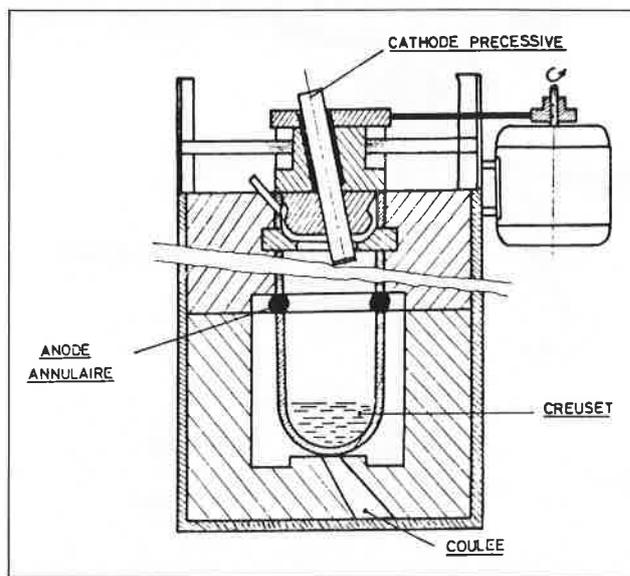


Figure 8. Four 200 kW à cathode précessive (E.P.P.R.) (d'après Tylo).

c) Rotation par un champ magnétique et un épanouissement

Une rotation de l'arc, entraînant l'occupation d'un plus grand volume, peut être établie par application d'un champ magnétique au niveau de l'anode. Dans le procédé Avco (104) de synthèse de l'acétylène à partir du charbon, l'arc fonctionne à l'hydrogène et il est mis en rotation par un champ magnétique extérieur (Figure 9).

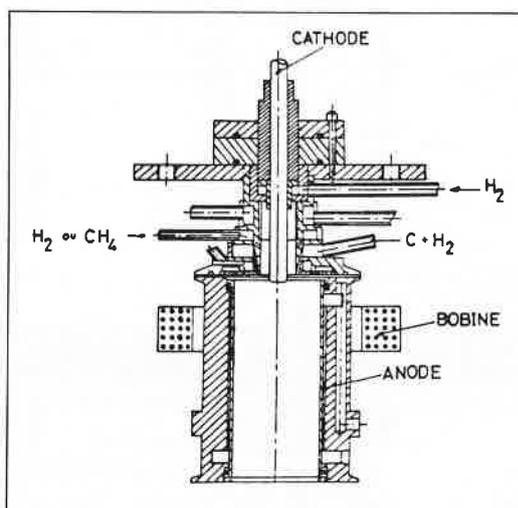


Figure 9. Procédé Avco.

d) Épanouissement par injection de gaz

Dans le procédé Huels II (105) de synthèse de l'acétylène, le gaz d'arc est l'hydrogène et le réactif est un hydrocarbure de (CH_4 à

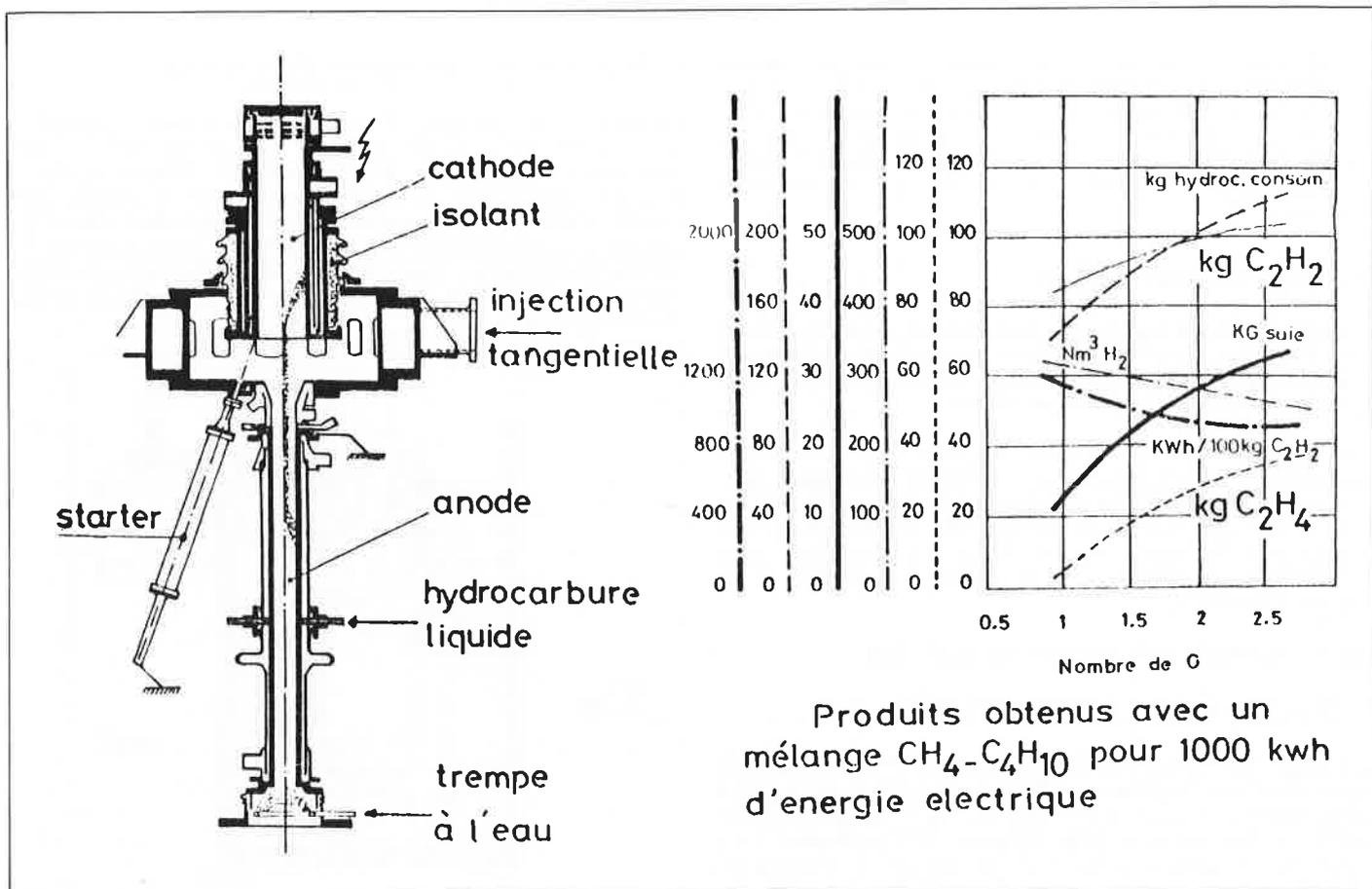


Figure 10. Procédé Huels I.

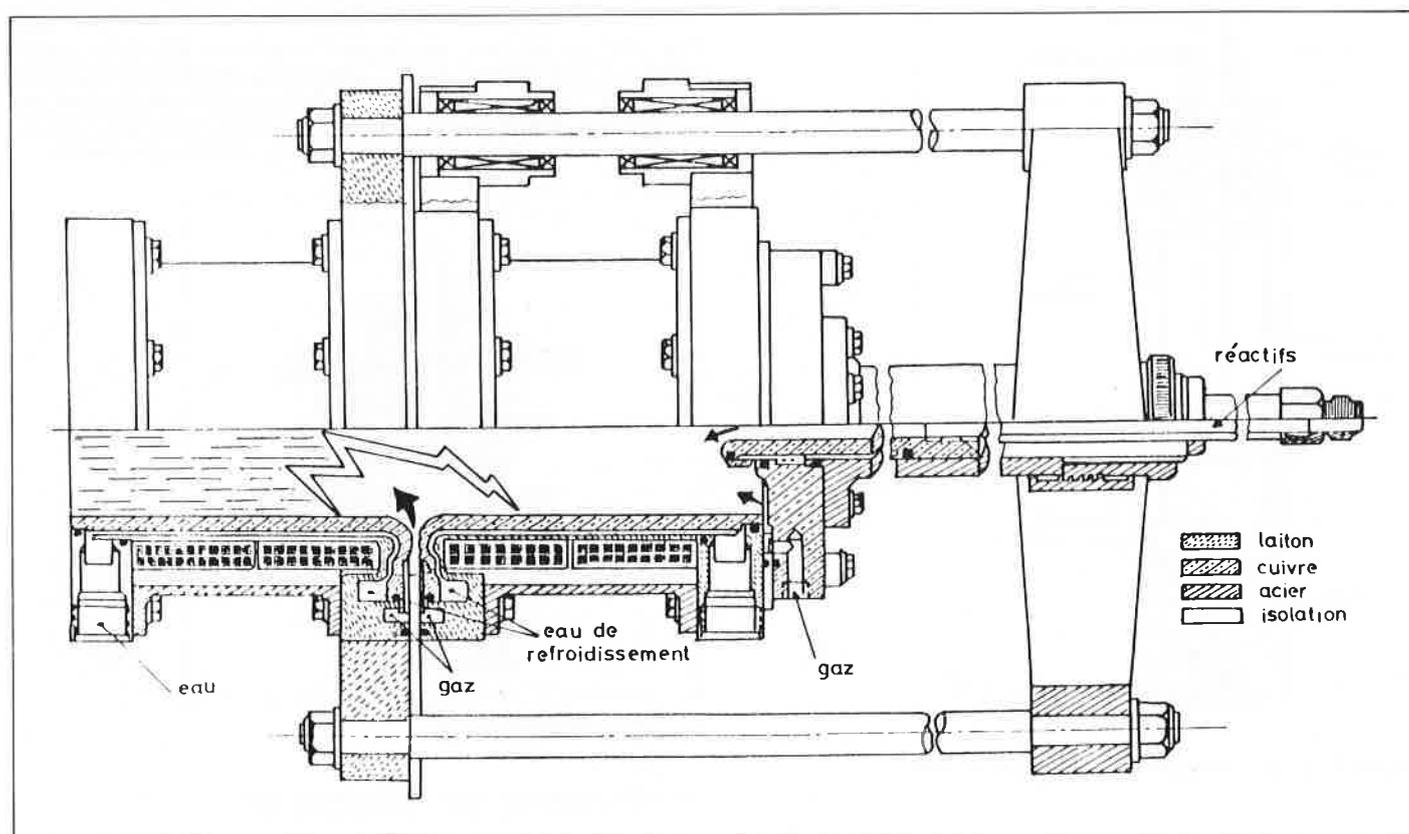


Figure 11. Arc auto-stabilisé alternatif Westinghouse.

C_4H_{10}) qui, injecté tangentielle (Figure 10), stabilise l'arc et soumet un plus grand volume à l'action.

e) Combinaison des effets d'injection tangentielle et du champ magnétique

La Société Westinghouse (106) a développé un générateur en courant alternatif monophasé de 1 MW où sont combinés les effets de rotation de l'arc sous l'action du champ magnétique et de l'injection tangentielle du gaz (Figure 11). Il est également possible de coupler trois générateurs de ce type en triphasé.

f) Effet Maecker

Une méthode de l'épanouissement de l'arc, sans rotation mécanique et de gaz, a été développée avec succès lorsque Maecker (107) a mis en évidence l'existence d'une zone basse pression à l'extrémité de la cathode. Ainsi les gaz et les solides injectés au voisinage de l'extrémité de la cathode (Figure 12) sont entraînés au cœur du jet. Un procédé industriel de traitement de $ZrSiO_4$ utilisant cette propriété, a été développé par la Société Ionarc (108) en 1972. En 1973, Sheer (109) a présenté un dispositif identique qu'il a appelé à cathode convective, l'arc est refermé sur trois anodes poreuses (Figure 13), ce dispositif a été développé par la suite par le N.P.L. (110) en Angleterre en remplaçant les trois anodes par des jets de plasma produits par des générateurs à arc en courant continu. On peut ainsi, à condition de disposer de sources de tension suffisantes, obtenir des jets de plasma suffisamment longs pour que le temps de séjour des gaz ou des particules introduites à la cathode soit important.

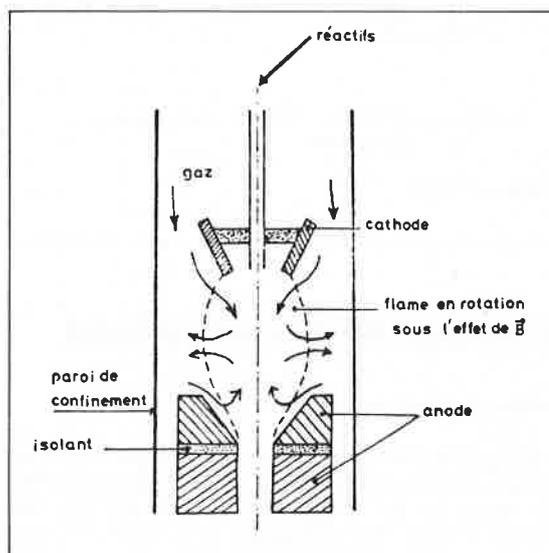


Figure 12. Structure possible d'un four utilisant l'effet Maecker.

III.2.-2. Réacteur à lit fluidisé

On peut obtenir un temps de séjour long en constituant un lit fluidisé (111). Nous avons par exemple représenté sur la figure 14 le système

IV. Production de l'acétylène par plasma

Comme nous l'avons indiqué dans l'introduction, dans la nouvelle conjoncture économique de l'énergie, une reprise en considération de la chimie de l'acétylène exige donc une analyse rigoureuse du problème tant sur le plan de ses procédés de fabrication que de ses applications sans omettre bien entendu le point de vue économique.

a) Rappel des débouchés

La figure 15 (114) relative à la production aux U.S.A. en 1974 indique de façon très nette l'importance de la chimie de l'éthylène par rapport à l'acétylène (la production de l'acétylène représente 2,5 % de celle de

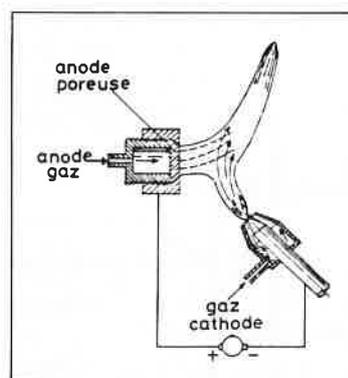


Figure 13. Arc à cathode gainée (d'après Sheer).

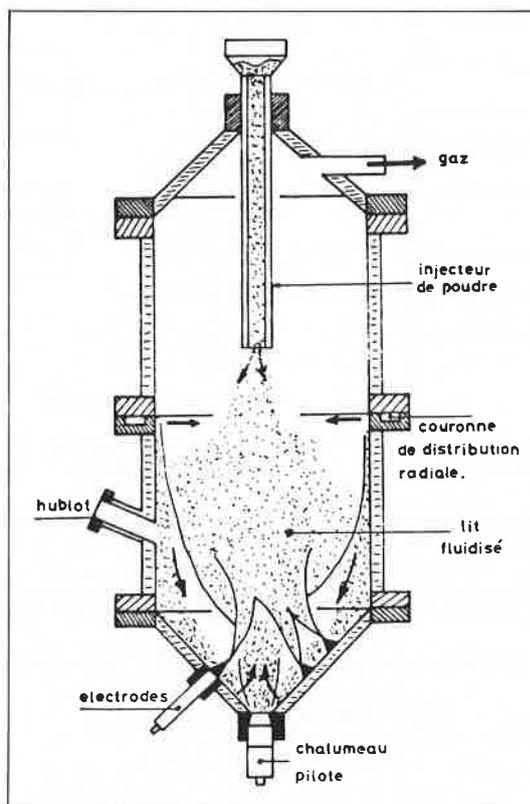


Figure 14. Réacteur en lit fluidisé (Odeillo).

développé à Odeillo (112 et 113). Le plasma est produit entre trois électrodes gainées alimentées en courant alternatif triphasé. Les poudres non traitées tombent dans le cône inférieur et sont réintroduites dans le lit fluidisé par l'écoulement de gaz froid du chalumeau pilote coupé après accrochage de l'arc sur les trois électrodes.

l'éthylène). Cependant on peut souligner à partir de cette figure qu'un certain nombre de débouchés de l'éthylène sont en fait plus facilement accessibles à partir de l'acétylène en particulier le CV, le vinyl acétate et l'acétaldéhyde (115, 116) (en 1974 ils représentent 18 % de la production d'éthylène aux U.S.A.).

b) Choix des matières premières

La synthèse de l'acétylène est réalisée à partir de réactions très endothermiques pouvant employer diverses matières premières : méthane, charbon, huile, char, naphta lourd ou chaux + coke.

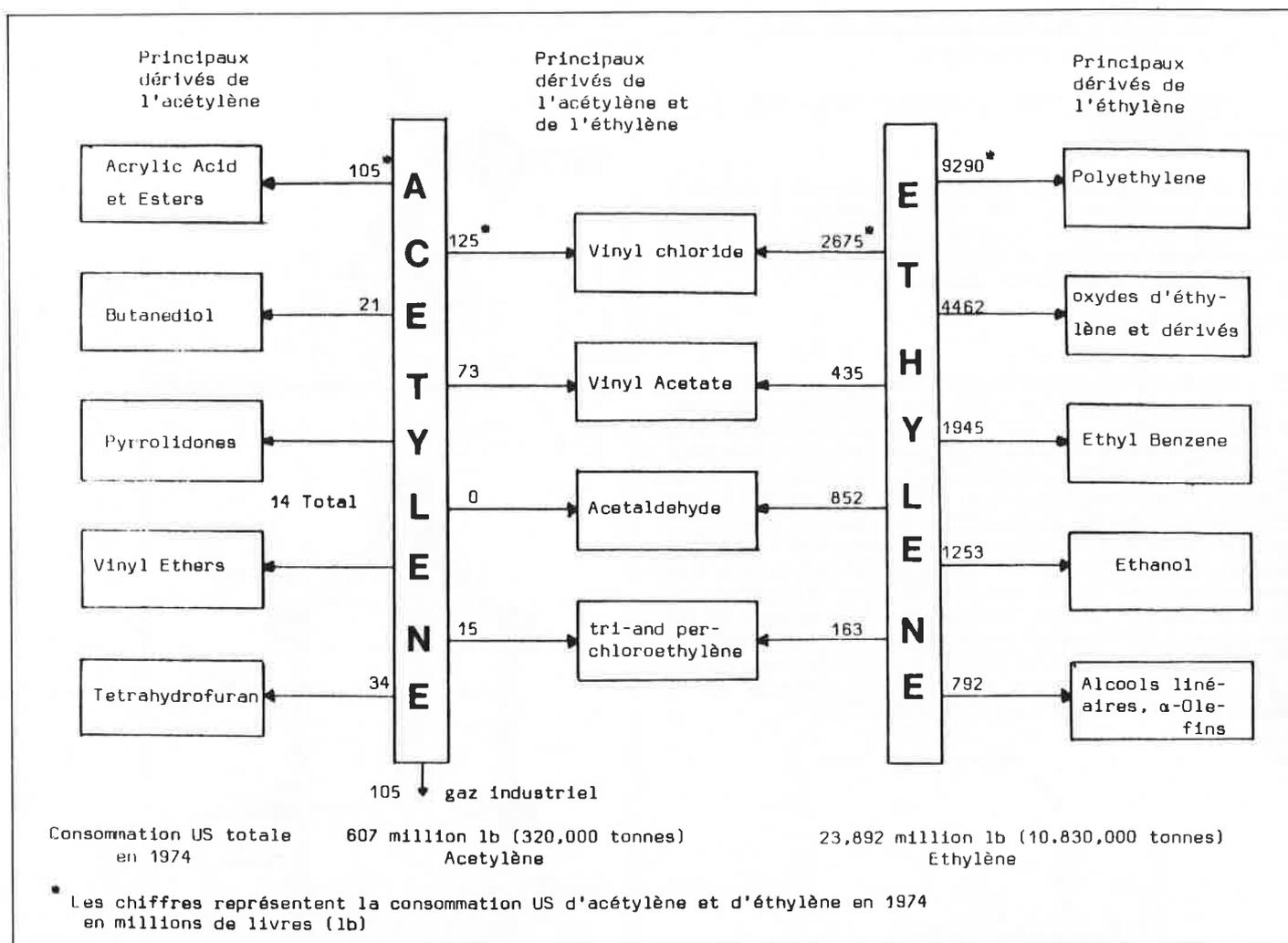
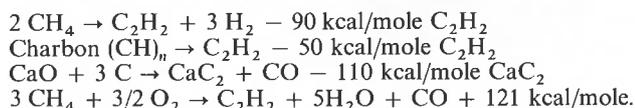


Figure 15. Principaux dérivés de l'acétylène et de l'éthylène.

L'enthalpie des réactions varie en fonction du produit de départ :



(La dernière réaction est, elle, exothermique du fait de la combustion d'une partie des réactifs.)

IV.1. Étude technique des principaux procédés

Ceux-ci sont schématisés sur la figure 16.

a) Le procédé Huels II, figure 10 (105, 116) emploie un arc à courant continu entre électrodes non consommables, le fluide plasmagène est l'hydrogène et l'injection de l'hydrocarbure s'effectue par une chambre type vortex avec une injection tangentielle. Afin d'améliorer

Tableau IV. Résumé des résultats obtenus ou attendus avec les différents réacteurs Avco (112)

	Anode consommable	sans champ magnétique AHR	avec champ magnétique RAR	Rotation magnétique et tangentielle	Prototype R4	Unité de 1 MW projet	Unité industrielle 10 MW projet
Débit d'hydrogène (SCFM)	200	200	430	24	15-40	500	3 000
Débit de charbon (g/min)		16	18	650	225-900	6 250	75,000
Fixation du carbone (%)	5-12			35	35	35	
C_2H_2 mol conc (%)	3-4	8	8	10	15	15	
Consommation énergétique (kWh/lb C_2H_2)	30-15	6.8	6.5	4	4	4	4
Puissance continue (MW)	0.04	0.03	0.08	0.08-0.1	0.05-0.18	1	10
Diamètre de l'anode (in.)				1.12	2.5	7	
Diamètre de la cathode (in.)						0.75	
Rendement (enthalpie du gaz/ puissance élec. fournie)		75					
Pression du gaz (mm Hg)		100-150					380
Courant (Ampères)		610			560	2 000-500	1 250
Voltage (Volts)		131				(500) 2 000	8 000
Taille de l'unité (lb C_2H_2 / an)							20 x 10 ⁶

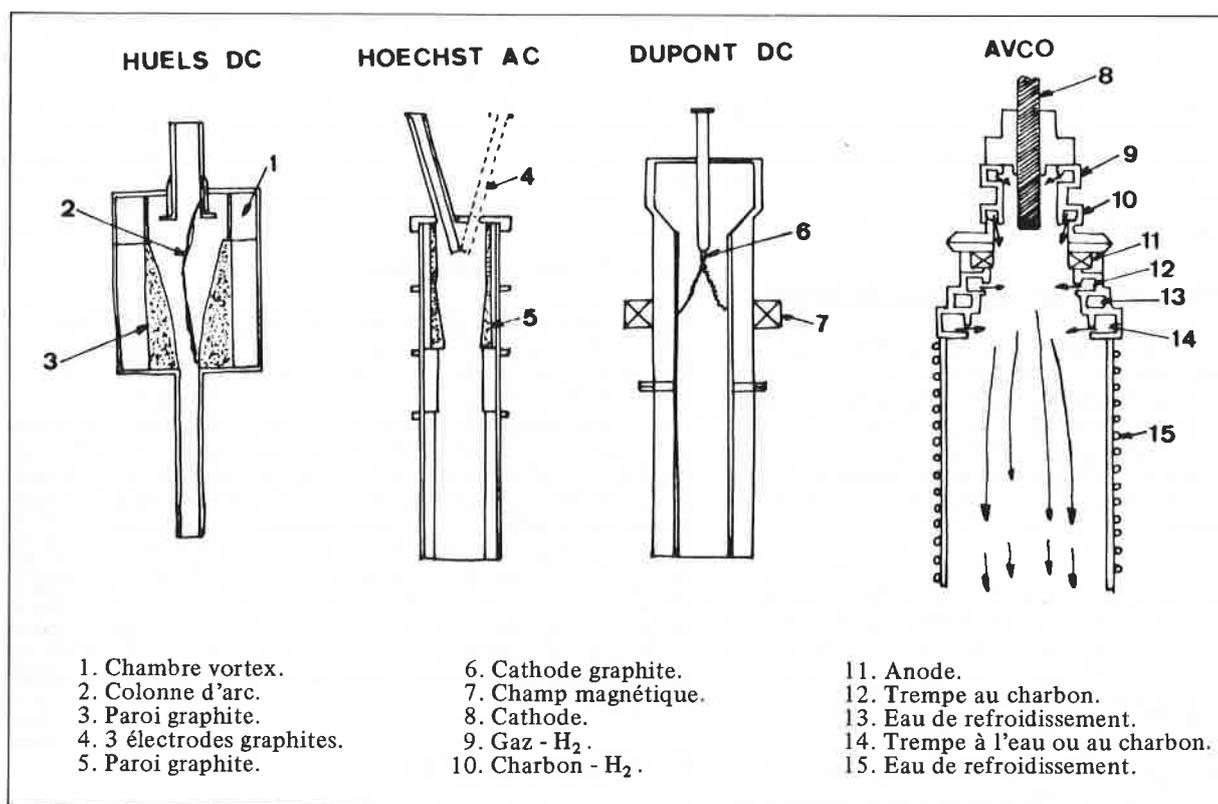


Figure 16. Schémas de réacteurs à plasma (source AVCO).

le mélange plasma hydrocarbure, la trempe est effectuée par l'injection d'hydrocarbures qui sont pyrolysés en éthylène, elle est complétée par une injection d'eau.

b) Le procédé Hoechst (117), figure 16b emploie un arc alternatif triphasé à électrode de graphite en atmosphère d'hydrogène. Le mélange avec les hydrocarbures et la trempe sont basés sur des principes identiques au cas précédent.

c) Le procédé Du Pont de Nemours (118) emploie un arc à courant continu entre une anode de cuivre et une cathode consommable en graphite. Il travaille dans l'hydrogène à 0,5 atm et le mélange hydrocarbure-plasma est réalisé par un champ magnétique provoquant une rotation du plasma à raison de 7 000 tours/s, la tempéra-

ture du réacteur atteint 2 300 °K, la trempe est réalisée par injection d'eau.

d) Le procédé Avco (119, 120), figure 9, consiste à utiliser un arc en courant continu et a pour objectif la transformation de la houille en acétylène. Ce procédé présente comme originalité une double zone d'injection du fluide plasmagène (hydrogène), l'introduction de la poudre de charbon dans l'arc étant faite avec la deuxième injection d'hydrogène. Le mélange est assuré par la rotation de l'arc dans un champ magnétique, enfin, la trempe est faite par injection soit de gaz soit de charbon en poudre. Toutefois les dépôts de particules de carbone exigent un cycle périodique de nettoyage à la vapeur. Une diminution de ces dépôts peut également être obtenue par injection d'azote dans le plasma, où une partie du carbone libre est alors

Tableau V. Données sur les essais de Westinghouse

Section 1. Caractéristiques de fonctionnement du générateur

Type de générateur	Temps d'échantillonnage	Puissance de l'arc	Débit de méthane	Générateur à plasma	
				Rendement	Enthalpie
	Sec.	kW	lbs/sec	%	Btu/lb
1-11	102	1 097	0.193	84.8	4 560
1-31	67	2 675	0.467	73.3	3 996
1-30	120	2 420	0.453	77.2	3 900

Section 2. Analyse spectrométrique des produits obtenus (en %)

Type de générateur	Temps en s.	CH ₄	H ₂	C ₂ H ₂	C ₂ H ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₄	C ₃ H ₈	C ₄ H ₂	C ₆ H ₆
1-11	102	27.42	57.17	12.73	0.88	0.72	0.16	0.11	0.51	0.07
1-31	67	17.60	58.00	13.00	0.50	0.05	0.20	0.01	0.50	0.08
1-30	120	28.9	56.3	13.00	0.70	0.05	0.30	0.02	0.60	0.10

transformé en acide cyanhydrique. Les principaux résultats obtenus sont indiqués sur le tableau IV.

e) Le procédé Westinghouse (106) utilise trois générateurs du type de celui de la figure 11 couplés en un arc alternatif triphasé permettant grâce à la rotation magnétique de l'arc un bon mélange entre les hydrocarbures et le plasma. Ce dispositif a été expérimenté avec des alimentations de méthane, propane ou butane. La trempe est réalisée par injection de butane (Tableau V).

IV.2. Comparaison entre les différents procédés

Un bilan complet (121) de ces procédés (Tableau VI) permet une comparaison de leurs performances respectives. Il montre en particulier l'amélioration du rendement énergétique des réacteurs, apportée par l'emploi du champ magnétique pour le mélange plasma-hydrocarbure, il souligne l'importance de l'hydrogène sur la formation de l'acétylène. En effet, outre son haut pouvoir calorifique et sa grande conductibilité thermique, l'hydrogène évite les dépôts de carbone lors de la trempe.

La comparaison technique des rendements chimiques et énergétiques des différents types de procédés au plasma permet de tirer plusieurs conclusions sur les différentes étapes de la mise en œuvre.

L'étape de mélange gaz plasmagène-hydrocarbure est une étape importante quant aux résultats finaux obtenus.

Ainsi la différence entre le pilote Huels I et II réside dans l'injection et le mélange des gaz. L'injection à travers l'arc pose un problème pour la durée de vie des électrodes, par contre l'injection dans une chambre type Vortex se traduit par une baisse de rendement chimique malgré une énergie totale consommée qui reste inchangée.

Le meilleur résultat de rendement chimique et énergétique est obtenu avec le procédé Du Pont de Nemours dont l'originalité consiste à effectuer un mélange par rotation de l'arc dans un champ magnétique, qui assure un meilleur contact plasma-hydrocarbure.

Ce type de mélange a d'ailleurs été repris dans les procédés Avco, Westinghouse et Hoechst.

Le travail du réacteur plasma à pression réduite (0,5 atm) a été retenu pour les procédés Avco et Du Pont. Ce choix semble améliorer le processus de dégradation des molécules lourdes sans perturber le transfert thermique.

Dans tous ces procédés, le réacteur de trempe a fait l'objet de nombreuses recherches pour définir les meilleures conditions opératoires tant au niveau de la vitesse de trempe, que du niveau de la trempe et que du procédé. De plus l'énergie disponible dans le flux

gazeux sortant aux environs de 2 000 K est considérable. Dans ces conditions une trempe par un hydrocarbure léger permet de récupérer une partie de l'énergie disponible par formation d'éthylène, d'acétylène et d'hydrocarbures divers. Par contre, la trempe à l'eau provoque une combustion partielle de l'acétylène, la trempe à la paroi favorise les dépôts de noir de carbone, et la trempe par un lit fluidisé de charbon est favorable du point de vue de la vitesse mais l'énergie est perdue sans récupération possible de sous-produit.

IV.3. Étude économique

L'étude économique des procédés est résumée sur le tableau VII (119 à 122). Ces chiffres, n'ont qu'une valeur comparative, car le coût des matières premières, de la main-d'œuvre, de l'électricité, de la vapeur dépendent d'un grand nombre de facteurs, de sorte que les valeurs indiquées permettent essentiellement de souligner l'intérêt du procédé Avco au charbon. Il ressort donc une voie d'étude et de réalisation possible si l'on envisage en particulier la récupération des lourds sortants du vapo-craquage ou les résidus de distillation de la houille ou du pétrole. Le choix de la matière première, son coût et le coût de l'énergie sont évidemment les critères déterminants quant aux possibilités de développement de ces procédés. Toutefois, ils présentent comme avantages essentiels par rapport aux procédés thermiques de craquer les produits les plus lourds sans passer par la voie oxydation partielle, en outre, leur mise en route très rapide leur permet de fonctionner comme unité de stockage d'énergie sous forme chimique.

IV.4. Autres procédés

Outre les procédés décrits, développés à l'échelle industrielle pilote, il faut mentionner, notamment aux États-Unis et au Canada, d'intéressantes possibilités nouvelles étudiées actuellement à l'échelle du laboratoire.

A l'Université de Columbia, le Professeur Korman (123) développe un système à cathode creuse où l'hydrogène, introduit au voisinage de la pointe de la cathode, atteint des températures très élevées (supérieurs à 10 000 K) et se trouvant sous forme monoatomique sublime l'anode de carbone. Les gaz prélevés au voisinage de celle-ci contiennent beaucoup d'hydrocarbures sous forme de méthane ou d'acétylène, les pourcentages dépendant du débit d'hydrogène. De même des résidus solides de pétrole introduits au voisinage de la cathode permettent d'obtenir de l'acétylène et par ce processus, bénéficiant de l'effet Maeker, il y a peut-être possibilité de synthétiser des hydrocarbures à partir du charbon (124, 125).

Au MIT, Baddour a développé un procédé de synthèse de carbure de calcium CaC_2 à partir de carbonate de calcium CaCO_3 en introduisant dans un arc, sous atmosphère d'hydrogène, un mélange de CaCO_3 et de carbone. Les premiers résultats très encourageants indiquent que ce processus est énergétiquement très économique,

Tableau VI. Performances des différents réacteurs à arc acétylène.

	Huels I (hydrocarbure)	Huels II (hydrocarbure)	Hoechst AC (hydrocarbure)	Du Pont de Nemours (hydrocarbure)	Projet AVCO charbon
Volts	7 100	7 100	1 400	3 500	8 000
Ampères	1 200	4 200	3 x 4 200	3 100	1 250
MW	8,5	8,5	10,0	10,8	10,0
Pression	1	1	1	0,5	0,5
Flux de l'hydrocarbure à travers l'arc (kg/h)	1 410	0	0	1 900	3 600
Flux d'hydrocarbure dans le jet (kg/h)	1 000	3 200	2 000	0	900
Flux de H_2 recyclé (SFCN/mn)	2 150	1 400	1 470	3 200	3 000
Flux de H_2 recyclé (m^3/mn)	60	39	41	90	84
C_2H_2 produit (kg/h)	850	850	1 000	1 240	1 360
Énergie consommée (kWh/kg)	10	10	10	6,4	8,8
Rendement chimique	35 %	26 %	50 %	65 %	30 %
C_2H_2 concentration (mole %)	15,9	15	14,5	18	15,5
C_2H_4 concentration (mole %)	7,1	6,4	6,5	3,00	

Tableau VII. Données économiques.

	Processus AVCO au charbon pour une production de 136 000 tonnes/an C ₂ H ₂ avec jet de gaz recyclé qu'on trempe. On obtient des sous-produits : noir de carbone, HCN	Processus qui utilise l'oxydation partielle de CH ₄ pour une production de 136 000 tonnes/an	Processus qui utilise l'oxydation partielle de Naphta. Production de 136 000 tonnes/an	Décomposition thermique des hydrocarbures dans un four type Wulff	Processus AVCO au charbon le jet des gaz recyclés est trempé par le Naphta. Le C ₂ H ₄ produit est recyclé
Investissement	53.10 ⁶ \$	40.10 ⁶ \$	32.10 ⁶ \$	48.10 ⁶ \$	64.10 ⁶ \$
Matériau traité	Charbon	Méthane	Naphta	Naphta	Charbon
Dépenses préalables globales	3.42	2.64	2.31	3.38	3.51
Matières premières et matières annexes	1.11	9.00	4.42	6.26	2.4
Utilités	4.42	0.09	0.41	1.18	3.54
Vente, recherche intérêt du capital de roulement	1.21	1.20	0.81	1.20	1.71
Coût de l'acétylène de récupération					2.13
Bilan	10.16	12.93	7.95	12.02	13.29
Valeur des sous-produits	3.82	3.69	7.95	3.70	9.00
Coût net de production	6.34	9.24	7.95	8.32	4.29
Intérêt sur les investissements du capital	1.21	0.91	0.73	1.09	1.48
Coût net de production	7.55 c/lb	10.15 c/lb	8.68 c/lb	9.41 c/lb	5.76 c/lb

l'acétylène étant ensuite produit par réaction de l'eau sur le carbure de calcium.

Enfin, il faut signaler, dans une perspective beaucoup plus lointaine,

les intéressants résultats obtenus, à l'échelle du laboratoire, montrant l'influence bénéfique de la présence de vapeurs métalliques (moins de 1 %) sur le craquage du propane, les rendements de conversion étant augmentés de plus de 30 % (126, 127).

Conclusion et bibliographie

Les procédés plasmas de synthèse de l'acétylène à partir des hydrocarbures ont été parmi les premiers procédés plasmas industrialisés (Huels, Du Pont). Malheureusement à partir des années 1960 le bas prix du pétrole brut a permis le développement considérable de la production d'éthylène et le remplacement progressif de l'acétylène dans de nombreux processus chimiques. Ceci a entraîné la fermeture des grands fours à carbure et du four à plasma de la Du Pont en 1968. Cependant du fait de la modification de la conjoncture économique et de la recherche de nouvelles énergies, une distinction très nette entre matières premières à usage énergétique et à usage chimique est-elle en train d'apparaître permettant de reposer le problème de la dualité acétylène-éthylène. Par exemple la production de chlorure de vinyle est plus chère à partir de l'éthylène (jusqu'à présent meilleur marché que l'acétylène), aussi, dans la conjoncture énergétique actuelle, la mise en place de nouveaux procédés permettant de produire l'acétylène moins chère ouvre-t-elle de nouveaux marchés. Ceci donne une nouvelle actualité aux procédés plasma, notamment à ceux permettant la production de l'acétylène à partir du charbon tel que le procédé Avco ou le procédé expérimenté en MIT pour la production de carbure de calcium, d'autant qu'il est possible de récupérer l'hydrogène nécessaire directement dans le charbon. Enfin depuis les premiers travaux sur la production de l'acétylène par plasma les connaissances théoriques et technologiques ont largement progressé, notamment au niveau de la trempe et du fonctionnement des arcs jusqu'à des puissances de 10 à 15 MW. Le choix d'un procédé enfin dépendra d'une étude soignée du coût des différents postes : matière première, énergie électrique, investissement, prix du produit obtenu, toutes quantités qui peuvent varier avec le temps et le pays concerné, mais dans une telle conjoncture il est certain que les procédés plasmas ont un grand rôle à jouer ne serait-ce compléter les usines actuellement existantes.

Bibliographie

- (1) G. Fey, Electric arc heater for the process industries, National Industrial Electric Heating Conference Cincinnati, Ohio USA, Feb. 9-12, 1976.
- (2) A. Dumon, *Inf. Chimie*, 1975, **140**, 69.
- (3) P.H. Spitz Peter, *Inf. Chimie*, 1977, **164**, 101.
- (4) *Chimie actualité*, 1974, **1523**, 19.
- (5) S.A. Miller, Acetylene and ethylene processes conference report. *Chem. and Proc. Eng.*, 1968, **49** (5A), 101.
- (6) D. Rose, S. Brown, *Phys. Rev.*, 1955, **98**, 10.
- (7) R. G. Massey et al., *J. Appl. Phys.*, 1965, **36**, 1790.
- (8) V.E. Golant, *Izvest. Akad. Nauk. SSSR, Ser Fiz*, 1959, **23**, 952.
- (9) T.B. Reed, *J. Appl. Phys.*, 1963, **32**, 821 et 1963, **34**, 2266 et 3146.
- (10) S.M.L. Hamblyn et al., Special Ceramics, Popper P. ed., *British Ceramic Research Association*, 1972, **5**, 147.
- (11) H.U. Ecket, *High Temp. Science*, 1974, **6**, 99.
- (12) J.W. Reid, « High pressure arc jets », Paper 61.WA.246. Meeting of American Soc. of Mec. Eng., New York (nov. 1961).
- (13) Raezer et al., *J. Space and Rockets*, 1964, **1**, 2.
- (14) Wincler et al., Agard Specialist Meeting, Bruxelles, sept. 1964.
- (15) Mayo et al., NASA ; T.N. D 2032, nov. 1963.
- (16) G. Fey, National Industrial Electric Heating Conference Cincinnati, Ohio, fev. 1976.
- (17) R.J. Sarlitto, Tech. Doc. Rep. RTD-TDR, 63-4055, Speedway Research Laboratory, Indianapolis, 1964.
- (18) J. Browning, AGARD Specialist Meeting, Bruxelles, sept. 1964.
- (19) S.M.L. Hamblyn et al., The Industrial Application of Plasma Technology for the Production of Fumed Silicia, Symposium of the American Chemical Society on the Commercial Application of Plasma, Atlantic City, 1974.

- (20) Sherahard et al., AGARD Specialist Meeting, Bruxelles, sept. 1964.
- (21) Marlotte et al., AGARD Specialist Meeting, Bruxelles, sept. 1964.
- (22) Cann et Buhler, AGARD Specialist Meeting, Bruxelles, sept. 1964.
- (23) Skifstad, Ph. D. Theses, Purdue University, jan. 1964.
- (24) Norton et Murthy, ARL Rep. 65-54, mars 1965.
- (25) P. Fauchais, *Thèse doctorat d'État*, Poitiers, 1968.
- (26) P. Fauchais, « Les chalumeaux à plasma à arc électrique » dans « Les hautes températures et leurs utilisations en physique et en chimie » Tome I, Masson et Cie, 1973.
- (27) J. Browning, « Techniques for producing plasma jet » in « Dynamics of conducting gases » proceedings of the Third Biennial Gas Dynamics Symposium, pp. 126-138. Northwestern University. Press, 1960.
- (28) H.R.P. Schoumaker, « Fours à chauffage plasma » dans « Conference proceedings of International Round Table on Study and Application of Transport Phenomena in Thermal Plasmas ». Laboratoire des Ultra-Réfractaires du C.N.R.S., Odeillo, sept. 1975.
- (29) H.R.P. Schoumaker, « Four à plasma triphasé ». Publication Electrochem. Communication au C.B.E.E. Réunion du 30 mars 1971.
- (30) C. Bonet, *High Temperatures, High Pressures*, 1971, 3, 333.
- (31) C. Bonet, J. Lamos, M. Foex, *Entropie*, 1970, 34-35, 36.
- (32) L.S. Polak, *Chemical Process in Low Temperature Plasma* (1966), *Pure Appl. Chem.*, 1966, 13, 3, 345.
- (33) T.B. Reed, (1963) Proc. Natl. Electro conf. XIX p. 654. National electronics conferences Inc Chicago Illinois.
- (34) H.W. Emmons (1963) « Recent development in plasma heat transfer » (W. Ibele ed.) Academic Press. New York.
- (35) R.S. Timmins, P.R. Amman, *A.I. Ch. E.J.*, 1966, 12, 956.
- (36) H. Gladisch, *Hydro. Proc. et Pet.*, 1962, 41, 6.
- (37) P. Meubus, *J. Electrochem*, 1975, 2, 298.
- (38) J. Amouroux, Synthèse et processus chimiques dans un plasma inductif dans les hautes températures, Ed. (Masson Paris), 1973, p. 113.
- (39) J. Amouroux, J. Talbot, *Ann. Chim.*, 1968, 3, 219. Étude des conditions de pyrolyse du méthane dans un plasma inductif d'argon.
- (40) J. Amouroux, J. Talbot, *Ann. Chim.*, 1969, 4, 364 : Étude expérimentale et par calcul analogique de la pyrolyse du méthane dans un plasma inductif d'argon vers 2 000 °K ; — J. Amouroux, Le vide, juillet 1971 : Étude de la pyrolyse du méthane dans les décharges luminescentes.
- (41) J. Amouroux, D. Rapakoulias, J.P. Foll, *Ann. Chim.*, 1974, 9, 181 : Calcul des équilibres chimiques complexes à haute température dans le cas du système C - H - Cl. Application à la fabrication du chlorure de vinyl ; — J. Amouroux, J.P. Foll, *Ann. Chim.*, 1975, 10, 115 : Étude théorique et expérimentale du système méthane chlore dans une décharge luminescente.
- (42) J. Amouroux, Étude de la trempe d'un gaz à haute température. Int. Round Table on study and application of transport phenomena in thermal plasma (IUPAC Odeillo 1975)
- (43) J. Amouroux, J.N. Pineau, D. Rapakoulias, *Ann. Chim.*, 1976, 1, 22 : Calcul des équilibres thermodynamiques à hautes températures dans le cours du système C.H.N. en vue de leurs applications dans un réacteur à plasma.
- (44) J. Amouroux, D. Rapakoulias, *Revue de Physique Appliquée*, 1977, 12, 1013 ; Étude du système méthane-azote dans un réacteur à plasma.
- (45) J. Amouroux, *Thèse*, Paris 1971 ; — J. Amouroux, J. Talbot, Mlle M. Cohen, *Ann. Chimie*, 1973, 3, 5 : Rôle de l'oxygène lors de la pyrolyse du méthane dans une décharge luminescente ; — J. Amouroux, L'acétylène étude technique et économique des grands procédés de fabrication dans un réacteur à plasma. Conférence ADERP La Chimie des plasmas et ses applications industrielles, 1978, 2, 20-24.
- (46) Plooster, T.B. Reed, *J. Chem. Phys.*, 1959, p. 3166.
- (47) R.F. Baddour, J.L. Blanchet, *Ind. Ing. Chem. Process. Design Development*, 1964, 3, 258.
- (48) R.F. Baddour, B.R. Bronfin, *Ind. Chem. Eng. Process. Design Dev*, 1965, 4, 162.
- (49) G.W. Marinowski, R.C. Phillips, T.R. Phillips, N.K. Heester, *Ind. Eng. Chem. Fundamentals*, 1962, 1, 52.
- (50) B.R. Bronfin, M.P. Freeman, V.N. Distefana, R.N. Hazlett, Thermochemical equilibrium in a carbon, hydrogen, nitrogen system at very high temperature. 15th Chem. Inst. of Can. Chem. Eng. Conf. Université Laval, Québec City.
- (51) F.J. Krieger, Rand Corp. Mars 1971, R - 560 - DASA - 2624.
- (52) F.J. Krieger, Rand Corp. oct. 1969, Memorandum RM - 3326 - 3 - PR.
- (53) F.J. Krieger, Rand Corp. Avr. 1970, Memorandum RM - 6295 - PR.
- (54) A. Grimaud, *Thèse de 3^e cycle*, U.E.R. des Sciences, Université de Limoges, 1973.
- (55) E. Bourdin, *Thèse de 3^e cycle*, U.E.R. des Sciences, Université de Limoges mars (1976).
- (56) O. Rapakoulias, J. Amouroux, *Ann. Chim.*, 1973, 8, 193.
- (57) E. Bourdin, J. Aubreton, P. Fauchais, Equilibrium composition and thermodynamical properties of C - H₂, CH₄ - H₂ plasmas, computation of their reducing action on iron oxyde Fe₂O₃ - III^e Symposium International de Chimie des Plasmas, Limoges 13-19 juillet 1977.
- (58) L. Polak, Some principles of non equilibrium plasma chemical reactions kinetics, ch 13, p. 141, T2, « Plasma Chemistry », Ed : Venugopalan, Wiley-Interscience, N.Y., 1971.
- (59) A. Catherinot, A. Sy, *Z. Naturforsch*, 1975, 30a, 1143.
- (60) J.F. Shaw, M. Mitchner, C.H. Kruger, *Physics of Fluids*, 1970, 13, 325.
- (61) M. Cacciatore, M. Capitelli, *Z. Naturforsch*, 1976, 31a, 362.
- (62) G.W. Marinowski, R.C. Phillips, T.R. Phillips, N.K. Hiester, *Ind. Eng. Chem. Fundamentals*, 1962, 1, 52.
- (63) R.F. Baddour, J.L. Blanchet, *Ind. Ing. Chem. Process. Design. Develop.*, 1964, 3, 258.
- (64) J.E. Anderson, L.K. Case, *Ind. Eng. Chem. Process. Design. Develop.*, 1962, 1, 161.
- (65) C.S. Stokes, L.A. Streng, *Ind. Eng. Chem. Process. Design. Dev.*, 1965, 4, 36.
- (66) J. Amouroux, J. Talbot, *Chimie et Industrie*, 1978, 105, 1201. Étude de la trempe à l'eau d'un mélange argon-acétylène.
- (67) H. Gladisch, *Hydrocarbon. Process. Refiner*, 1962, 41, 156.
- (68) J. Grey, P.F. Jacobs, *A.I.A.A. J.*, 1964, 2, 433.
- (69) L. Polak, Some principles of non equilibrium plasma chemical reaction kinetics, ch. 13, p. 141, T. 2, Plasma Chemistry, ed. Venugopalan (Wiley-Interscience, N.Y.) (1971).
- (70) R.S. Devoto, *Phys. Fluids*, 1966, 9, 1230.
- (71) R.S. Devoto, *Phys. Fluids*, 1967, 10, 2105.
- (72) R.S. Devoto, C.P. Li, *J. Plasma Physics*, 1968, 2, 17.
- (73) R.S. Devoto, *A.I.A.A. Journal*, 1969, 7, 12.
- (74) R.S. Devoto, *Phys. Fluids*, 1973, 16, 616.
- (75) M. Capitelli, C. Gorse, P. Fauchais, *Journal de Chimie Physique*, 1976, 7-8, 755.
- (76) S.J. Kline, « Similitude and approximation Theory » McGraw-Hill, New York (1965).
- (77) E. Buckingham, *E. Phys. Rev.*, 1914, 4, 345.
- (78) E. Van Driest, *J. Appl. Mech. Trans. ASME*, 1946, A-34, 124.
- (79) H. Langhaur, « Dimensional Analysis and Theory of Models ». John Wiley and Sons, Inc., New York, 1958.
- (80) H.E. Huntley, *Dimensional Analysis*, McDonard and Company, London, 1953.
- (81) R.B. Bird, W.E. Steward, E.N. Lightfoot, « Transport Phenomena » John Wiley and Sons, New York, 1960.
- (82) E.N. Lightfoot, « Estimation of heat and mass transfer rates » Lectures in « Transport phenomena » Edited by R.B. Bird and al, 345 EAST 47 Street New York 10017.
- (83) S.M.L. Hamblyn, A review of application of plasma technology with particular reference to ferro alloy production National Institute of Metallurgy Report NO 1895 Randburd South Africa, 1977.
- (84) B. Pateyron, P. Fauchais, « Introduction à l'étude du transport de chaleur et de matière plasma-particule ou parois » Cours de chimie des plasmas - Les Houches, août 1976.
- (85) Venugopalan, Plasma Chemistry, An introduction, chap. XI, Vol. II, dans « Reactions under Plasma conditions » ed. par Venugopalan Wiley Interscience, 1965.
- (86) A. Grimaud, D.E.A., U.E.R. des Sciences Limoges, 1972.
- (87) A. Grimaud, *Thèse 3^e cycle*, U.E.R. des Sciences Limoges, 1973.
- (88) H. Gladish, *Hydrocarbon, Process. Petrol. Refiner*, 1962, 41, 156.

- (89) C.S. Stokes, W.W. Knipe et Streng, *J. Electrochem. Soc.*, 1960, **107**, 35.
- (90) S. Korman, *Inter. Sci. Tech.* 1964, **30**, 90.
- (91) J.O. Gibson, R. Weidman, *Chem. Ing. Progr.*, 1963, **9**, 53.
- (92) J.D. Holmgren, J.O. Gibson, C. Sheer, *J. Electrochem. Soc.*, 1964, **111**, 362.
- (93) A.J. Kelly, *J. Chem. Phys.*, 1966, **45**, 1723.
- (94) R.R. John, « Techniques for the Generation of Continuous High Temperature Gas Flows » the Application of Plasmas to Chemical Processing, R.G. Baddour and R.S. Timmins, Editors, M.I.T. Press, 1967, pp. 13-25.
- (95) T.B. Reed, « Plasmas for high Temperature Chemistry », Advances in High Temperature Chemistry, L. Eyring, editor, Academic Press (1967), pp. 259-316.
- (96) D. Whyman, *J. Scient. Instrum.*, 1967, **44**, 525.
- (97) J.W. Bryant et al., *J. Phys. Series Scient. Instrum.*, 1970, **3**, 917.
- (98) A. Petit, C. Bonet, M. Daguene, M. Foex, « Étude expérimentale du transfert de chaleur entre un jet de plasma et une paroi refroidie en rotation ». International Round Table on « Study and application of transport phenomena in thermal plasmas » IUPAC, Odeillo, 12-16 sept. 1975.
- (99) J.C. Monsarrat, C. Bonet, M. Daguene, « Transfert de chaleur entre un arc à l'argon et une paroi refroidie en rotation ». III^e Symposium international de chimie des plasmas, IUPAC, Limoges, 13-19 juillet (1977), Tome III.
- (100) J.K. Tylko, High temperature treatment of materials. Can. Pat. no. 957733, Granted to Tetrionics Ltd. (1974).
- (101) J.K. Tylko, « The in-flight manufacture of irons and steels in an expanded precessive plasma reactor ». III^e Symposium international de chimie des plasmas, IUPAC, Limoges, 13-19 juillet (1977), Tome III.
- (102) Foster Wheeler LTD/Tetrionics LTD « The production of steel from coal and ion core using the Tetrionics expanded precessive plasma », Technical report, dec. 1976.
- (103) J.K. Tylko, G. Hayat, « Plasma devices at mimics of existing technologies and as an independant new technology ». III^e Symposium international de chimie des plasmas, IUPAC, Limoges, 13-19 juillet (1977).
- (104) Arc-Coal Process Dev., Final report May 1966, April 1972, AVCO Corporation Systems Division, Lowell, Massachusetts, USA, 01851.
- (105) H. Gladisch, *Hydrocarbon Proc. Petrol. Ref.*, 1962, **41**, 156.
- (106) M.G. Fey, G.A. Kemeny, « Method of Direct Ore Reduction Using A Short Gap Arc Heater », U.S. Patent 3,765,870, Oct. 16, 1973.
- (107) H. Maecker, *Z. Physik*, 1953, **136**, 119.
- (108) P.H. Wilks et al., *Chem. Eng. Prog.*, 1972, **68**, 82.
- (109) C. Sheer et al., Arc-Vaporization of refractory powders. Proceedings of the Fine Particles Symposium, oct. 1973, Electrochem. Soc. Boston (Mass).
- (110) I.G. Sayce, National Physical Laboratory, London, Private communication Aug., 1976.
- (111) W.M. Goldberger, *Chemical Engineering Progress Symposium Series*, 1966, **62**, 42.
- (112) C. Bonet, G. Vallbona, M. Foex, *Bull. Soc. Fse. Ceram.*, 1972, **94**, 27.
- (113) C. Bonet, G. Vallbona, M. Foex, M. Daguene, P. Dumargue, *Rev. Int. Htes Temp. et Réfract.*, 1974, **11**, 11.
- (114) P. Leprince, *Génie Chimie*, 1963, **B9**, 139.
- (115) K. Feldmann, *Chemie Ing. Tech.*, 1969, **41**, 199.
- (116) Survey of electric technologies, Acetylene Production by electric Means April 1976, Rapport privé.
- (117) Gladish, *Chimie Ingénieur Technik*, 1969, **41**, 204.
- (118) Dupont, Arc Acetylene Process par R.A. Schulze. *Chemistry and industry*, 1968, **9**, 1539.
- (119) J.A. Babcock, Design engineering of an arc acetylene plant ; *Chem. Eng. Process*, 1975, **71**, 90.
- (120) Arc-Coal Process Development, Final report May 1966. April 1972 Avco Corp. Syst. Div. Lowell Massachusetts USA 01851.
- (121) J. Amouroux, *Rev. de physique appliquée*, 1977, **T12**, 1149.
- (122) F.B. Vurzel, L.S. Polak, *Ind. Eng. Chem.*, 1970, **62**, 11.
- (123) « High Energy Arcs Used to Make Hydrocarbons », *Chemical and Engineering News*, 1973, **51**, 36.
- (124) R. Baddour and R.S. Timming, The Applications of Plasmas to Chemical Processing (Cambridge : MIT Press, 1967).
- (125) B. Gross et al., Plasma Technology (New York : American Elsevier, 1969).
- (126) P. Meubus, *J. Electrochem. Soc.*, 1975, **2**, 298.
- (127) P. Meubus, *Can. J. Chem. Eng.*, 1975, **53**, 653.

Élaboration d'une grille d'évaluation des prestations d'étudiants préparant le C.A.P.E.S. de sciences physiques

par M. Fayol, D. Cros, S. Eysseric, J. Lassale, M. Maurin et J.-P. Nouguier

(Unité d'enseignement et de recherche II, Formation scientifique et pédagogique des Maîtres, Université des Sciences et Techniques du Languedoc, place E. Bataillon, 34060 Montpellier Cedex)

Avant-propos

Les étudiants préparant le C.A.P.E.S. de sciences physiques doivent, lors du concours, présenter un exposé ou un montage comportant des expérimentations en physique et en chimie. C'est dans le cadre des montages de chimie que nous avons eu à intervenir. Durant chaque séance, les étudiants de l'Université des Sciences et Techniques du Languedoc, le plus souvent volontaires, présentent leurs montages devant un ou plusieurs responsables scientifiques comprenant un membre de l'enseignement du second degré, un membre de l'enseignement supérieur et un spécialiste en psychopédagogie.

Le sujet sélectionné parmi ceux présentés aux sessions du concours de l'année écoulée, est proposé deux semaines avant la date de la séance. L'étudiant a donc 15 jours pour préparer le montage. Il dispose, pour ce faire d'une bibliothèque spécifique comprenant des ouvrages de cours et de manipulations. Par ailleurs, la salle de travaux pratiques lui est ouverte, lui permettant de s'initier aux expériences qu'il présentera en 30 minutes (conditions du concours) devant les autres étudiants constituant l'auditoire. La salle est équipée d'une paillasse avec eau, gaz, électricité, d'un grand tableau central et de plusieurs petits tableaux latéraux, d'un rétro-projecteur utilisable en permanence et de tout le matériel nécessaire au montage.

Durant la présentation du montage, l'étudiant est filmé et enregistré sur magnéscope. Pendant ce temps, les autres étudiants doivent remplir une grille d'observation qu'ils remettront à l'étudiant à la fin du montage. C'est alors qu'interviennent les responsables scientifiques et l'auditoire pour formuler immédiatement des critiques concernant le contenu, le plan, etc..., le psychopédagogue, M. Fayol, n'intervenant qu'ultérieurement. C'est sur cette dernière intervention que vont porter plus précisément les remarques qui vont suivre.

1. Position du problème

L'enregistrement magnétoscopé nous permet de revoir entièrement ou partiellement la séance, en présence de l'étudiant. Ce dernier peut alors s'auto-évaluer et comparer son auto-critique à celle que nous formulons. Nous avons fonctionné selon cette procédure pendant environ cinq semaines. Passé ce délai d'observation, nous avons graduellement pris conscience de la très nette insuffisance d'une critique globale. Nous-mêmes ressentions le danger d'une imprécision qui ne pouvait être que néfaste aux étudiants. Ceux-ci attendaient de nous des indications claires et précises que nous ne pouvions leur fournir faute d'un diagnostic suffisamment détaillé. Par ailleurs, l'intérêt de l'autoscopie s'en trouvait fortement diminué ; l'estimation des progrès apparaissant comme très intuitive.

Cette analyse de la situation nous a amené à tenter d'élaborer, en ce qui concerne la conduite des montages, une grille de diagnostic de même type que celle utilisée par M. Postic (1977) pour l'évaluation des enseignants.

2. Élaboration et mise au point de la grille

2.1. La première grille

Travaillant seul sur ce sujet et ne disposant que d'un nombre limité d'observations, nous avons procédé de façon purement empirique. Dans un premier temps, nous avons simplement dressé une liste de comportements observables : se placer face au public, lire ses notes, écrire au tableau, etc... Nous avons ensuite regroupé ces items en deux grandes familles : verbalisation/actions. Ensuite, après éliminations ou adjonctions, nous avons composé la première grille (cf. Annexe 1).

Annexe I

	1'	5'	10'	15'	20'	25'	30'	35'
annoncer								
présenter								
commenter								
illustrer								
justifier								
conclure								
reprendre								
reformuler								
poser quest.								
décrire								
manipuler								
chercher								
écrire								
réfléchir								
reg. tabl.								
reg. manip.								
reg. public								
reg. aill.								
se pl. face pub.								
se pl. face tab.								
se pl. face manip.								
marcher								
se balancer								
prép. expé.								
gest. para.								
baisse tête								

reg. = regarder
 manip. = manipulation
 aill. = ailleurs
 pub. = public

tab. = tableau
 se pl. = se placer
 prép. = préparer
 gest. = gestes

la. = langage
 cppt = comportement

Nous avons prévu de consacrer une case par item et par minute en supposant qu'il serait possible de procéder à un relevé toutes les dix secondes. (Chaque relevé s'effectuant au moyen d'une barre verticale.) Effectivement, après quelques heures d'utilisation, nous avons acquis une habileté suffisante pour noter sans hésitations les divers comportements. Voici, à titre d'illustration, le codage correspondant à deux minutes d'un montage présenté par un étudiant (nous avons agrandi les cases de façon à faire apparaître des intervalles de dix secondes mais, dans la pratique usuelle, nous nous bornons à noter les « barres » de gauche à droite).

Après une quinzaine de séances, nous avons

	1 mn					1 mn				
	10 s									
Annoncer	/									
Commenter						/	/			
Décrire		/	/	/	/	/	/	/	/	/
Écrire (au tableau)	/		/	/	/					
Regarder tableau	/		/	/	/					
Regarder public		/				/	/			
Regarder manipulation (= appareillage)								/	/	/

repris l'ensemble des relevés effectués. Cela nous a permis, d'une part, de déceler un certain nombre de défauts dus à la construction empirique de la grille et, d'autre part, de mettre en évidence quelques erreurs flagrantes commises par les étudiants lors de la conduite des montages. Nous reviendrons ultérieurement sur ce second aspect mais — pour l'heure — nous allons expliquer quelles modifications nous avons apportées à la première grille.

2.2. La seconde grille

L'utilisation de la première grille posait trois types de problèmes :

- trop grande dispersion des comportements considérés qui gênait une codification rapide et précise,
- absence de certains comportements, « silence » en particulier,
- mauvaise disposition spatiale : succession des items discutables, manque d'espace de notation.

Pour améliorer notre premier instrument, nous avons alors procédé à un certain nombre de remaniements.

Tout d'abord, nous avons regroupé certains items en essayant d'aboutir à des dichotomies de comportements. Dans cette perspective, nous avons opposé « se placer face au public » à « se placer face au tableau ou à la manipulation » (2 items au lieu de 3). Ensuite, nous avons éliminé les comportements

peu pertinents et rarement observés (reformuler, poser une question...). Enfin, nous avons ajouté la catégorie « silence » ; celle-ci étant apparue comme fondamentale pour la critique des conduites devant les montages. L'ensemble de ces modifications a entraîné la constitution d'une nouvelle grille d'analyse que nous utilisons actuellement (cf. Annexe 2).

Se pose alors la question de l'intérêt d'un tel instrument d'un emploi très contraignant. C'est cet aspect que nous allons maintenant discuter.

3. De l'utilisation des grilles d'analyse des comportements

Nous n'entrerons pas ici dans les détails d'une justification du principe d'emploi de tels instruments. Nous renvoyons le lecteur intéressé à l'ouvrage de M. Postic (op. cit.). Dans une perspective strictement pragmatique, nous discuterons plus particulièrement deux aspects : premièrement, la possibilité de déceler de façon précise les erreurs et carences des étudiants, deuxièmement, l'explicitation d'une « norme » plus ou moins souple de la conduite du montage.

3.1. Le diagnostic

Le diagnostic précis et détaillé constitue une étape indispensable pour permettre aux étu-

dians de se corriger. Il ne saurait en effet être question de se borner à une critique globale souvent décevante et peu propice à une amélioration des prestations. En nous appuyant sur les résultats obtenus avec la première grille, nous allons donner quelques exemples de défauts très fréquents.

Rappelons, tout d'abord, que la présentation d'un montage a lieu en fonction d'un *sujet* que l'étudiant doit comprendre. Le candidat a ensuite pour tâche d'illustrer ou de démontrer certains faits à l'aide d'expérimentations, en liaison avec le thème proposé. Il semble donc qu'on puisse délimiter avec assez de précision les différentes phases de la prestation. Admettons qu'il en existe au moins trois : l'introduction, le développement et la conclusion. Voyons si elles apparaissent lors des montages observés :

a) L'introduction : elle dure peu (20 s en moyenne) et l'étudiant se limite, le plus souvent, à une récitation très rapide de l'énoncé du sujet. Sur les 15 cas, nous n'avons jamais relevé d'annonce du plan, de justification des expérimentations et d'explicitation du thème. Par ailleurs, dans 80 % des cas, le candidat ne regarde pas le public : il lit son sujet inscrit au tableau ou commence à écrire.

b) Le développement : il comporte nécessairement plusieurs expérimentations successives. Chacune d'elle vise un but particulier qui

Annexe II. Préparation oral du CAPES : Grille d'analyse des comportements.

M. Fayol, USTL, UER II, 1977 - 1978

	1'	5'	10'	15'	20'	25'	30'
An							
Com							
Jus							
Ccl							
Dé							
Si							
Ma							
Ec							
Ch							
Réf							
fa. pu							
fa. t. m							
reg. pu							
reg. ail							
cp. pa							

An = annoncer
Com = commenter
Jus = justifier
Ccl = conclure

Dé = décrire
Si = silence
Ma = manipuler
Ec = écrire (tableau)

Ch = chercher
Réf = réfléchir
fa. pu = face public
fa.t.m = face tableau ou manipulation

reg. pu = regarder public
reg. ail = regarder ailleurs
cp. pa = comportement parasite

doit être en rapport avec le thème du montage. Le déroulement peut donc se concevoir ainsi :

- annonce de l'expérience et liaison avec le sujet du montage et (s'il y a lieu) avec l'expérimentation antérieure (but, justification...),
- description du matériel avec justification,
- manipulation assortie de commentaires,
- conclusion fournissant le résultat (qui est le plus souvent écrit), articulation avec le thème, liaison avec ce qui suit, ...et ainsi de suite pour chaque expérience.

Or, il nous est apparu que :

- l'annonce de l'expérience se borne, dans presque 100 % des cas, à une phrase du type « maintenant nous allons voir... ». Les étudiants passent sous silence les justifications et le rappel du but initial. Trop souvent même (60 %) ils commencent à manipuler ou ils écrivent au tableau,
- la description du matériel n'apparaît qu'une fois sur deux,
- les commentaires varient beaucoup d'un individu à un autre. Certains étudiants laissent s'installer un silence oppressant, d'autres au contraire (20 %) expliquent le déroulement au fur et à mesure,
- les conclusions n'apparaissent pas dans 80 % des cas.

c) La conclusion : étape importante, il semble que les étudiants n'en ressentent pas la nécessité : absente dans 80 % des cas (« ...j'ai

fini ») elle apparaît quelquefois mal succincte.

Les relevés individuels sur la grille permettent, en liaison avec l'autoscopie, de s'attacher avec l'étudiant à la mise en évidence des phases négligées, voire escamotées. Cela étant, ils prennent conscience de la nécessité de procéder autrement, c'est-à-dire de se rapprocher d'une « norme » de la conduite du montage qu'il nous faut rapidement préciser.

3.2. Explicitation d'une norme

Lorsque nous procédons au relevé des comportements, nous adoptons une attitude relativement objective (bien que le choix des items renvoie déjà à une norme implicite). Mais, dès que le diagnostic s'ouvre sur la critique, nous nous référons à un « modèle » de la conduite du montage qui doit être explicité. Il faut même envisager très sérieusement de le fournir aux étudiants, en début d'année (ce que nous n'avons pu faire). Là encore, l'utilisation de la grille nous apporte une aide précieuse.

En effet, nous avons reporté sur la grille (cf. Annexe III), en noircissant les cases correspondantes, les comportements souhaitables en fonction du type d'activité en cours. Bien entendu, il s'agit d'un « modèle » grossier qui s'appuie sur une estimation probabiliste du temps consacré à chaque phase. Commen-

tons rapidement ce schéma :

a) L'introduction occupe trois cases (environ 3 mn) et comporte une alternance d'Annonces et de justifications sans qu'il soit possible (au niveau de la grille) d'apporter plus de précisions. Durant cette phase, l'étudiant ne doit se livrer à aucune autre activité ; il lui faut se placer face au public et le regarder. On peut admettre quelques rapides références aux notes ou au plan inscrit au tableau.

b) Le développement est (sur la grille) limité à une expérience pour laquelle nous distinguons par une grossière estimation des temps*

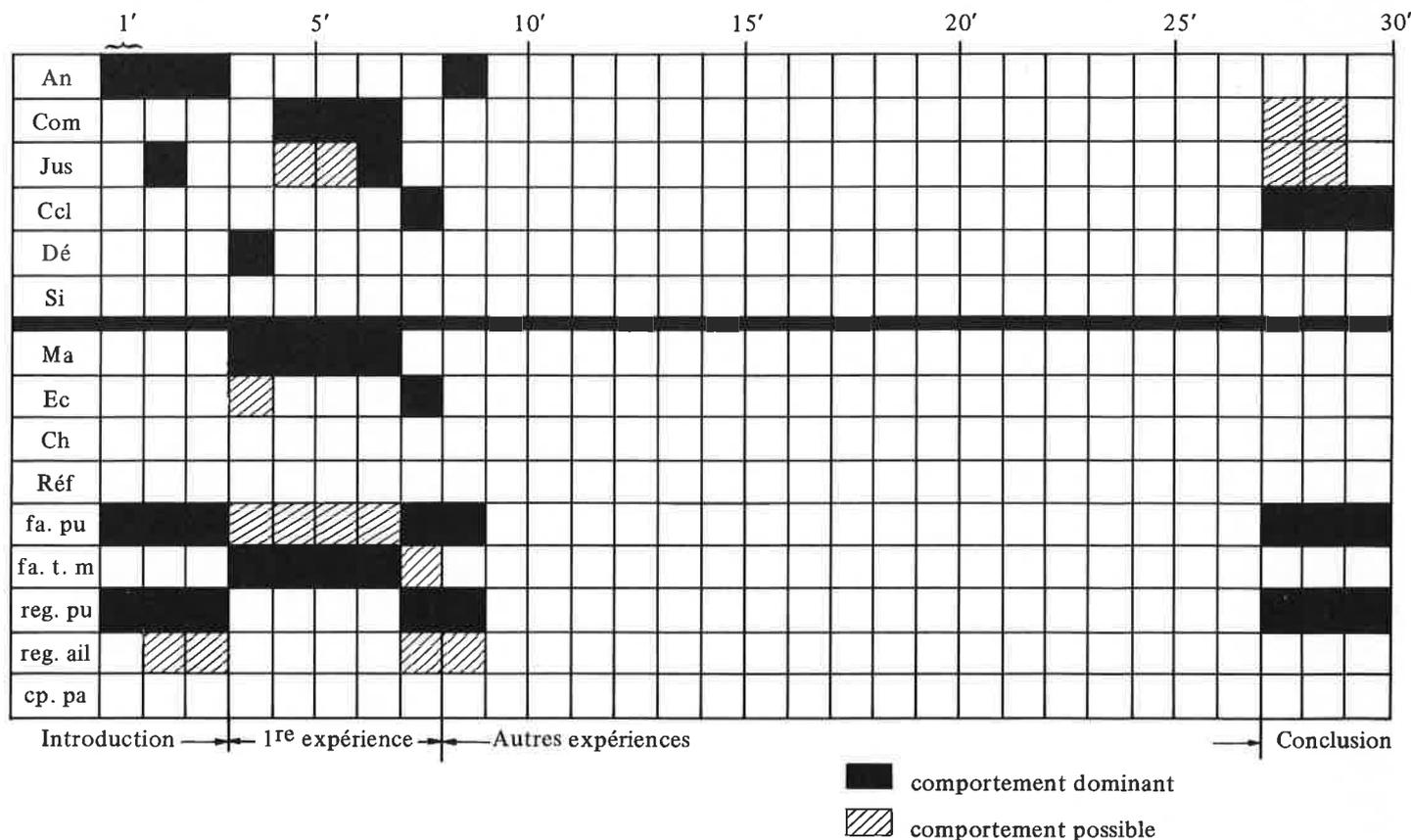
- la description du matériel,
- les commentaires relatifs au déroulement de l'expérimentation,
- les justifications qui peuvent alterner avec les commentaires mais qui apparaissent surtout à la fin,
- les conclusions réservées à la phase finale et qui font la liaison avec le sujet et avec l'expérience suivante.

L'essentiel des comportements consiste en manipulations parfois entrecoupées d'écri-

* Nous avons choisi comme exemple, une expérience durant 5 mn. Il s'agit d'une convention. Si la durée était de 2 ou 15 mn, le schéma général resterait identique.

Annexe III. Préparation oral du CAPES : Grille d'analyse des comportements.

M. Fayol, USTL, UER II, 1977 - 1978



ture au tableau. L'étudiant doit donc regarder surtout l'appareillage mais sans négliger de quêter la réaction du public. Lors de la conclusion partielle, les manipulations s'arrêtent et l'exposé s'effectue face au public, en alternance avec la notation au tableau.

c) La conclusion finale relève des mêmes types de comportements que l'introduction. L'étudiant regarde le public auquel il fait face, il rappelle les conclusions partielles, les justifie et commente leur articulation avec le sujet.

4. Du diagnostic à la formation

Nous avons essayé de montrer que la grille d'analyse élaborée permettait un diagnostic précis et détaillé susceptible de révéler aux candidats au C.A.P.E.S. leurs insuffisances. Par ailleurs, nous avons estimé possible de

définir une « norme » approximative de la conduite du montage. Nous sommes tout à fait conscients de son insuffisance (certains aspects n'apparaissant pas) mais nous sommes aussi convaincus de sa nécessité. Il ne servirait à rien de critiquer les étudiants sans leur expliquer ce qu'on attend d'eux.

Dans la mesure où le diagnostic s'avère suffisamment détaillé et où nous pouvons proposer à l'étudiant le type de correction à apporter à son comportement, il reste à définir comment nous allons pouvoir aider les candidats à parvenir au but fixé et explicité. C'est à ce niveau qu'apparaît l'intérêt d'une analyse en termes d'items comportementaux. Elle permet en effet de simplifier des situations complexes et de les dissocier en « conduites élémentaires ». Dès lors, il devient possible d'utiliser pour l'acquisition de ces dernières les moyens modernes d'en-

seignement et, en particulier, le micro-enseignement.

Nous élaborons actuellement un plan de formation qui entrera en vigueur l'an prochain et qui (partant de l'analyse des comportements au moyen de la grille élaborée) proposera aux candidats au C.A.P.E.S. la possibilité de suivre chaque semaine une séance de micro-enseignement portant sur un comportement précis. Ce plan étant encore en gestation, nous le décrirons dans un prochain article.

Bibliographie sommaire

M. Postic, *Observation et formation des enseignants*, Paris, P.U.F., 1977.
D. Allen et K. Ryan, *Microteaching*, 1969, trad. fra. *le microenseignement*, Paris, Dunod, 1972.

Journées nationales des Cellules d'information et d'orientation universitaires

Les 7, 8 et 9 mai 1978 se sont tenues, à Besançon, les Journées nationales annuelles des cellules d'information et d'orientation des Universités, dont l'ordre du jour était l'insertion professionnelle des étudiants. L'accent a été mis sur la nécessité d'organiser des stages à tous niveaux et dans toutes les filières, si possible. De plus, les « problèmes de Région » ont été longuement évoqués.

Il a été souligné que l'orientation devait comporter obligatoirement une composante pédagogique : des aménagements doivent être étudiés en fonction de débouchés ou de possibilités de reconversion plus ou moins larges.

En 1979 les journées, sous réserve de confirmation, se tiendront à Nice et leur thème continuera celui de Besançon.

Pour tout renseignement complémentaire, s'adresser à Mlle Françoise Boulanger, coordinatrice des Cellules d'information et d'orientation universitaires de la Région parisienne, Université de Paris Sud, Bât. 333, 91405 Orsay Cedex.

Bibliographie *

Note importante

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

Adhésifs

W24. **Durability of adhesive bonded structures** par M.J. Bodnar

Ce livre est le rapport du symposium qui eut lieu à l'arsenal de Picatinny, en octobre 1976, sous l'égide de l'armée américaine. Il présente les progrès technologiques importants relatifs à la qualité des structures qui font lien (jointures de toutes sortes). L'accent est mis sur les facteurs qui déterminent la durabilité de ces jointures et spécialement dans les conditions âpres qui sont parfois rencontrées par l'armée.

Quelques titres de chapitres : Endurance comparée de joints adhésifs en alliage d'aluminium. Procédé sans chrome de préparation de l'aluminium qui constituera des joints adhésifs. Résistance à la fracture des adhésifs structurels. Technologie de l'adhésion en atmosphère anaérobie, etc...

1978, 452 p., 155 F.

Analyse. Chimie analytique

G22. **The determination of sulfur in the presence of other elements or simultaneously with them** (Methods in microanalysis. Volume 6) par J.A. Kuck

Le volume 6 de cette série est exclusivement consacré à l'analyse du soufre dans les substances organiques.

Sommaire. The determination of sulfur by oxidation methods ; The determination of sulfur by reductive methods ; The determination of sulfur by catalytic desulfurization ; The determination of sulfur in the presence of other elements ; The sulfate ion titration by means of new indicators ; The simultaneous determination of sulfur with other elements ; Colorimetric methods for sulfur ; Instrumental methods for sulfur.

1978, 448 p., F 465.

Biochimie. Biologie

W24. **Topics in enzyme and fermentation biotechnology** (Volume 2) par A. Wiseman

Le deuxième volume de cette série sur la biotechnologie enzymatique se présente comme une approche interdisciplinaire, et couvre des sujets comme l'utilisation d'enzymes immobilisées, les problèmes de stabilité des enzymes que l'on emploie ou que l'on stocke, le

* Les prix sont donnés à titre indicatif, de fréquents changements intervenant chez les éditeurs et dans le cours des devises étrangères.

traitement des eaux usées d'origine industrielle (procédés de fermentation), etc...

On y parle aussi de l'emploi des enzymes dans les industries pharmaceutique, alimentaire, textile, et du papier.

Cet ouvrage s'adresse à des biochimistes, chimistes et microbiologistes, ainsi qu'à des ingénieurs de plusieurs industries.

Table des matières : Enzymes immobilisées sur des supports inorganiques. Electrodes à enzymes et organes sensibles basés sur des enzymes. Enzymes inactivant les antibiotiques. Traitement biologique des déchets aqueux. Stabilisation des enzymes.

1978, 300 p., F 210.

A220. Protein resources and technology

par Max Milner, N.S. Scrimshaw et D.I.C. Wang

Il s'agit d'un ouvrage encyclopédique parcourant tous les aspects de la production des protéines dans le monde.

On y parle entre autres des facteurs qui affectent l'offre et la demande en protéines, de l'état actuel et potentiel de ressources spécifiques, des contraintes énergétiques de la production de protéines, des conditions de recherche dans ce domaine, des possibilités commerciales offertes aux produits protéinés non conventionnels, de la valeur nutritive des protéines, de leur toxicologie, et des obstacles que l'on rencontre dans l'amélioration des protéines par des moyens génétiques...

La seconde partie du livre commence par une mise au point rétrospective et prospective sur la production et la consommation des protéines dans le monde ; viennent ensuite une série d'études sur la nutrition, la toxicologie, les nouvelles techniques d'utilisation des protéines, etc... Et finalement, l'ouvrage se termine par une revue de ressources protéiniques particulières : céréales, viandes, poissons, coquillages, etc...

Table des matières : Résumé des buts nationaux et recommandations pour la recherche. Problèmes du développement des ressources en protéines. Revue complète des ressources spécifiques en protéines et besoins technologiques. Appendices. Index.

1978, 656 p., F 290.

P26. Fate and effects of petroleum hydrocarbons in marine organisms and ecosystems

par D.A. Wolfe

Ce livre est le compte rendu d'un symposium organisé en novembre 1976 à Seattle (Washington) sur le thème des effets des hydrocarbures sur les écosystèmes marins.

Il contient 32 publications de recherches originales et de haut niveau, non encore parues dans la littérature scientifique.

On y examine des sujets comme la distribution des hydrocarbures pétroliers dans les systèmes marins, le comportement physique et chimique des hydrocarbures dans l'eau de mer et dans les organismes marins, la toxicité et les effets physiologiques d'une exposition aux hydrocarbures pour une série d'organismes comprenant les mollusques, les crustacés, les poissons, les mammifères et les oiseaux, etc... Des experts en la matière discutent les recherches récentes et fournissent un contexte historique et scientifique aux thèmes traités. Une bibliographie très approfondie étoffe l'ouvrage.

Extraits de la table des matières : Dispersion et altération du pétrole déchargé sur une surface d'eau. Biotransformation des hydrocarbures pétroliers dans les organismes marins indigènes aux zones arctique et subarctique. Transfert des hydrocarbures dans la chaîne alimentaire. Les effets des hydrocarbures pétroliers sur la structure des tissus du poisson. Les effets des hydrocarbures pétroliers sur les communautés et les populations marines, etc...

1978, 470 p., F 280.

H40. Molecular specialization and symmetry in membrane function

par A.K. Solomon et M. Karnovsky

Depuis plusieurs années, les études sur les membranes biologiques prennent de plus en plus d'extension.

Cet ouvrage est l'œuvre de chercheurs américains renommés qui étudient la structure et les fonctions des membranes.

Dans ce livre, les progrès réalisés dans trois domaines particuliers sont présentés : la spécialisation des régions dans les membranes, l'assymétrie dans les propriétés de transport, et la différenciation des faces des cellules dans les épithéliums.

La première section intitulée « Spécialisation au niveau moléculaire », passe en revue des problèmes comme la biogenèse des membranes, la géométrie des relations protéines — lipides, et les propriétés physiques des sites récepteurs des membranes.

La seconde partie s'intitule « Assymétrie dans le transport », on y examine des sujets comme la pompe sodium-potassium, la translocation des protons et le transport des anions.

La dernière partie enfin, intitulée « Les faces polaires dans les épithéliums », décrit les mécanismes de transport des ions dans l'environnement membranaire complexe de surfaces comme l'épithélium tubulaire des reins.

1978, 416 p., F 205.

C76. Hypothalamic hormones : chemistry, physiology and clinical applications

par D. Gupta et W. Voelter

Il s'agit d'un compte rendu du Second colloque européen sur les hormones hypothalamiques qui eut lieu à Tübingen en 1976. La présence d'autorités reconnues sur le plan international a permis des échanges très importants d'idées et a stimulé des nouveaux développements que l'on observe déjà.

Les 53 articles de cet ouvrage examinent, entre autres, les essais de mise au point d'analogues suractifs, les processus régulateurs de libération des hormones hypothalamiques et les mesures ultrafines qui sont indispensables pour le développement de méthodes thérapeutiques rationnelles dans le domaine de la reproduction (contrôle de la fertilité et traitement de la stérilité).

Ce livre s'adresse à des biochimistes, physiologistes et médecins spécialisés en endocrinologie.

1978, 816 p., F 410.

S56. Microbial processes. Volume 9 de la série : « Advances in biochemical engineering »

par T.K. Ghose, A. Fiechter et N. Blakebrough

Dans cet ouvrage, sont publiées quatre communications qui s'adressent aux chercheurs en microbiologie travaillant dans les universités et dans l'industrie.

V.L. Yarovenko : Théorie et pratique de la culture continue des micro-organismes qui interviennent dans les procédés industriels de fabrication de l'alcool.

Les avantages de cette méthode sont décrits en détails : raccourcissement du temps total de fermentation, possibilité de contrôle automatique des conditions expérimentales...

Y. Miura : Mécanismes d'absorption d'hydrocarbures liquides par les microorganismes et cinétique de leur croissance.

Il s'agit d'hydrocarbures à faible solubilité dans l'eau qui déterminent deux phases dans le milieu : une phase aqueuse et une phase d'hydrocarbures.

J.E. Zajic, N. Kosaric, J.D. Brosseau : Production microbienne d'hydrogène. Tous les systèmes responsables de la production d'hydrogène sont examinés, de même que leurs exigences en éléments nutritifs et que les effets de certains milieux de croissance sur cette production d'hydrogène.

T. Enatsu, A. Shinmyo : Synthèse *in vitro* d'enzymes — Aspects physiologiques de la production d'enzymes microbiennes.

On examine ici la synthèse *in vitro* de certaines protéines. La reconstitution d'enzymes est étudiée en rapport avec la traduction d'ARNm isolé.

1978, 160 p., F 185.

G22. Enzyme kinetics : physical bases, data analysis and uses
par Cl. Marmasse

Ce livre s'adressant à des biophysiciens et à des biochimistes est consacré à l'examen des données de base servant à formuler la cinétique des réactions enzymatiques.

Une grande partie de l'ouvrage est aussi consacrée au problème de l'analyse des données expérimentales.

Quoique les facteurs déterminant la cinétique des réactions enzymatiques ne soient pas parfaitement connus, l'étude qu'on en fait ici est extrêmement rigoureuse et valable.

Table des matières : Bases biologiques et physiques. Analyse de la cinétique des réactions enzymatiques. Utilisations de l'analyse de la cinétique des réactions enzymatiques. Appendices.

1978, 240 p., F 195.

S56. Mitosis : facts and questions

par M. Little et collaborateurs

Ce livre rapporte les communications faites au congrès « Mitose : Faits et Questions » qui eut lieu à Heidelberg (Allemagne Fédérale) au Centre de Recherche sur le Cancer au printemps 1977.

Chacun des grands chapitres commence par une introduction générale et par une longue discussion qui sépare les faits « importants » des faits « peu importants ».

Ce livre apporte d'excellentes informations sur la mitose et sur son rôle dans les processus de la division cellulaire.

Il démontre comment les questions posées peuvent être résolues expérimentalement et dans quelle mesure les résultats obtenus avec un petit nombre d'espèces de cellules peuvent être extrapolés à tous les processus mitotiques.

Il servira certainement de base pour des recherches futures sur ce phénomène fondamental.

Quelques chapitres : Le « timing » des événements du cycle cellulaire. Ultrastructure des cellules mitotiques. Centres d'organisation des microtubules du fuseau mitotique. Molécules non tubulaires dans le fuseau. Mouvement des chromosomes : faits et hypothèses. Recherches futures sur la mitose.

1978, 270 p., F 140.

Chimie organique

W24. The chemistry of diazonium and diazo groups. Série : The Chemistry of Functional Groups

par S. Patai

Dans la série intitulée « Chimie des groupes fonctionnels », apparaît ici un ouvrage consacré aux groupes diazo et diazonium.

Comme dans les autres tomes de la série, tous les aspects de la chimie du groupe fonctionnel en question sont envisagés, de même que les effets qu'il exerce dans son voisinage immédiat et aussi, sur le comportement de toute la molécule.

Quelques titres de chapitres : Aspects généraux et théoriques des groupes diazo et diazonium. Chimie structurale. Détection et détermination de groupes diazo et diazonium. Basicité, acidité et liaison hydrogène. Photochimie des groupes diazo et diazonium. Cinétique et mécanismes des réactions dans lesquelles interviennent des groupes diazo et diazonium. Synthèse de diazoalkanes. Préparation et usages de composés diazo et diazonium marqués aux isotopes, etc...

1978, Part 1 : 528 p., F 365. Part 2 : 544 p., F 400. Les 2 parties ensemble : F 735.

État solide

W24. Thin films : interdiffusion and reactions

par J.M. Poate, K.N. Tu et J.W. Mayer

Dans ce livre, on examine en détail les techniques de mesure des réactions des films fins ainsi que les lois physiques et chimiques qui sous-tendent ces réactions.

Ceux qui sont concernés par les circuits intégrés, les éléments supraconducteurs et les structures de conversion de l'énergie solaire, comprendront mieux, grâce à ce livre, les réactions des films fins dans ces différentes situations.

Quelques titres de chapitres : Chimie et physique des interfaces solide-solide. L'interface semiconducteur-conducteur. Électromigration dans les films fins. Réactions des semiconducteurs à composition métallique...

1978, 688 p., F 310.

Industrie

A4. Industrial applications of lasers

par J.F. Ready

Ce livre décrit les applications des lasers à des problèmes industriels pratiques comme le contrôle des dimensions, les coupes, les soudures, le forage, l'analyse de vibrations et de tensions, l'inspection de surfaces, les analyses spectroscopiques, etc...

On peut souligner dans cet ouvrage les informations fondamentales permettant la compréhension des opérations du laser, les explications pratiques sur l'utilisation du laser sans détails mathématiques, la description des applications actuelles du laser avec des exemples spécifiques permettant au lecteur de solutionner ses propres problèmes, le répertoire des soins nécessaires pour l'entretien du matériel, et l'examen des conditions de sécurité à respecter.

Cet ouvrage de référence s'adresse à des ingénieurs concernés par l'usage du laser.

Extraits de la table des matières : Propriétés de la lumière laser. Alignement et outillage. Principes utilisés pour les mesures. Mesures faites dans l'environnement. Interactions des rayons laser à haut pouvoir avec la matière. Utilisation de la chaleur des laser : les soudures. Utilisation pour l'extraction de matière : coupes, forage. Optiques intégrées et fibres optiques.

1978, 608 p., F 180.

A92. Industrial and laboratory alkylations (A.C.S. Symposium n° 55)

par L.F. Albright et A.R. Goldsby

Ce livre est l'œuvre d'experts de l'alkylation qui décrivent leurs recherches sur les mécanismes qui entrent en jeu dans des problèmes industriels.

Les 27 chapitres qui constituent cet ouvrage sont assemblés en quatre groupes dont le premier décrit les aspects théoriques et fondamentaux de l'alkylation : chimie, mécanismes, et catalyseurs pouvant être utilisés en plus des acides sulfurique et fluorhydrique. La plupart des communications de ce groupe sont consacrées à l'alkylation de l'isobutane en vue d'obtenir des combustibles de haute qualité.

Le second groupe discute des aspects pratiques de l'alkylation de l'isobutane.

La troisième partie du livre traite de l'alkylation d'hydrocarbures aromatiques et hétérocycliques et décrit, entre autres, la plus grande usine d'éthylbenzène du monde ; cette usine est basée sur un nouveau procédé unique d'alkylation.

La dernière partie enfin, examine la liquéfaction du charbon qui pourrait servir de nouvelle source de combustible liquide. Dans certains cas, l'alkylation intervient utilement dans ces procédés de liquéfaction.

1978, 460 p., F 175.

M17. Stérilisation et désinfection par les gaz

par M. Chaigneau

L'emploi des gaz pour la stérilisation et la désinfection a pris un grand essor depuis quelques décennies dans de nombreux domaines : le matériel médico-chirurgical en raison des nouveaux matériaux qui les constituent, certains médicaments et leur conditionnement, la conservation des produits alimentaires, la protection des végétaux,

l'assainissement des sols, la propreté des locaux, etc. D'où la grande diversité des disciplines intéressées par ces nouvelles méthodes parfois irremplaçables : sciences médicales, pharmaceutiques, vétérinaires, agronomiques, bromatologie, recherche spatiale...

Dans la mesure du possible chaque monographie comporte les propriétés physiques, chimiques, physiologiques, toxicologiques, bactéricides, virucides, fongicides, insecticides ainsi que le champ d'application contre les micro-organismes, les insectes, les parasites des sols, etc. Chacune d'elles est accompagnée d'un résumé concernant les principales méthodes analytiques afférentes en vue de faciliter le contrôle des mélanges gazeux utilisés et de suivre la désorption à partir des produits soumis à leur action.

1978, 348 p., F 300.

Industries alimentaires

N84. Textured protein products

par M. Gutcho

Cette quarante-quatrième monographie publiée dans le domaine de la technologie alimentaire est consacrée aux produits protéiques texturés. Fruit de nombreuses recherches effectuées dans le cadre des succédanés alimentaires riches en protéines et autres éléments nutritifs, notamment en ce qui concerne les produits de substitution à la viande animale comestibles par l'homme, l'ouvrage contient la description de quelque 176 procédés et techniques concernant la réalisation de toute une variété de produits de remplacement, ainsi que les matières premières employées. Le nombre de ces procédés figure en regard de chacun des 7 grands chapitres qui les décrivent : Fibres filées (27). Fibres non filées (20). Techniques de texturisation (19). Succédanés de viandes (43). Autres aliments texturés (31). Agents aromatiques pour les succédanés de viandes (16).

1977, 355 p., F 250.

N84. Yeasts for food and other purposes

par J.C. Johnson

Cette monographie (la 45^e publiée dans le cadre de la technologie de l'alimentation) s'ouvre sur des généralités relatives à la définition, l'origine, les propriétés et les applications des levures dans le domaine de l'alimentation. L'auteur décrit quelque 160 procédés, dont une centaine se rapportent au développement des cellules d'agents de fermentation et à l'utilisation des protéines de levures pour l'alimentation humaine et animale. Une quarantaine d'autres de ces procédés traitent de l'application des levures dans les opérations de modifications enzymatiques d'autres protéines, ou comme procédés de fermentation de produits de boulangerie-pâtisserie, ou encore dans la fabrication de certains produits chimiques, d'agents d'encapsulation. Têtes de chapitres, suivies du nombre des procédés qui y sont décrits : General processes (28). Growth on hydrocarbons (21). Other carbon sources (21). Cell treatments (27). Texturizing yeasts protein (7). Yeast modified foofs (13). Baked goods (24). Production of chemicals (14). Yeasts as condiments (14). Yeasts in animal feeds (12).

1977, 345 p., F 230.

A92. Flavor quality : objective measurement

par R.A. Scanlan

Depuis 15 ans, beaucoup de progrès ont été faits dans la mesure objective de la qualité du goût des aliments.

Des méthodes chromatographiques sophistiquées ainsi que de nombreux autres systèmes ont rendu possible la séparation de beaucoup de composés et l'étude de la structure des goûts.

Des progrès ont aussi été réalisés dans les techniques d'évaluation des sensations.

Tous ces derniers développements sont présentés ici en huit chapitres Extraits de la table des matières : Mesure objective de la qualité du goût. Corrélation entre l'intensité de l'odeur et la pression de vapeur d'une part, et les propriétés structurales des « odorants » d'autre part. Mesures de la qualité du goût de pommes, de jus de pommes et de cidres fermentés. Utilisation de modèles de régression pour l'évaluation objective du goût de jus d'orange fabriqué pendant quatre saisons...

1978, 127 p., F 100.

Pharmacologie

D14. Biochemistry of mental disorders ; New Vistas

par E. Usdin et A.J. Mandell

Il s'agit du compte rendu d'un symposium sur la biochimie des désordres mentaux organisé en l'honneur du Dr Seymour Kety. Celui-ci a en effet donné une nouvelle orientation à cette science en encourageant des chercheurs de pointe à comprendre les maladies mentales tant en termes humains qu'en termes de fonctionnement ou non-fonctionnement de mécanismes biologiques.

Quatre thèmes principaux illustrent ce livre : la génétique de la psychopathologie ; la neurochimie et la psychopharmacologie de phénomènes humains comme le sommeil, les sentiments et la pensée ; les désordres affectifs et leur traitement étudiés à partir du comportement et de données neurologiques ; la sérotonine. Cet ouvrage de psychiatrie basée sur des mécanismes biologiques est original et d'un intérêt certain pour les biochimistes, les neurologues, les physiologistes, les psychologues et les pharmacologues.

1978, 268 p., F 275.

S56. Quantitative aspects of allosteric mechanisms. (Volume 28 de la série : « Molecular Biology, Biochemistry and Biophysics »)

par A. Levitzki

Ce livre examine de façon concise et complète les phénomènes régulateurs d'allostérie et de « coopérativité ».

On y trouve une analyse détaillée des phénomènes d'allostérie ainsi qu'une évaluation critique des différences entre les modèles allostériques et leurs possibilités d'application à des situations réelles. Pour la première fois, l'analyse complète des différents modèles allostériques est donnée et comparée avec l'approche thermodynamique pure.

Cet ouvrage servira grandement aux pharmacologistes et endocrinologistes ainsi qu'aux spécialistes des enzymes et des récepteurs. De plus, il fournit les lois fondamentales pour l'étude des interactions ligand-protéine et ligand-récepteur.

Table des matières : Introduction. Concepts de base du contrôle allostérique. Structure des protéines à subunités multiples. Coopérativité dans les protéines à subunités multiples. Concepts de base. Énergie des interactions subunitaires. Modèles moléculaires pour les interactions de coopérativité et d'allostérie. Types spéciaux de systèmes coopératifs. Appendices. Références.

1978, 130 p., F 130.

Nouveautés Interchim

- Les nouvelles colonnes ouvertes « Wcot » capillaires de haute performance pour chromatographie en phase gazeuse sont préparées selon une technique très élaborée fondée sur les travaux du Prof. Verzele et de son équipe, à l'Université de Gand. La surface intérieure des capillaires revêtues de Whiskers par traitement spécifique permet le dépôt d'une couche uniforme de phase stationnaire, et ce même pour des phases réputées jusqu'à présent inutilisables en capillaires.

Les performances atteintes par ces colonnes sont inégalables.

Chaque colonne est contrôlée et livrée avec un chromatogramme test. Un assortiment des modèles les plus courants est disponible sur stock.

- Le Microrefluxer, pour réaction chimique et dérivation, est un appareil spécialement conçu pour permettre d'effectuer de façon simple et reproductible des réactions à reflux sous de faibles volumes de 5 µl à 5 ml. Des séries de 6 à 12 échantillons peuvent être refluées simultanément. L'appareil est livré complet avec bloc de chauffage, et régulation, condensateur à vibration, dispositif de refroidissement, série de micro-ballons, etc...

- Le RSIL est un nouveau gel de silice pour chromatographie liquide haute performance. Ce remplissage de diamètre moyen de pore de 60 Å et de surface spécifique 550 m²/g est préparé par des techniques ultra-modernes. Il présente une granulométrie particulièrement resserrée (5 ou 10 µm). Ses caractéristiques permettent d'obtenir des perméabilités de colonne et des reproductibilités supérieures. Le RSIL est présenté également sous forme de phase inverse, C 3, C 18 avec charges élevées et faibles charges, échangeur de cation et d'anion...

- Une gamme complète de nouveaux raccords, à volume mort nul, pour chromatographie à haute performance, issue des recherches d'un des tout premiers fabricants mondiaux de vannes, est offerte commercialement pour la première fois. La conception de ces raccords rend leur utilisation souhaitable, si ce n'est indispensable, pour toute chromatographie à haute performance. Leur prix, très compétitif, les rend largement accessibles. Ils sont évidemment compatibles avec les raccords classiques habituels.

- Catalogues Interchim

Interchim nous communique la sortie de nouveaux catalogues : le catalogue Dialyse ultrafiltration, le catalogue Peptides-biologiques, le catalogue Chromatoguide en couche mince, un catalogue des colonnes capillaires et HPCG, la liste complète des

produits Fluka, la notice Conostan pour les standards organométalliques, et le catalogue Horizons nouveaux en chromatographie n° 23 qui reprend la liste des hydrocarbures étalons de haute pureté préparés par Elf-Serti par chromatographie préparative.

Le chromatoguide « Chromatographie en phase gazeuse » est un tableau mural de 64 × 44 cm, qui est adressé gracieusement à toute personne en faisant la demande. Ce tableau donne notamment les caractéristiques des principales phases utilisées en chromatographie gazeuse.

- Interchim présente une nouvelle classe de substrats fluorogéniques : Les Nitroanilides ont été largement utilisés comme substrats chromogéniques pour la détermination de l'activité amidase, benzoylarginine-*p*-nitroanilide pour la trypsine, glutarylphénylalanine *p*-nitroanilide pour la chymotrypsine, etc... Les amides dérivés du 7-amino-4-méthylcoumarine apparaissent comme une nouvelle classe de substrats fluorogéniques pleine de promesse, le produit d'hydrolyse : 7-amino-4-méthylcoumarine étant fluorescent et permettant une sensibilité accrue. La sensibilité de détection atteint ainsi 0,5 µg/ml de chymotrypsine à pH 8.

Renseignements : Interchim SA, La Loue, BP 15, 03103 Montluçon Cedex. Tél. (70) 29.47.33.

Technigraph, nouveau produit pour le dessin technique

Letraset présente un programme nouveau destiné uniquement au dessin technique et industriel.

Une étude très complète des besoins de ce marché a été effectuée pour connaître les exigences et les impératifs permettant d'obtenir un produit qui facilite le travail des dessinateurs techniques en assurant un résultat parfait.

Une sélection de 2 000 dessins normalisés a été faite. Ces dessins sont reproduits de nombreuses fois journalièrement par les dessinateurs et dans les bureaux d'études des 8 secteurs d'activités industrielles :

- électronique, électrotechnique ;
- hydraulique, pneumatique ;
- mécanique, soudure ;
- chauffage, ventilation, robinetterie ;
- circuits imprimés ;
- chimie ;
- symboles logiques.

Le résultat est le Technigraph qui opère par transfert technique et qui présente trois nouveaux composants :

- le support : plus rigide ;
- l'encre : parfaitement opaque et aussi compatible à 100 % avec l'encre de Chine ou le crayon ;
- l'adhésif à accrochage variable.

Les grandes papeteries spécialisées dans la fourniture de matériels de dessin commercialisent ce nouveau produit.

Nouveaux produits Whatman

Whatman SA présente une nouvelle gamme de plaques de chromatographie sur couche mince qui représente un choix de près de 60 produits différents et réellement nouveaux et qui apportera une solution aux problèmes analytiques avec :

- des gels de silice de structure et répartition différents ;
- des techniques chromatographiques nouvelles à polarité de phases inversée, à haute résolution sur gel de silice de 5 μm ;
- des zones de dépôt d'échantillon non adsorbantes pour une résolution et une sensibilité améliorées.

Autres caractéristiques : présentation unique en conteneur individuel pour une protection chimique et mécanique efficace, zones de dépôts éliminant tout applicateur mécanique de précision, présentation en multibandes pour des analyses simultanées. Les principaux types de plaques actuellement disponibles sur le marché comportent : des plaques linéaires, des plaques à phase greffée, des plaques à haute performance, des plaques classiques, des plaques préparatives, des accessoires et réactifs.

- Le nouveau papier en fibres de verre de Whatman pour la filtration de l'air est fait à 100 % de microfibrilles de borosilicate, sans liant, il peut être utilisé dans tous les appareils de prélèvements pour analyse de l'air actuellement sur le marché.

Il assure le prélèvement d'échantillons d'air en 24 h (1,7 m³/mn) à travers une surface de 400 cm².

C'est un support idéal pour les analyses de substances organiques, de nitrates, de sulfates, d'éléments lourds et toxiques comme certains métaux, les ions ammoniums et fluorés. On peut l'utiliser à de hautes températures jusqu'à 500 °C et sa résistance mécanique est également importante.

Il est disponible en feuilles numérotées et en disques de divers diamètres.

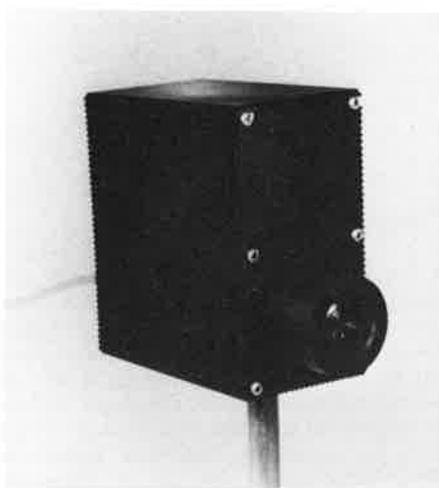
Renseignements : Whatman SA, Zone industrielle, 45210 Ferrières.
Tél. : (38) 95.74.15.

Source pulsée 3000

La nouvelle source pulsée d'Oriel est compacte et très pratique. Elle émet le spectre du xénon de 200 à 900 nm, la fréquence des impulsions est réglable.

Un système de détection (photomultiplicateur ou photodiode) est compatible avec cette source, la lecture du signal est digitale. Ces deux instruments peuvent être équipés de tous les accessoires Oriel.

Applications : fluorescence et spectrofluorescence, absorption des solutions denses et troubles, mesures de réflexion à la lumière ambiante, microscopie et photolyse éclair



(en photochimie), stroboscopie, mesures des coefficients de transmission des fibres optiques.

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

Le thermomètre portatif IR « Infratrace »

Prud'Homme introduit sur le marché « Infratrace », un thermomètre à infrarouge, portatif, sans contact, réalisant des performances nouvelles pour ce type d'appareil. « Infratrace » existe en deux versions : la première couvrant de 0 à 1 000 °C, l'autre de 600 à 2 000 °C.

Les mesures sont indiquées presque instantanément en chiffres lumineux très lisibles de 12,5 mm de haut, du type à cristaux liquides. L'appareil fonctionne soit de manière autonome (piles standards incluses dans le boîtier), soit par alimentation extérieure de façon permanente ou semi-permanente. Il est équipé d'une sortie qui permet des enregistrements graphiques.

Quelques-unes de ses possibilités : l'indication, parmi plusieurs températures mesurées, de la température maximale ; l'indication des moyennes des températures mesurées, de



la température maximale ; l'indication des moyennes des températures ; la mémorisation...

Le retour automatique au zéro constitue un progrès considérable qui simplifie beaucoup la prise de mesure et en garantit la constance rigoureuse.

Dans la même génération des mini-appareils, la société Prud'homme met également sur le marché trois autres appareils :

- Une petite unité électronique pour la mesure des températures : Accutherm.
- Un pH-mètre, précis au centième : Accuchem.
- Un compte-tours, opérant sans contact, dans la gamme de 100 à 20 000 tr/mn : Accurev.

Renseignements : Prud'Homme Département électronique, 25, Chemin d'Aubervilliers, 93202 Saint-Denis Cedex 1. Tél. : 834.93.94.

Automatisation des traitements de fichiers

Kodak présente un terminal d'exploitation de micro-images intégrant un micro-processeur. Cet équipement, le terminal micro-image Kodak IMT 150 permet de retrouver en moins de 10 secondes un document parmi plusieurs millions stockés dans une banque de données microfilm.

Quinze programmes de recherche sont préétablis, chacun étant adapté à des cas d'applications spécifiques (recherche à incrément croissant ou décroissant, recherche à plusieurs niveaux par sélection séquentielle ou sur plusieurs pistes...). Il suffit à l'opérateur de sélectionner le programme choisi.

Le microprocesseur dispose d'un ensemble de mémoires spécialisées, pouvant stocker jusqu'à quarante adresses de recherches. Le simple rappel de la mémoire concernée permet de retrouver le document recherché.

L'appareil peut, en outre, être connecté avec un ordinateur, qui transfère les informations recherchées par l'intermédiaire de l'interface Kodak CAR.



Enfin, un module de reproduction permet d'obtenir, rapidement et facilement, des copies nettes sur papier sec, selon deux formats, au choix de l'opérateur. Une version sans module reproducteur est également disponible.

Renseignements : Kodak-Pathé, 8-26, rue Villot, 75012 Paris. Tél. : 347.90.00.

La pompe Perkin-Elmer Série 1 pour chromatographie en phase liquide

Les pompes des chromatographes en phase liquide Perkin-Elmer Série 2 et Série 3 sont désormais vendues séparément sous la désignation de Série 1. La pompe pour chromatographie en phase liquide Série 1 intéressera tout particulièrement ceux qui préfèrent construire eux-mêmes leur équipement à partir d'éléments modulaires ou ceux qui désirent réaliser la chromatographie en phase liquide au prix le plus bas.

Débitant, de 0,1 à 29,9 ml/mn, sous une pression maximale de 414 bars, la pompe de Série 1 convient de manière idéale au chercheur pour le pompage des solvants, aux analystes chargés du contrôle de qualité (ou travaillant indépendamment sous contrat) et à tous ceux qui ont recours à la chromatographie en phase liquide pour des tâches particulières telles que les travaux de chromatographie préparative.

Il existe également une version complémentaire de la pompe Série 1, destinée à alimenter un second circuit indépendant. Ce modèle complémentaire emprunte une grande partie du système électronique du modèle principal. Ces deux versions de la pompe Série 1 s'adaptent à tous les équipements facultatifs et les accessoires de la Série 2.

Renseignements : Perkin-Elmer France, 19, rue des Peupliers, 92 Bois-Colombes. Tél. : 784.74.74.

L'automate de transfert multi-canaux Parallel

Roucaire présente l'automate de transfert multi-canaux d'American Monitor. Cet automate de transfert à très haut rendement

« Parallel[®] », est capable de réaliser simultanément jusqu'à 30 dosages sur le même échantillon, à la cadence maximale de 7 200 dosages par heure. Le coût de fonctionnement est particulièrement bas. Seuls les dosages désirés sont effectués et ce, à l'échelle microanalytique.

« Parallel[®] » est pourvu d'un système original d'identification positive : chaque carte de demande d'examen porte une étiquette codée (code bar) qui, fixée sur le tube de prélèvement, évite toute erreur de repérage de l'échantillon, depuis la demande d'analyse, jusqu'à l'édition du rapport individuel. En routine, l'automate peut réaliser des

profils ou des bilans de composition variée, choisis parmi les 30 chimies disponibles. Il peut, de plus, calculer les valeurs composées à partir des résultats de plusieurs dosages (exemple rapport albumine/globuline).

Renseignements : Roucaire SA, 20, avenue de l'Europe, 78140 Vélizy, BP 65. Tél. : 946.96.33.

Analyseur multi-canaux à dispersion d'énergie

L'analyseur multi-canaux à dispersion d'énergie, modèle 860 de Link Systems, incorpore les toutes dernières techniques électroniques de pointe. L'élément central de cet appareil est constitué par un mini-ordinateur à base d'un micro-processeur spécialement adapté afin de supprimer les compromis éventuels résultant de l'emploi de micro-processeurs standards.

Sur le plan ergonomique, cette chaîne d'analyse est très étudiée, en témoignent ses organes de commande à distance qui peuvent être intégrés avec les commandes du microscope électronique aux emplacements les plus fonctionnels, évitant ainsi les déplacements inutiles lors de l'exploitation du complexe microscope-analyseur.

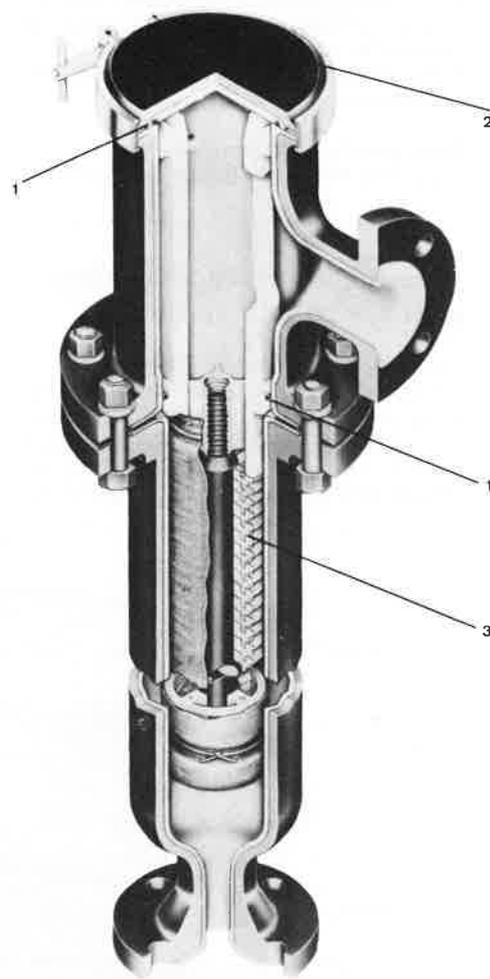
Le système de base comporte une mémoire totale de 14 K, dont 8 K de mémoire RAM (Random Access Memory) et 6 K de mémoire PROM (Programme Read Only Memory). La mémoire PROM supprime tout besoin d'appareils périphériques pour la mise en place du programme standard de fonctionnement. L'entrée des données spectrales est effectuée par une méthode d'accès direct à la mémoire (Direct Memory Access), permettant des taux de comptage très élevés et qui donne ainsi la possibilité de profiter au maximum des caractéristiques des processeurs d'impulsions type 2010. La capacité de la mémoire RAM peut être augmentée jusqu'à 32 K pour les programmes d'analyses quantitatives. Un programme de développement continu de logiciel permet d'effectuer des mises à jour par le simple remplacement de la mémoire PROM.

Des détecteurs au lithium-silicium, d'une résolution de 140 à 160 eV, sont disponibles pour compléter l'ensemble et sont équipés d'interface pour des modèles de microscopes électroniques à balayage, transmission et sondes.

Renseignements : Link Systems, Le Mazière, rue des Mazières, 91000 Evry. Tél. : 078.10.20.

Nouveaux filtres tubulaires de Durco

Durco Europe vient de lancer sur le marché un nouveau système de filtres tubulaires résistant à la corrosion, qui permet une filtration continue à un débit pouvant aller jusqu'à 250 m³/h et qui retient toutes les



particules jusqu'à une grandeur nominale de un micron.

Spécialement conçus pour l'industrie chimique, pétrochimique, de transformation des métaux et du papier (où sont souvent utilisés de nombreux et divers liquides hautement corrosifs), les filtres tubulaires de Durco sont livrables revêtus à l'intérieur soit de polyoléfines (polypropylène, polybutylène, etc...) pour des températures jusqu'à 65 °C, soit de fluorocarbones (PTFE, Téflon, PFA, etc.) pour des températures jusqu'à 95 °C. Revêtement, élément de filtre et boîtier sont tous produits dans des conditions strictes de contrôle de qualité afin d'assurer une résistance parfaite aux produits chimiques, à la chaleur, à l'absorption et à la perméation.

Les éléments du filtre à nettoyage discontinu sont fournis dans des matériaux résistant à la corrosion et dans un grand choix de rétention (de 1 à 250 microns). Un joint torique placé entre les éléments du filtre et le boîtier évite toute fuite jusqu'à une différence de pression de 10 bars.

Les filtres livrables en version simple, double ou multiple utilisent tous la technique de nettoyage discontinu à choc de Durco. Les filtres à plusieurs éléments peuvent être entièrement automatisés pour synchroniser le nettoyage de l'ensemble du système, dans quel cas on n'a besoin que d'un sixième du liquide habituellement nécessaire pour le nettoyage discontinu conventionnel et la présence d'un opérateur devient superflue. Parmi les applications types, on trouve les

acides (acide acétique, chromique, chlorhydrique, nitrique, sulfurique), la saumure, l'acétate de cellulose, les agents de blanchiment à base d'hypochlorite, l'oléum, le sulfite de sodium, etc.

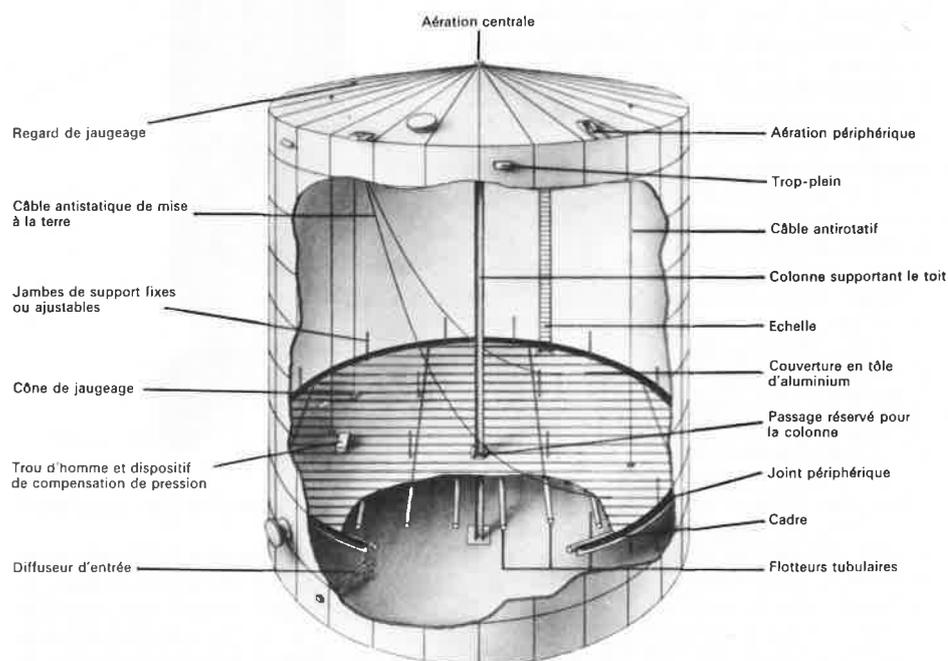
Renseignements : Durco Europe SA, rue Verte 216-266, Bte 7, B-1030 Bruxelles.

Écrans flottants en aluminium pour réservoirs à toit fixe

Les Vaconodeck (marque déposée d'Alusuisse) sont des écrans flottants en aluminium, composées de la charpente, des tôles de couverture et des flotteurs tubulaires, pouvant être montés selon un système modulaire dans des réservoirs existants ou neufs

avec toit fixe. Tous les éléments individuels peuvent être introduits par le trou d'homme dans le réservoir et assemblés au moyen de boulons et d'écrous en quelques jours seulement. Un écran Vaconodeck flotte sur le liquide, monte et descend avec le niveau de celui-ci et rend la surface étanche. Grâce aux écrans Vaconodeck, les pertes par évaporation des produits chimiques et pétroliers facilement volatils sont fortement abaissées. Les écrans Vaconodeck empêchent, dans une large mesure, la pollution de l'air et provoquent en même temps une diminution de pertes par évaporation évitables de produits bruts irremplaçables.

Renseignements : Alusuisse, Schweizerische Aluminium AG, Chippis/Zürich, CH-8048 Zürich, Buckhauserstrasse 11.

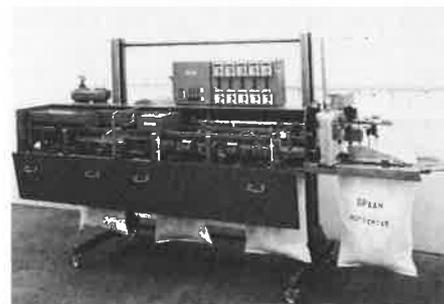


Fermeture par soudure et couture de sacs grande contenance

La fermeture des sacs en polypropylène est généralement réalisée par couture simple. Mais certains produits (chimiques, engrais, alimentation pour bétail, poudres, produits hygroscopiques, etc...) doivent être conditionnés de façon étanche. Dans ce cas, la présence d'une poche interne en polyéthylène, fermée de façon étanche, devient nécessaire. Or, par une simple couture, les sacs combinés PE-PP ne sont pas fermés hermétiquement. Une soudure entre PE et PP n'est pas possible à cause des différentes températures de fusion.

Doboy Verpackungsmaschinen GmbH a résolu le problème en combinant couture et soudure avec la machine modèle S-CH/D 95 A.

Cette machine soude parfaitement en continu sur 15 mm de large la poche interne PE sans détériorer la résistance mécanique du tissu PP. Les opérations suivantes sont exécutées automatiquement : la couture du sac PP et de la poche PE, la soudure de la poche PE à travers le tissu PP, le refroidissement de la soudure par air.



Renseignements : Doboy Verpackungsmaschinen GmbH, D-2000 Schenefeld/Hambourg, RFA.

Analyse spectrale 19, 27	État solide 14, 25
Biochimie, Biologie 7, 10, 16, 21, 23	Formation continue 1, 32
Catalyse 22	Génie chimique 8
Chimie analytique, analyse 6, 24, 26, 28, 30	Industrie 1, 5, 8, 9, 17, 18, 28, 29, 30, 31
Chimie de coordination 21, 27	IUPAC 27
Chimie minérale 4, 27	Métallurgie 28, 30
Chimie organique 3, 6, 7, 10, 12, 13, 16, 21, 22, 28	Océanographie 6
Documentation 2,	Organométalliques 12
Économie 28, 29	Pharmacie, pharmacologie 10, 15
Électrochimie 14, 27	Pollution 5
Énergie 1, 8	Polymères 9, 11, 18
Enseignement 20	Publications 27, 28, 29, 30, 31
	Salons 24
	Surface 17

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

1. Formation des ingénieurs et meilleure gestion de l'énergie et des matières premières

Ce colloque, organisé par le Comité d'Études sur les Formations d'Ingénieurs (CEFI), avec le patronage de l'Agence pour les Économies d'Énergie et de la Délégation aux Économies de Matières Premières, se tiendra à l'École Centrale des Arts et Manufactures à Châtenay-Malabry, les 15 et 16 novembre 1978. Conçu à l'intention de tous les formateurs d'ingénieurs, il vise à provoquer des échanges de vue sur les actions à mener dans les écoles d'ingénieurs en fonction de l'importance prise par les notions de ressources naturelles limitées et son corrélat qui est l'amélioration de la gestion de l'énergie et des matières premières.

Sept thèmes principaux seront traités au cours de deux journées, sous la conduite d'un responsable (indiqué entre parenthèses).

1. Données générales sur les ressources naturelles (M. Guillemin, BRGM).
2. Comment repenser l'enseignement de la thermodynamique ? (M. Le Goff, ENSIC).
3. Analyse et optimisation des systèmes complexes. Compétences souhaitables pour les ingénieurs (M. Pelegrin, ENSAE).
4. Les options énergétiques dans les formations d'ingénieurs (M. Kling, ECP).
5. Comment concevoir une option matériaux ? (M. Poupeau, ECP).
6. Analyse économique étendue des choix (M. Stioui, CEREN).
7. Intérêt comparé des diverses voies pédagogiques (Mme Morin, Services scientifiques Washington).

Renseignements : Comité d'Études sur les Formations d'Ingénieurs, 4, rue Cambon, 75001 Paris. Tél. : 261.51.45.

2. Documentation

Le Centre National de l'Information Chimique communique :

Aux termes de l'accord conclu récemment entre l'American Chemical Society et le Centre National de l'Information Chimique, notre organisme, nouvel associé de Chemical Abstracts Service, détient l'exclusivité de la distribution et de la vente des services CAS en France (publications, microfilms, bandes magnétiques) à partir du 1^{er} janvier 1979.

Les publications périodiques imprimées nous parviendront des États-Unis par envoi groupé (à l'exception de Chemical Industry Notes) en fret aérien et seront réexpédiées le plus rapidement possible. Nous pensons ainsi réduire à une ou deux semaines les délais de transmission qui sont actuellement de six à huit semaines.

Toutes les commandes relatives aux services CAS sont à adresser au C.N.I.C. ainsi que les règlements, à effectuer en francs français. Le catalogue des services CAS, avec la liste des prix, est à demander au Centre National de l'Information Chimique, 26, rue Boyer, 75971 Paris Cedex 20, Tél. : 636. 33.25.

Stages organisés par le CNIC :

- La recherche documentaire automatisée dans le système d'information chimique CA Search, les 20 et 21 novembre 1978.
- Connaissance et utilisation du fonds documentaire Chemical Abstracts, le 18 décembre 1978.
- Les applications de la documentation automatisée à l'environnement, le 11 décembre 1978.

Pour tous renseignements, s'adresser au Centre National de l'Information Chimique (CNIC), 26, rue Boyer, 75971 Paris Cedex 20. Tél. : 636.36.94.

3. Séminaires de l'École Normale Supérieure

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

Mardi 21 novembre 1978, Dr H. Langhals : *La concentration de la lumière diffuse par les colorants fluorescents.*

Mardi 28 novembre 1978, Mme J. Seyden-Penne (C.N.R.S.) :

Réactivité d' α -énones vis-à-vis de nucléophiles anioniques : position de l'état de transition sur les coordonnées réactionnelles.

4. Groupe Français des Argiles

La prochaine réunion aura lieu mardi 28 novembre 1978, à 9 heures, à l'Institut d'astrophysique, 98 bis, boulevard Arago, Paris 14^e.

La mémoire de M. Chaussidon, Président en exercice, décédé subitement, sera honorée au cours de cette réunion. Ses collègues et ses amis présenteront son œuvre et les résultats des recherches en cours.

5. 2^e Assises internationales de l'environnement. 3^e Semaine internationale de l'environnement

Les 2^e Assises internationales de l'environnement se dérouleront du 4 au 8 décembre 1978, au Palais des Congrès (Centre International de Paris, C.I.P.), Paris.

Parallèlement se tiendra, du 5 au 9 décembre 1978, au Parc des Expositions de la Porte de Versailles à Paris, la 3^e Semaine internationale de l'environnement qui regroupe les 3 salons suivants :

- Pollutec 78 : 2^e Salon international des techniques air, bruit, déchets, eau et de lutte contre les pollutions et les nuisances industrielles et urbaines.
- Internet Expo 78 : 5^e salon international du nettoyage.
- 2^e Exposition professionnelle pour l'aménagement et l'entretien des espaces verts.

Renseignement : SEPIC. Assises internationales de l'environnement, 40, rue du Colisée, 75381 Paris Cedex 08. Tél. : 225.37.76.

6. Colloque sur l'Océanographie chimique

Le CNRS organise un colloque « ATP Océanographie chimique » destiné à permettre aux contractants de cette ATP (financée en 76 et 77) ainsi que celle de « Chimie marine » qui l'a précédée en 1974, de faire

part des résultats scientifiques qu'ils ont obtenus. Ce sera en outre l'occasion de faire le point des travaux dans les différents domaines explorés, de confronter leurs résultats, et d'examiner les prolongements à donner ou les voies nouvelles dans lesquelles on pourrait s'engager dans l'avenir. Le Professeur Riley, de Liverpool, a accepté de présenter une conférence dans le cadre de notre réunion qui est prévue les 7 et 8 décembre 1978, à l'Institut Océanographique, 195, rue Saint Jacques, Paris (5^e).

Le programme provisoire est actuellement le suivant :

Jeudi 7 décembre

9 h, Thème I : Chimie aux interfaces.

Président de séance : Professeur M. Vigneaux

Exposé général : Dr P. Buat-Menard

Communications

14 h 30, Thème II : Substances organiques dans le milieu marin et physico-chimie de l'eau de mer

Président de séance : Professeur P. Courtot

Exposé général : Dr Saliot

Communications

Vendredi 8 décembre

9 h, Thème III : Méthodologie analytique et métaux en traces

Président de séance : Dr J. Chesselet

Exposé général : Professeur J. Courtot-Coupez

Communications

14 h 30, Conférence : Professeur J. Riley : *Analytical chemistry of trace organic materials in seawater*

Conclusions par les Présidents de séance et le Dr F. Garnier.

Toute correspondance concernant le Colloque (ainsi que les manuscrits) devra être adressée à M. Pierre Courtot, Faculté des Sciences et Techniques, 6, avenue le Gorgeu, 29283 Brest

7. Séminaire du Groupe des laboratoires de Vitry-Thiais

Lundi 11 décembre 1978

à 10 h 30, dans l'Auditorium, Prof. B. Castro (Université de Nancy I) :

Une approche quantitative de la précision de la racémisation dans le couplage de fragments peptidiques.

8. Colloque Énergie et génie chimique

La Délégation Générale à la Recherche Scientifique et Technique (DGRST) organise, avec le concours du Centre de Perfectionnement des Industries Chimiques à Nancy, un colloque sur le thème : *Énergie et génie*

chimique, qui aura lieu, au Palais des Congrès de Nancy, les 11 et 12 janvier 1979.

Pour tous renseignements s'adresser à Mlle Dain, DGRST, Secteur chimie, Tél. : 550.32.50, p. 385.

9. Conférence sur l'usage des radiations dans la production et les applications industrielles des polymères

Cette conférence, patronnée conjointement par la SPE France et le GEP, aura lieu dans la salle de conférence de l'Hôtel Nikko à Paris, le 1^{er} mars 1979.

Les thèmes qui seront étudiés sont : *polyéthylène greffé d'acide acrylique (adhésifs), films et gaines rétractables (pour câbles, canalisations et emballages), vernis pour meubles, utilisations des polymères irradiés en micro-lithographie.*

Pour tout renseignement, s'adresser à M. Chapiro, ou à M. Képès, SPE France, 65, rue de Prony, 75854 Paris Cedex 17.

10. Symposium sur les méthodes QSAR avancées

Suite au succès des deux Écoles européennes d'été (Clermont-Ferrand, 1976 ; Grenoble, 1977), le Comité scientifique a décidé d'organiser une session de perfectionnement, soit un symposium de trois jours durant le week-end du 16 au 18 mars, depuis le vendredi à 11 h jusqu'au dimanche à 16 h.

Ce mini-symposium est réservé en priorité aux stagiaires des deux Écoles d'été, mais des places sont disponibles pour d'autres personnes intéressées (maximum de 40-50 personnes).

Conformément à l'usage des Écoles d'été, les participants et les enseignants logeront sur place, y compris les parisiens.

Le lieu d'hébergement se situera dans la proche région parisienne et les frais n'excéderont pas 800 F.

Les précisions seront fournies en temps opportun et s'adresser pour tous renseignements complémentaires au secrétariat du Groupe QSAR, adresse ci-dessous.

Programme :

1^{er} thème : Autour des effets stériques : paramètres stériques « affinés » et indices de connectivité.

Le déroulement de ce thème pourrait se situer le samedi 17 au matin et sur une partie de l'après-midi.

2^e thème : Mise au point sur l'utilisation des méthodes statistiques dites « multivariées ». Exemples de l'analyse factorielle, « reconnaissance de forme » (pattern recognition), analyse des correspondances et analyse des composantes principales.

3^e thème : Thème controversé des « anti-inflammatoires non-stéroïdiens ».

Il se déroulerait durant une partie du samedi après-midi et dans la matinée du dimanche 18.

La forme de « table ronde » sera retenue pour la plupart des thèmes et les auditeurs sont appelés à une participation active, y compris en y apportant des problèmes précis. Un service de calcul sera sur place pour traiter des données apportées par les participants.

Pour tous renseignements : J.J. Godfroid, Secrétariat du Groupe QSAR, Laboratoire de pharmacochimie moléculaire, Université Paris VII, 2, place Jussieu, 75005 Paris.

11. Dynamique des polymères amorphes

Cette table ronde qui se tiendra aux Houches du 3 au 12 avril 1979, s'adresse aussi bien aux chercheurs des laboratoires universitaires qu'à ceux de l'industrie. Il comprendra quatre parties :

- *Introduction générale sur les propriétés des chaînes en solutions diluées ou semi-diluées* (MM. Janink, des Cloizeaux, Weill, Adam)
- *La physique des enchevêtrements et des gels* (MM. Candau, Schrag, Graessley, De Gennes)
- *Les systèmes soumis à de fortes déformations* (MM. Edwards, Ullman)
- *Les relaxations à l'état vitreux* (MM. Kovacs, Struik, Joffrin, Maynard)

Pour tout renseignement, s'adresser à : M. Cohen Addad, C.N.R.S., Laboratoire de spectrométrie physique, B.P. 53 X, 38041 Grenoble Cedex.

12. Groupe d'Études de Chimie Organométallique (GECOM)

La sixième réunion du GECOM s'est tenue, du 24 au 28 avril 1978, à Saint-Jean-de-Monts (Vendée). Au cours de ce colloque, réunissant cinquante participants, neuf conférences ont été présentées par MM. R. Baker (Southampton), P. Bauer (Paris), J. Dubac (Toulouse), D. Mansuy (Paris), J. Normant (Paris), P. Pauson (Glasgow), D. Seyferth (Cambridge, U.S.A.), P. Teisseire (Grasse), M. Tramontini (Bologne, gne).

La prochaine réunion aura lieu à Latour de Carol (Pyrénées-Orientales) du 24 au 28 avril 1979 : elle consistera en neuf conférences et une quinzaine de communications. Toutes les tendances actuelles de la chimie organométallique y auront leur place, avec une prédominance marquée pour les études de réactivité.

Les candidatures pour le GECOM VII, doivent être adressées, dès maintenant, à M. A. Lattes, Laboratoire des composés azotés polyfonctionnels. Université Paul Sabatier,

118, route de Narbonne, 31077 Toulouse Cedex. Tél. : (61) 53.11.20 (poste 478).

La participation au GECOM implique l'engagement d'être présent pendant toute la durée de la réunion. Des renseignements complémentaires peuvent être obtenus en écrivant à l'adresse ci-dessus ou auprès de l'un des membres du Comité d'organisation qui est composé de MM. G. Balavoine (Orsay), R. Corriu (Montpellier), J. Dubac (Toulouse), A. Lattes (Toulouse), A. Meyer (Rennes), Mme L. Miginiac (Poitiers), J. Villieras (Nantes).

Les candidatures seront reçues jusqu'au 15 janvier 1978.

13. Conférence EUCHEM de stéréochimie

La prochaine Conférence EUCHEM de stéréochimie aura lieu au Bürgenstock, près de Lucerne, Suisse, du 29 avril au 5 mai 1979. Le nombre de participants à cette réunion est limité. Les demandes d'inscription doivent être adressées avant le 15 janvier 1979 au Président : Prof. Sir Derek Barton, F.R.S. Institut de Chimie des Substances Naturelles C.N.R.S., 91190 Gif-sur-Yvette.

14. Troisième conférence EUCHEM sur la chimie et l'électrochimie de l'état solide

Cette Conférence qui se tiendra du 30 avril au 3 mai 1979 au Centre de conférences de Bavière, à Endorf (près de Rosenheim) en R.F.A., s'occupera plus particulièrement des applications de la chimie et de l'électrochimie de l'état solide aux générateurs électrochimiques.

Les conférences plénières seront les suivantes :

J.P. Brenet : *Electrochemical behaviour of metallic oxides.*

K.J. Euler : *Limitations of battery performance.*

J.B. Goodenough : *Structure and electronic conduction of oxide electrodes.*

P. Hagenmuller : *Recent developments in solid electrolytes.*

J.P. Pohl et H. Rickert : *Recent results on the PbO₂ electrode.*

J.C. Souquet et C. Deportes : *Amorphous solid electrolytes.*

B.C.H. Steele : *Solid state chemistry and electrochemistry.*

M.S. Whittingham : *Intercalation reactions : electrochemistry and energy storage.*

Les participants qui désirent présenter une communication courte devront faire parvenir un résumé (300 mots). Les résumés et les demandes d'informations complémentaires devront être envoyés au Dr W. Fritsche, Gesellschaft Deutscher Chemiker P.O. Box 900440, D-6000, Frankfurt/Main 90 (R.F.A.).

15. Symposium international de phytopharmacie et de phytatrie

Le 31^e Symposium international de phytopharmacie et de phytatrie se tiendra le mardi 8 mai 1979 dans les locaux de la Faculté des Sciences Agronomiques de l'Université, Coupure links, 533, B-9000 Gand (Belgique).

Les comptes rendus seront publiés dans les « Mededelingen, Faculteit Landbouwwetenschappen, Gand ».

Tous les participants disposeront d'un recueil des résumés des communications présentées, rédigé en quatre langues (néerlandais, français, anglais, allemand).

Renseignements : Secrétariat du Symposium, Faculteit van de Landbouwwetenschappen, Coupure links 533, B-9000 Gand, Belgique.

16. Table ronde sur les bioconversions en synthèse organique

Cette Table ronde, patronnée par la Section de microbiologie industrielle de la Société Française de Microbiologie, se tiendra les 17 et 18 mai 1979, à Montpellier.

Le programme de cette réunion porte sur les conversions des composés organiques par les microorganismes en non-croissance et par les cellules végétales : processus de transformations par catalyse biologique. Les techniques de fixation de cellules et d'enzymes en sont exclues.

Les personnes désirant assister à cette Table ronde ou y présenter une conférence ou une communication doivent s'adresser, avant le 31 janvier 1979, au Docteur J.C. Jallageas, Maître-assistant de chimie organique, chaire de génétique et de microbiologie (Professeur Galzy), École Nationale Supérieure d'Agronomie, Place P.-Viala, 34060 Montpellier Cedex. Tél. : (16) 67-63.02.02.

17. Conférence internationale sur la protection des surfaces par des revêtements organiques

Cette conférence internationale aura lieu du 28 mai au 1^{er} juin 1979 à Budapest (Hongrie). Parmi les thèmes retenus citons : *Les systèmes de protection par vernis épais, les applications de vernis sans solvants, les technologies des peintures protectrices, etc...*

Pour tout renseignement, s'adresser à : Scientific Society of Mechanical Engineers, P.O. Box 451, 1372 Budapest (Hongrie).

18. Conférence sur les récents progrès dans le domaine des polyoléfinés et dans leur mise en œuvre

Cette conférence technique européenne « EURETEC » est placée sous l'égide des différentes sections européennes de la SPE, et traitera des aspects techniques et économiques des polyéthylènes et des polypropylènes. Elle aura lieu au Centre International des Congrès de Gand (Belgique), du 14 au 15 juin 1979. A cette occasion une exposition de machines de transformation des polymères sera présentée.

Pour tout renseignement, s'adresser à : M. Kepès, SPE France, 65, rue de Prony, 75854 Paris Cedex 17.

19. 21^e Colloquium Spectroscopicum international

L'Association of British Spectroscopists organisera du 1^{er} au 16 juillet 1979, le 21^e Colloquium Spectroscopicum international, 8^e Conférence internationale de spectroscopie atomique. Cette importante manifestation se tiendra à Cambridge.

Renseignements : Association of British Spectroscopists, XXI CSI, 8th I.C.A., P.O. Box 109, Cambridge, CB1 2HY, Angleterre.

20. Conférence internationale sur la « Chemical Education »

Cette conférence se tiendra, sous l'égide de la Fédération des Sociétés Chimiques Européennes et de l'IUPAC, du 27 au 31 août 1979, à Dublin (Irlande) sur le thème : *L'enseignement de la chimie. Interaction entre les enseignements secondaire et supérieur.*

Pour tous renseignements : M. Peter A. Start, Dep. of Chemistry, University College, Belfield, Dublin 4, Irlande (on peut également contacter M. R. Viovy, Président de la Division Enseignement de la chimie de la SCF, École Normale Supérieure, 92211 Saint-Cloud).

21. G.E.C.O. XX

La 19^e réunion du G.E.C.O. (Groupe d'Étude de Chimie Organique), s'est tenue, du 3 au 9 septembre 1978, à Menthon Saint-Bernard (Lac d'Annecy).

Une soixantaine de personnes dont cinq étrangers y participaient.

Le programme comprenait une vingtaine d'improvisés et les dix conférences suivantes :

- P. Deslongchamps (Sherbrooke) : *Synthèse de la ryanodine.*

- P. Gerson (Bâle) : *Topics in the field of radical ions.*

- Hannessian (Montréal) : *Nouvelle stratégie en synthèse organique.*

- D. Mansuy (E.N.S.) : *Réactivité des porphyrines du fer et des hémoprotéines : quelques exemples d'implications en chimie de coordination et en biochimie.*

- Moreau (Roussel-Uclaf) : *Information chimique : quelques problèmes rencontrés en synthèse et pharmacologie.*

- J.F. Miquel (CERCOA) : *Le rôle des chercheurs dans la politique scientifique en Grande-Bretagne, France, Suède.*

- A. Rassat (Grenoble) : *Application physico-chimique des marqueurs de spins.*

- L. Salem (Orsay) : *Destinées des paires électroniques dans les réactions chimiques. Étude en photochimie, électrochimie et catalyse.*

- L. Stella (Marseille) : *Radicaux libres carbonés stabilisés par effet « captodatif ».*

- W. Von Philipsborn (Zurich) : *Magnetic resonance studies of some biorganic and organometallic systems.*

Le Comité d'organisation de G.E.C.O. XX qui se déroulera, du 2 au 9 septembre 1979, en un lieu non encore déterminé est composé de MM. J. Chucho (Reims), F. Le Goffic (CERCOA), F. Metras (Pau), J. Riehl (Strasbourg) et P. Tordo (Marseille).

Les candidatures au G.E.C.O. XX peuvent être adressées avant le 15 janvier 1979 à : F. Metras, Laboratoire de chimie organique physique, Institut Universitaire de Recherche Scientifique, Avenue Philippon, 64000 Pau.

Nous rappelons que le G.E.C.O. s'adresse à tous les Docteurs exerçant une activité de recherche aussi bien dans les universités que dans l'industrie. En ce qui concerne les universitaires, les grades de Maître de recherche ou Maître de conférences ne sont plus requis pour faire acte de candidature. Cette mesure déjà appliquée avec succès en 1978 et reconduite en 1979 a pour but d'abaisser l'âge moyen des participants.

Nous rappelons également que la participation au G.E.C.O. implique l'engagement d'être présent pendant toute la durée de la réunion et de loger dans le même hôtel.

22. III^e Symposium international sur la métathèse

Placé sous l'égide du CNRS, ce colloque aura lieu à Lyon, du 10 au 12 septembre 1979. Tous les caractères de la réaction de métathèse seront examinés : *les aspects préparatifs, les aspects thermodynamiques et stéréochimiques, les mécanismes réactionnels et les catalyseurs de métathèse.*

Les personnes désireuses de présenter une communication doivent s'adresser à : M. R. Mutin, Secrétariat ISOM 3, Institut de Recherche sur la Catalyse, 79, bd du 11 novembre 1918, 69626 Villeurbanne Cedex.

23. 1^{er} Congrès international « Hormones et cancer »

Ce congrès se tiendra du 4 au 6 octobre 1979, à Rome par le prof. A. Bompiani.

Pour tous renseignements : Prof. S. Iacobelli, Laboratorio di Endocrinologia Molecolare, istituto di Clinica Ostetrica e Ginecologica, Università Cattolica, Via Pineta Sacchetti, 644 - 00168 Rome (Italie).

24. Lavac 79

Le salon international « Lavac 79 » de la technologie du laboratoire, de l'analyse, des procédés et de l'automatisation en chimie, se tiendra du 17 au 20 octobre 1979, à Graz (Autriche).

Renseignements : Media Consult GmbH, Conventions and Exhibitions, A-1171 Wien, Klopstockgasse 34, P.O.B. 404, Autriche.

25. IX^e Symposium international sur la réactivité des solides

Organisé sous l'égide de l'Académie polonaise de la Société Chimique de Pologne, ce symposium se tiendra du 1^{er} au 6 septembre 1980, à Cracovie. Les résumés des communications (300 mots) doivent être envoyés avant le 1^{er} août 1979.

Pour tous renseignements : Dr J. Nowotny, Institute of Catalysis and Surface Chemistry, Polish Academy of Sciences, ul. Niezapomnianej, 30-239 Kraków, Poland.

26. Compte rendu d'une réunion de chromatographie liquide

Le compte rendu de la Table ronde de chromatographie liquide du mois de mars 1978 organisée par le Laboratoire de chimie analytique III de l'E.S.C.I.L. vient de paraître. Les personnes désirant l'acquies pourront en faire la demande à l'adresse suivante : M. Rocca, Laboratoire de chimie analytique III, E.S.C.I.L., 43, boulevard du 11-Novembre 1918, 69621 Villeurbanne. Coût de l'ouvrage : 75,00 F.

27. Publications de l'IUPAC

Les recommandations de l'IUPAC concernant la nomenclature, les symboles, etc... sont dorénavant publiées dans la revue *IUPAC Information Bulletin*.

Ainsi, la recommandation suivante : Recommendations for Publishing Manuscripts on

Ion-Selective Electrodes a été publiée dans le n° 1 de juin 1978. De même, les deux suppléments ont paru dans le n° 2 de septembre :

1. Recommendations for Presentation of Raman Spectra in Data Collections (Commission on Molecular Structure and Spectroscopy).

2. Nomenclature of Hydrides of Nitrogen and Derived Cations, Anions, and Ligands (Commission on Nomenclature of Inorganic Chemistry).

Les trois recommandations provisoires suivantes paraîtront en fin d'année (*Inf. Bull.*, n° 3) :

1. Proposed Symbols for Metal Complex Mixed Ligand Equilibria (Commission on Equilibrium Data).

2. Characteristics and Attributes of Instruments Intended for Automated Analysis in Clinical Chemistry (Commission on Automation in Clinical Chemistry).

3. Quantities and Units in Clinical Chemistry. Optical Spectroscopy : Part I. Theoretical Outline and General Quantities (Commission on Quantities and Units in Clinical Chemistry in conjunction with Expert Panel on Quantities and Units of International Federation of Clinical Chemistry).

28. Quelques nouvelles publications

● Alliage Inconel 625

Cette publication, en français, d'Henry Wiggin and Co Ltd sur l'Inconel 625 est consacrée aux propriétés de cet alliage, en particulier de résistance à la traction, à la rupture par fluage, à la fatigue, à la corrosion, Wiggin Alloys S.A.R.L., 64, rue du Maréchal Foch, 78000 Versailles. Tél. : 950.57.62.

● Le marketing des produits étrangers au Japon.

Le Jetro (Centre Japonais du Commerce extérieur) vient de publier une nouvelle brochure en français sur le marketing des produits étrangers au Japon.

Jetro, 50, avenue des Champs-Élysées, 75000 Paris. Tél. : 225.42.56.

● La Syndite, nouveau diamant isotrope, et CDA le nouvel abrasif diamant à haute performance pour la rectification des carbures sont les deux nouvelles brochures de la De Beers Industrial Diamond Division, 7, rue Émile Cossonneau, 93360 Neuilly-Plaisance. Tél. : 300.12.80.

● Catalogue Albright and Wilson Ltd

Cette publication est consacrée aux intermédiaires aromatiques et organo-phosphorés Albright and Wilson Ltd, 1 Knightsbridge Green, Londres SW1X 7QD.

● Le marché européen des enduits industriels

Cette étude de Frost and Sullivan, Inc, traite des peintures et enduits pour les usages marins et les transports.

Chloé Haslam, Frost and Sullivan, Ltd., 104-112, Marylebone lane, Londres W1M 5FU.

● Catalogue Varian.

Un nouveau catalogue Varian décrit les derniers équipements pour la chromatographie.

Varian S.A., Quartier de Courtabœuf, B.P. 12, 91401 Orsay. Tél. : 907.78.26.

29. Nouvelles études Frost and Sullivan

La société anglaise d'études de marché Frost and Sullivan a réalisé deux nouveaux rapports :

● Le marché de l'Europe occidentale (CEE) des produits d'entretien ménager (étude E 257).

● Les ventes de peintures et enduits pour les usages marins et les transports (étude E 272).

Renseignements : Frost and Sullivan, Ltd., 104-112 Marylebone Lane, Londres W1M 5FU.

30. Méthodes d'analyse des alliages de plomb

Le Centre d'Information du Plomb annonce la parution prochaine d'un recueil de méthodes d'analyse des alliages de plomb, avec les premières méthodes qui s'y rapportent.

Ce recueil se propose de rassembler les méthodes d'analyses étudiées par le Sous-comité analytique de l'E.L.D.C. (European Lead Development Committee) qui réunit les spécialistes de 11 pays européens. Il fait suite à celui qui existe pour le plomb raffiné depuis 1971 et qui, depuis cette date, a été complété régulièrement par publication de nouvelles méthodes et constitue aujourd'hui un ensemble important de 42 documents sur les dosages des impuretés suivantes dans les plombs raffinés : Ag, As, Bi, Ca, Cd, Cu, Fe, K, Mg, Na, Ni, O, Sb, Sn, Ti, Zn.

Le nouveau recueil pour les alliages contiendra, dès sa parution, huit méthodes ; d'autres suivront au fur et à mesure de l'avancement des travaux du Sous-Comité analytique, afin de couvrir la gamme suivante des éléments d'alliage : Ag, As, Ca, Cd, Cu, Sb, Sn, S, Te et celle des impuretés pouvant être présente naturellement dans ces alliages.

Pour tous renseignements, s'adresser au : Centre d'Information du Plomb, 79, avenue Denfert-Rochereau, 75014 Paris. Tél. : 320.34.37.

31. Manutention des produits chimiques

Les études des problèmes de chargement et déchargement de produits chimiques ont débuté en 1972 à partir de documents du Conseil Européen des Fédérations des Industries Chimiques (CEFIC).

Les travaux ont été menés parallèlement par deux groupes « Postes fixes » et « Manutention bateaux » dépendant du comité d'étude « Transport et manutention ».

Actuellement, les normes disponibles sont les suivantes :

NF F 37-035, déc. 1977 (Enr.), prix : 9,50 F (HT).

NF T 81-005, mai 1974 (Enr.), prix : 32,50 F (HT), complétée par les additifs n° 1, août 1976 (Enr.), prix : 26 F (HT) et n° 2, décembre 1977 (Enr.), prix : 32,50 F (HT).

NF T 81-007, mai 1974 (Enr.), prix : 26 F (HT).

NF T 81-008, avril 1974 (FD), prix : 18,50 F (HT).

NF T 81-009, juin 1976 (FD), prix : 18,50 F (HT).

NF T 81-010, juin 1976 (FD), prix : 26 F (HT).

NF T 81-021, oct. 1977 (FD), prix : 32,50 F (HT).

Les prix indiqués sont hors taxes, frais de préparation et TVA en sus.

Deux autres projets sont en cours d'étude, l'un relatif au transfert de gaz liquéfiés par le haut et l'autre au transfert de produits pondéreux et granulaires.

Renseignements : l'Afnor, tour Europe, Cedex 7, 92080 Paris la Défense. Tél. : 778.13.26.

32. Stages de formation continue

Stages de I.N.P. de Toulouse

Le centre de Formation Continue de l'Institut National Polytechnique de Toulouse organise au 1^{er} trimestre 1979 quatre stages sur les thèmes suivants :

Spectrophotométrie d'émission et d'absorption atomique.

Réf., C. 9. Date : du 13 au 17 février 1979. Initiation à la chimie organique moderne.

Réf., C. 5. Date : du 5 au 23 mars 1979. La fluidisation par les gaz.

Réf., G. 4. Date : 5 jours 1^{re} quinzaine de février 1979.

Initiation au génie chimique — I.

Réf., G. 11. Date : 2 semaines fin mars 1979.

Pour tous renseignements s'adresser au Centre de Formation Continue Polytechnique, Place des Hauts Murats, B.P. 354, 31006 Toulouse Cedex. Tél. : (61) 52.21.37.

Stages du Service de l'Enseignement des Techniques Avancées de la Recherche

● du 27 novembre au 2 décembre 1978 : *Utilisation des isotopes stables en chimie, géochimie et biochimie* : applications à l'analyse par R.M.N. des conformations et des interactions. Détections par spectrométrie de masse et étude des métabolites.

A l'auditorium du groupe de laboratoires du C.N.R.S., 2 à 8, rue Henri-Dunant, Thiais.

● du 22 au 26 janvier 1979 et du 5 au 9 février 1979 :

Méthodes électrochimiques d'analyse en solution

Au Laboratoire de chimie des métaux de transition, 4, place Jussieu, Paris 5^e.

Renseignements et inscriptions : S.E.T.A.R. (C.N.R.S.), 27, rue Paul-Bert, 94200 Ivry. Tél. : 670.11.52., poste 234 ; ligne directe : 672.45.38.

Stages de perfectionnement de l'École Centrale des Arts et Manufactures

Le Centre de Formation Continue de l'École Centrale des Arts et Manufactures organisera en 1979 de nombreux stages en particulier dans les sections suivantes :

Mathématiques numériques appliquées aux problèmes de l'entreprise.

Analyse et programmation,
Mathématiques et systèmes,
Génie et informatique industriels,
Étude et développement d'un projet dans l'industrie mécanique et le génie civil,
Maintenance industrielle,
Énergétique,
Qualité sûreté-sécurité,
Traitement des eaux et des déchets,
Méthodologie.

Pour tous renseignements s'adresser au Centre de Formation Continue de l'École Centrale des Arts et Manufactures, Grande Voie

des Vignes, 92290 Châtenay-Malabry. Tél. : 660.16.40.

Stages d'Afcoplast

L'Association de Formation et de Conseil de l'Industrie de Plastiques (Afcoplast) prévoit pour 1979 une série de stages.

Le prix de revient d'une semaine de stage est de l'ordre de 1900 F par stagiaire ; les groupes formés vont de 8 à 12 participants.

Renseignements : Afcoplast, Grande rue, 68130 Hundsbach. Tél. : (89) 40.08.23.

Stages de l'E.S.C.I.L.

Le Laboratoire de chimie analytique (E.S.C.I.L.) de l'Université de Lyon I organise un stage de chromatographie en phase liquide à haute performance, la semaine du 19 au 23 février 1979.

Les frais de participation à cette session s'élèvent à 1 900 francs.

Pour tout renseignement complémentaire, contacter le Laboratoire de chimie analytique III (E.S.C.I.L.), MM. Porthault et Rocca, 43, boulevard du 11 novembre 1918, 69621 Villeurbanne. Tél. : (78) 52.07.04, postes 36.17 ou 37.89.

Stages divers pour 1979

Plusieurs organismes annoncent la sortie des catalogues et brochures annonçant leurs stages pour 1979 :

● CAST (Centre d'Actualisation Scientifique et Technique), Institut National des Sciences Appliquées, 20, avenue Albert-Einstein, 69621 Villeurbanne Cedex. Tél. : (78) 68.81.12, poste-F3086.

● Centre de Perfectionnement des Industries Chimiques, Bâtiment E.N.S.I.C., rue Déglin, 54042 Nancy Cedex. Tél. : (83) 35.05.04.

● Institut de Pétrochimie et de Synthèse Organique Industrielle (I.P.S.O.I.), Aix-Marseille III, Centre de St-Jérôme, 13397 Marseille Cedex 4. Tél. : 93.33.89, poste- 39.

● Centre de Formation Continue de l'École Centrale des Arts et Manufactures, Grande Voie des Vignes, 92290 Châtenay-Malabry. Tél. : 660.16.40 et 660.47.60.

Stages de l'Université Paris-Sud

L'Université Paris-Sud organise, de mars à juin 1979, une série des stages pour cadres et techniciens.

Pour tous renseignements s'adresser à l'Université Paris-Sud, Service Commun pour la formation permanente, Bâtiment 308, 91405 Orsay Cedex. Tél. : (1) 941.78.88.

COLLECTION LES OBJECTIFS SCIENTIFIQUES DE DEMAIN

ÉCONOMIES ET CONVERSIONS D'ÉNERGIE

par Roger Dumon

(*Directeur des Développements et Relations extérieures de la S.A. Heurtey*)

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

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

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

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

165 pages 16 x 24 ; 78 F.

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

Le brevet d'invention « international », une réalité ou une fiction ? *

Vous entendez parler, depuis plusieurs années, d'un hypothétique brevet « international » ou européen : c'est aujourd'hui une réalité ! En effet, les travaux menés sans relâche par les gouvernements intéressés et les milieux professionnels depuis près de 20 ans concernant l'établissement de divers systèmes de délivrance de brevets internationaux, européens et communautaires, viennent de toucher à leur fin. C'est ainsi que depuis le 1^{er} juin 1978 s'est mise en marche une énorme organisation mondiale qui va bouleverser les législations nationales en matière de brevets.

Le but essentiel de cette profonde réforme : unifier, simplifier et réduire le coût des formalités de dépôt et des procédures de recherches d'antériorités et d'examen conduisant à la délivrance des brevets. Jusqu'alors en effet, la protection d'une invention dans différents pays passait nécessairement par l'obtention d'une pluralité de brevets, avec les répétitions de recherches et d'examens parallèles que l'on sait.

Les inventeurs, et en particulier les industriels, étant appelés à être confrontés dès aujourd'hui à ces nouvelles législations supra-nationales, il nous a paru utile d'examiner ici, sous la forme de quelques réflexions que nous livrons au lecteur, l'incidence que devrait avoir, sur l'industrie française, l'application de ces textes.

Pour mieux situer l'événement et en appréhender les mécanismes, il est indispensable de rappeler succinctement au préalable les réglementations actuellement en vigueur.

Antérieurement au 1^{er} juin, la seule source de droit international en matière de brevets était constituée par la Convention d'Union de Paris, signée en 1883, et à laquelle adhèrent 86 pays ; cette Convention avait institué deux règles essentielles :

- assimilation au droit des nationaux des droits des ressortissants des autres pays membres de l'Union,
- reconnaissance d'un droit de priorité en faveur du titulaire d'un premier dépôt effectué dans un des pays de l'Union à l'égard des autres pays membres.

De même, la seule organisation internationale existant en matière de brevets était l'Institut International des Brevets de la Haye, créée en 1947 par la France et le Benelux, qui avait pour mission de donner des avis motivés sur la nouveauté des inventions à partir d'une recherche internationale d'antériorités.

La coopération internationale dans ce domaine se borna à ces seules réalités, même si un premier pas fut fait dans le sens de la

coopération entre États par la signature des Conventions Européennes de Strasbourg de 1953 et 1963, dont les effets étaient limités, et par les travaux des experts du Conseil de l'Europe qui, dès 1955, se penchèrent sur l'élaboration d'un projet de système de dépôt commun de demandes de brevet européennes.

C'est en fait la signature du Traité de Rome en 1958 qui conduisit à de nouvelles études qui débouchèrent cette fois sur deux nouvelles conventions Européenne et Communautaire, tandis que, simultanément, et à l'initiative des américains, un troisième texte, à caractère international cette fois, était mené à bonne fin et donnait naissance à un « Traité de Coopération en Matière de Brevets », appelé communément aujourd'hui « P.C.T. » (Patent Cooperation Treaty).

C'est donc l'objet de notre propos d'examiner ci-après les règles essentielles instituées par ces trois textes et leur recouplement éventuel.

I. Le Traité de Coopération en matière de brevets (P.C.T.) ou la « rationalisation des dépôts »

Ce traité, signé à Washington le 19 juin 1970 par 35 États dont la France, les U.S.A., l'U.R.S.S., le Japon et les principaux autres États européens, réalise la plus large coopération internationale qui pouvait être envisagée. Ce Traité a d'ailleurs déjà été ratifié par plusieurs pays, en particulier par la République Fédérale Allemande, le Brésil, les États-Unis d'Amérique, la France, le Royaume-Uni, la Suède, l'Union Soviétique et une dizaine de pays africains.

La procédure instaurée par ce Traité trouve son originalité dans la faculté dont dispose l'inventeur de protéger son invention dans une partie ou dans la totalité des États membres susceptibles de l'intéresser. Le dépôt sera, dans ce cas, effectué auprès d'un office dit « Office récepteur » choisi sur une liste d'offices en nombre limité parmi lesquels figurent notamment Washington, Munich, Moscou, Tokyo, Rio de Janeiro...

Ce dépôt international fera l'objet d'une recherche unique pour l'ensemble des pays désignés par le déposant dont le résultat sera transmis à chacun des offices nationaux de ces pays qui l'exploiteront selon leur législation actuelle dans le cadre de l'examen de brevetabilité menant à la délivrance d'un brevet. La répression des contrefaçons naissant dans l'un des États concernés restera du ressort des juridictions nationales, de sorte que les effets des brevets délivrés seront

* Communiqué par le Cabinet Claude Rodhain, Conseils en brevets d'invention.

soumis aux règles appliquées actuellement dans chaque pays membre.

Le déposant aura, bien entendu, la possibilité d'effectuer ce dépôt international, soit directement, c'est-à-dire sans dépôt national préalable, soit sur la base du droit de priorité conventionnelle d'un an attaché à un tel dépôt.

En clair, ce système se singularise essentiellement par une recherche internationale d'antériorités effectuée une seule fois pour tous les États désignés dans le dépôt international, ce dépôt éclatant ensuite au niveau de la procédure d'examen et de la délivrance en autant de brevets nationaux qu'il y a de pays désignés. Ainsi, les frais de dépôt et de recherche d'antériorités seront sensiblement réduits, puisque une taxe unique pour chaque opération sera versée par le déposant, et ce quel que soit le nombre de pays choisis.

II. La Convention sur le Brevet européen où la « rationalisation de la délivrance »

Cette première Convention fut signée à Munich le 5 octobre 1973 par seize États (comprenant les neuf États de la Communauté Économique Européenne auxquels se sont joints jusqu'ici la Norvège, la Suède, la Suisse, l'Autriche, la Grèce, Monaco et le Liechtenstein) et a déjà été ratifiée par huit d'entre eux dont la France.

Depuis le 1^{er} juin 1978, date de l'entrée en vigueur de cette Convention, l'inventeur peut, par le dépôt d'une seule demande de brevet et par le jeu d'une procédure unique de recherche et d'examen, obtenir la délivrance d'un titre européen ayant, dans chacun des États désignés au moment du dépôt, les mêmes effets qu'un brevet national. En fait, le brevet européen délivré correspondra, du point de vue de l'exercice du droit conféré par ce titre, à autant de brevets nationaux qu'il y aura d'États désignés à l'origine par l'inventeur. Les poursuites en contrefaçon resteront donc du ressort des juridictions nationales.

L'ensemble de la procédure se déroulera devant un organisme supranational unique dénommé « Office Européen des Brevets » (O.E.B.), dont le siège a été fixé à Munich. Cette procédure complexe pourra être conduite par des professionnels mandatés, mais ceux-ci devront être officiellement agréés par l'O.E.B., ce qui sera le cas notamment des Conseils français en brevets d'invention. Les trois langues officielles qui ont été choisies sont le français, l'allemand et l'anglais.

La procédure comprendra, à l'instar de la procédure allemande actuelle, trois phases essentielles :

- une recherche de nouveauté avec délivrance d'un rapport documentaire et ouverture d'une protection provisoire (droit à indemnité en cas de contrefaçon) ;
- un examen de brevetabilité très certainement sévère qui conduira à des brevets européens de haute qualité ;
- une procédure d'opposition éventuelle de la part des tiers.

Les critères de brevetabilité, quant à eux, sont ceux de la loi française actuelle ; l'invention doit, par conséquent, être nouvelle, impliquer une activité inventive et être susceptible d'application industrielle.

Le déposant a la faculté de déposer une demande de brevet européen, soit directement, soit sur la base d'un dépôt national antérieur avec bénéfice de la date de priorité attachée à ce premier dépôt.

Cette Convention offre, par ailleurs, et cela est essentiel pour le choix de l'inventeur, une « co-existence » entre les législations nationales et la convention européenne.

En conclusion, le brevet européen sera obtenu (moyennant, il est vrai, des frais nettement plus élevés que ceux nécessaires pour l'obtention d'un seul brevet national) par un seul dépôt, une seule recherche internationale et une seule procédure d'examen. Ce n'est donc qu'après délivrance que le brevet européen éclatera en un faisceau de brevets nationaux soumis aux règles nationales actuelles.

III. La Convention sur le brevet communautaire ou « l'unification des effets »

Cette seconde Convention, dite de Luxembourg, qui complète et prolonge la Convention européenne, sans y déroger, a été signée le 15 décembre 1975 par les neuf États de la Communauté Économique et Européenne. Cette convention n'entrera en vigueur que lorsque tout les États contractants l'auront ratifiée, ce qui, dans l'état actuel des choses, risque d'être relativement long.

Cette Convention, plus restreinte du point de vue géographique que la Convention Européenne, a l'avantage d'aller plus loin que celle-ci dans le sens de l'unification du droit en édictant des règles complémentaires concernant l'application, dans le cadre de la Communauté Économique et Européenne, du droit conféré par un brevet européen délivré en vertu de la première Convention. Ces règles s'articulent sur le fait que le brevet délivré par l'Office Européen des Brevets aura, en ce qui concerne les pays du Marché Commun, des effets identiques dans l'ensemble de la Communauté, assimilant ainsi les neuf à un seul et même territoire unifié.

De la sorte, les actions en nullité partielle ou totale d'un brevet communautaire délivré, par exemple celles formulées en réponse à une poursuite en contrefaçon, devront être engagées devant l'Office Européen des Brevets, seul organe compétent pour se prononcer sur la validité des brevets communautaires.

Ici, le rôle des tribunaux nationaux se trouvera limité aux seuls procès en contrefaçon et encore à condition que la validité du brevet en cause ne soit pas soulevée car, dans un tel cas, le tribunal sera provisoirement dessaisi du dossier en attendant que l'O.E.B. se prononce sur cette question de validité.

Il est à noter que toute demande de brevet européen, désignant au moins l'un des neuf États de la Communauté, ce qui sera notamment le cas d'une demande déposée par un français et désignant au moins la France, sera automatiquement considérée comme

une demande de brevet communautaire s'étendant obligatoirement aux Neuf.

Il est, par ailleurs, prévu que chacun des États de la Communauté pourra décider de continuer à délivrer des brevets nationaux par la voie classique, ce qui sera probablement le cas de la France, sous réserve que, s'agissant d'une même invention, il n'y ait pas co-existence d'un brevet national et d'un brevet communautaire. Dans le cas d'un tel cumul, le brevet national perdra ses effets au bénéfice du brevet communautaire dès que ce dernier sera délivré.

Le brevet communautaire confèrera sur l'ensemble du territoire des Neuf des droits pratiquement analogues à ceux du brevet français actuel, avec, entre autres, l'interdiction de fabriquer et de vendre sur le territoire communautaire ou d'importer dans celui-ci. Toutefois, il a été introduit, dans cette seconde Convention, sur l'insistance de la Commission de Bruxelles, appliquant en cela le principe du Traité de Rome, une précision essentielle concernant la libre circulation des produits à l'intérieur de la Communauté. Les droits du brevet communautaire seront, en principe, « épuisés » dès que le produit aura été mis en circulation dans l'un des États de la Communauté, soit par le breveté, soit par son licencié, de sorte que le titulaire du brevet ne pourra pas s'opposer ensuite à la libre circulation du produit breveté vers d'autres États de la Communauté. Cette règle engendrera certainement un profond bouleversement dans la stratégie des entreprises européennes et, en particulier, il deviendra pratiquement sans intérêt de concéder à des tiers différents des licences pour chacun des États de la Communauté.

Toutefois, et à la demande des Britanniques, cette Convention, même ratifiée, ne sera appliquée qu'à l'issue d'une période transitoire de durée non encore déterminée. En l'absence de cette seconde Convention Communautaire, la Convention Européenne sera, bien entendu, appliquée, de sorte que tous les pays membres (16) seront sur un même pied d'égalité, y compris les ressortissants de la Communauté Économique et Européenne.

Conclusions

En définitive, on observe que, moins le territoire de la Convention est vaste, plus l'unification du droit est réalisée puisque :

- le Traité P.C.T. est une simple coopération au niveau du dépôt et de la recherche d'antériorités, préalable à l'examen de brevetabilité sur le fond fait par chaque État selon sa propre législation ;
- la Convention Européenne va plus loin puisqu'elle intègre dans cette coopération l'examen menant à la délivrance du brevet, sans toutefois unifier les effets de ces brevets délivrés qui restent du ressort des juridictions nationales ;
- enfin, la Convention Communautaire assimile le territoire des Neuf de la C.E.E. à un seul territoire où le brevet communautaire produit des effets identiques dans chaque pays et est soumis, quant à sa validité, à la seule législation supra-nationale.

Ainsi, et à la date d'aujourd'hui, seuls le P.C.T. et la première Convention sur le brevet Européen sont entrés en vigueur et il est possible, depuis le 1^{er} juin 1978, de dépo-

ser, en particulier sur la base de demandes de brevet françaises ayant moins d'un an, des demandes internationales et européennes.

Le brevet « international » qui semblait hier encore être une Fiction est donc bien aujourd'hui une Réalité !

L'industrie chimique soviétique

Une présentation de l'industrie chimique soviétique, normalement entourée de secrets, est fournie dans le nouveau rapport de 550 pages en deux volumes que vient de réaliser Frost and Sullivan, Inc. (F et S), société d'études de marchés établie à New-York. Cette analyse très complète intitulée *Les marchés de l'industrie chimique en U.R.S.S.* prédit que les exportations de produits chimiques russes sont destinées à dépasser 35 milliards de dollars au cours du présent plan quinquennal (1975-1980) et les investissements dans les usines de traitement et la technologie doivent atteindre environ 50 à 60 milliards au cours de la même période.

La Russie est le premier producteur mondial de charbon, de pétrole, de platine, d'argent, d'amiant, de magnésium et d'engrais. Étant le principal producteur de gaz naturel, l'Union soviétique peut aussi se vanter d'avoir le plus grand réseau ferroviaire au monde (bien qu'il ne soit pas sans problèmes) et elle bénéficie des ressources immenses dont a besoin son industrie chimique.

Le rapport émet les prévisions suivantes pour la période du présent plan quinquennal :

- La production d'engrais augmentera de 90,2 millions de tonnes à 143 millions de tonnes.
- Les plastiques et résines passeront de 2,8 à 4,96 millions de tonnes.
- Les fibres synthétiques augmenteront de 0,95 à 1,45-1,50 million de tonnes.
- Le pétrole brut et les condensats augmenteront de 196 à 628 millions de tonnes.
- Les fournitures annuelles de gaz naturel passeront de 320 à 400-495 milliards de mètres cubes.

D'autres chiffres de productivité, également élevés par comparaison avec les autres pays, ont été calculés pour 1975 :

Soude « calcinée » : 4,7 millions de tonnes par an.

Acide sulfurique : 18,65 millions de tonnes par an.

Caoutchouc synthétique : 0,828 million de tonnes par an.

Le rapport précise la taille et les possibilités de production des usines soviétiques de produits chimiques, indique les emplacements des principaux champs pétrolifères et des pipe-lines qui leur sont associés en précisant le nombre d'appareils de forage, les frais d'exploitation, les programmes, le matériel et les développements à venir. Il indique que, au cours de la même période, la construction de pipe-lines augmentera la longueur totale des réseaux de 57 000 à 75 000 km pour le pétrole brut, et de 101 000 à 137 000 km pour le gaz naturel.

L'industrie soviétique du gaz naturel est fondée sur les réserves de gaz naturel les plus importantes au monde, représentant au total 22 650 milliards de mètres cubes. Les exportations de gaz naturel sont dirigées vers la Pologne, la Tchécoslovaquie, l'Allemagne de l'Est, la Hongrie, la Roumanie et la Bulgarie en Europe orientale. Le gaz est expédié en Finlande, Autriche, Allemagne de l'Ouest, Italie et France en Europe occidentale et importé d'Iran et d'Afghanistan. Les expéditions respectives vers la Russie en provenance de ces deux derniers pays devront progressivement doubler pendant une période relativement courte.

La production soviétique de charbon qui alimente l'industrie chimique de l'U.R.S.S. est à la base d'une variété de produits : coke, ammoniac, benzène, BTX, bitume, naphthalène, phénol, pyridine, goudrons, etc. Elle fait plus qu'assurer les besoins du secteur national du caoutchouc synthétique, lui-même en augmentation rapide, et sa croissance a entraîné des progrès importants dans la production d'éthanol. L'U.R.S.S. est désormais le premier producteur mondial d'alcool éthylique.

D'après Frost and Sullivan, il faut considérer l'Union soviétique comme un client extrêmement important (en dépit de sa dette extérieure qui approche \$ 40 milliards) pour les pays capitalistes et non capitalistes.

Le rapport décrit 740 usines dont il précise l'emplacement et présente en outre 16 analyses consacrées aux principaux secteurs, accompagnées du développement de 71 produits organiques et 18 engrais et produits minéraux.

Pour tous renseignements sur ce rapport (étude E 208) : Chloe Haslam, Frost and Sullivan, Ltd., 104-112 Marylebone Lane, Londres W1M 5FU, Grande-Bretagne.

Le 1^{er} semestre 1978 de l'industrie chimique suisse

Au cours du premier semestre 1978, le commerce extérieur de l'industrie chimique suisse a connu un développement ralenti et peu satisfaisant. Déjà les statistiques du 1^{er} trimestre 1978 permettaient de tirer les mêmes conclusions. Tandis qu'au premier semestre de l'année précédente les importations enregistraient une augmentation de 15,2 % et que les exportations avaient progressé de 5,2 %, les taux de croissance ont fortement baissé cette année : les importations de produits chimiques ont sensiblement diminué de 6,9 %, tandis que les exportations ont connu une croissance de 2,2 % seulement. En chiffres absolus, les importations ont atteint 2,21 milliards de francs et les exportations 4,35 milliards de francs, ce

qui correspond à une augmentation du solde actif de 13,2 % à 2,14 milliards de francs (année précédente : 1,89 milliards).

Corning Glass Works en 1977

Le bénéfice net consolidé de Corning Glass Works pour 1977 a atteint le chiffre record de 92,1 millions de dollars (460,5 millions de francs), en accroissement de 10 % sur l'année précédente. Les ventes qui ont été de 1 120 millions de dollars (5 600 millions de francs), en augmentation de 9 %, représentent aussi un record.

Le chiffre du bénéfice comprend un boni fiscal de 3,5 millions de dollars (17,5 millions de francs) résultant d'un don, au quatrième trimestre, de 100 000 action Owers Corning Fiberglass Corporation au Musée du Verre de Corning.

Virtuellement toutes les branches d'activités courantes ont contribué aux gains de 1977. Les résultats ont été particulièrement impressionnants dans les substrats céramiques, les produits de consommation pour la maison, les produits d'éclairage et la branche Matériaux.

Des progrès majeurs ont aussi été faits dans les guides d'ondes optiques, une des plus passionnantes technologies de Corning en cours de développement. Une usine pilote a été construite et sa capacité deux fois doublée pour répondre à la demande. En outre une unité de production existante à Wilmington a été convertie à la production de série des guides d'ondes.

Les ventes internationales ont augmenté. Les résultats ont été excellents pour la majorité de l'Amérique latine et l'Extrême-Orient. Toutefois quelques-unes des plus importantes économies européennes, et celles d'Argentine et d'Australie sont restées en récession. En conséquence, et en dépit d'une bonne année à Dow Corning, le résultat est tombé en dessous de celui de 1976.

Les investissements ont atteint 70 millions de dollars (350 millions de francs), en augmentation sur 1976. Pour 1978, les investissements sont prévus pour 100 millions de dollars. Les investissements en 1978 seront répartis à égalité entre les programmes spécifiques de réduction de coût, les activités traditionnelles et l'expansion de la gamme de produits.

Les dépenses de recherche et développement ont augmenté de 12 %, atteignant le chiffre record de 55 millions de dollars (275 millions de francs).

Corning Europe Inc

Corning Glass Works va renforcer ses services administratifs, technologiques et de recherche en Europe en créant une nouvelle société du groupe sous le nom de Corning Europe Inc.

Ces services existaient de façon distincte sous d'autres appellations. La création de Corning Europe Inc. a pour but de consolider et de renforcer l'identité de Corning en Europe. Le Siège social de Corning Europe Inc. se trouve à Paris. (Chairman : James R. Houghton).

La nouvelle société regroupera les activités de Corning Glass International, S.A., à Paris (pour l'administration), et de Corning Research Incorporated à Avon, France (pour la recherche et la technologie).

Les principales Sociétés de production de Corning en Europe sont Corning Limited au Royaume-Uni et Sovirel, S.A., en France. Ces Sociétés, et leurs filiales, produisent une large gamme de verrerie « Pyrex » pour la cuisson et pour la table ; les produits QVF, les produits « Pyrex » et d'autres instruments à l'usage des usines et des laboratoires scientifiques et industriels ; les verres ophtalmiques vendus sous les marques Sunstive et Photogray ; les instruments et appareils médicaux servant à l'établissement du diagnostic ; et la verrerie utilisée pour l'éclairage, les traitements chimiques, l'industrie mécanique, l'électronique et la télévision.

L'ensemble des Sociétés Corning en Europe comprend 18 usines et 26 bureaux de vente situés en Belgique, en France, en Allemagne de l'Ouest, en Irlande, en Italie, aux Pays-Bas, en Espagne, en Suède, en Suisse, et au Royaume-Uni.

Les réserves de gaz aux Pays-Bas

Selon le rapport de la Gasunie, les réserves de gaz disponibles des Pays-Bas, prouvées au moins à 90 %, s'établissaient au 1^{er} janvier de cette année à 1 818 milliards de m³ contre 1 785 milliards un an auparavant et 1 840 milliards début 1976. Les réserves recélées par le sous-sol néerlandais et les gisements sous-marins contrôlés par les Pays-Bas sont maintenant de 1 677 milliards de m³ contre 1 730 milliards début 1977 et 1 790 milliards deux ans plus tôt, tandis que les importations sous contrat, en provenance de Norvège et d'Algérie, s'inscrivent pour un total de 141 milliards de m³ contre 55 milliards début 1977 et 50 milliards début 1976. La Gasunie estime que la demande intérieure de gaz totalisera 1 133 milliards de m³ pour la période comprise entre 1978 et 2002 (inclus), les commandes étrangères portant, durant le même laps de temps, sur 650 milliards de m³. De la sorte, les réserves de gaz pourraient se situer en 2002 à 790 milliards de m³. La firme néerlandaise estime qu'à la fin du siècle, le gaz naturel couvrira environ 1/3 des besoins énergétiques des Pays-Bas.

Nouvelles de Rhône-Poulenc

Nouvelle génération de bêta-bloquants

Dans le cadre du 8^e Congrès mondial de cardiologie (Tokyo, du 17 au 23 septembre 1978), Rhône-Poulenc a présenté une nouvelle substance : l'acébutolol, découverte

dans les laboratoires du Groupe et commercialisée depuis peu par Specia. Cette nouvelle matière active appartient à la génération des bêta-bloquants et permet de traiter l'hypertension et de prévenir avec plus d'efficacité l'infarctus.

Les bêta-bloquants sont le fruit de recherches menées en Grande-Bretagne. Les premiers produits ont été remplacés progressivement par d'autres, plus sélectifs, comportant beaucoup moins d'effets secondaires. C'est le cas de l'acébutolol qui bloque en priorité les bêta-récepteurs du cœur et a un effet très limité sur les autres bêta-récepteurs. Mis au point au Centre de recherches Rhône-Poulenc — May and Baker à Dagenham en Grande-Bretagne, l'acébutolol ouvre ainsi une voie nouvelle aux bêta-bloquants de deuxième génération. Autre intérêt de l'acébutolol, il permet également de traiter l'hypertension artérielle, souvent cause ou conséquence de l'athérosclérose.

A la différence des médicaments traditionnels qui réussissent certes à prévenir ces différents accidents à l'exception de l'infarctus du myocarde, les bêta-bloquants comme l'acébutolol parviennent eux à faire baisser chez les hypertendus tous ces risques, y compris le risque d'infarctus.

Rappelons qu'en cardiologie, Rhône-Poulenc dispose également d'autres médicaments comme les dérivés nitrés de son laboratoire Théraplix. Produits traditionnels, les dérivés nitrés connaissent depuis peu un regain d'intérêt en raison de leur utilité dans l'insuffisance cardiaque.

Par ailleurs, un nouveau médicament est actuellement à l'étude au laboratoire Roger Bellon, pour soigner l'arythmie.

R.-P. Premier producteur mondial d'acide oxalique

L'acide oxalique est très répandu dans le règne végétal mais en petites quantités, sous forme de tétraoxalate de potassium couramment appelé « sel d'oseille ».

Avec un marché mondial qui tourne actuellement autour de 65 000 t/an, l'acide oxalique est un produit de base de la chimie, utilisé, seul ou en association, dans des applications très diverses :

- l'extraction de terres rares ou de minerais de métaux « nobles » comme le cobalt très pur ;
- le polissage du marbre et des pierres : l'acide oxalique, par son action mécanique et chimique, permet d'obtenir rapidement un poli impeccable des roches tendres, marbres purs, travertins, comblanchien...
- le lavage des wagons de chemin de fer : un produit constitué d'éthylène glycol, d'un agent tensio-actif et d'acide oxalique (25 %) est dilué à 5 % pour le nettoyage des voitures de chemin de fer.
- le blanchiment de certains textiles : une solution tiède d'acide oxalique permet de faire disparaître les taches de rouille formées sur tissus de soie, coton, lamé, etc...
- le traitement des surfaces des métaux, etc.

En outre, l'acide oxalique entre dans la fabrication de certains antibiotiques comme la tétracycline.

Dans le monde, différents procédés de fabrication d'acide oxalique existent, et jusqu'en 1973, Rhône-Poulenc utilisait l'un d'eux, à partir de formiate de sodium. Puis, le Groupe Rhône-Poulenc a mis au point un procédé original de fabrication : oxydation du propylène par l'acide nitrique, et exploite ce procédé depuis 5 ans. Une unité de 15 000 t/an basée sur ce procédé a été implantée à Chalampé (Haut-Rhin) : c'est la plus grosse installation mondiale de production d'acide oxalique et la seule mettant en œuvre ce procédé. Ce dernier, malgré la hausse du prix du propylène, demeure économiquement compétitif en raison précisément de la taille de l'unité.

L'an dernier, Rhône-Poulenc a exporté 70 % de sa production dans tous les pays du monde, notamment en Europe et sur le continent américain.

Dans l'alimentation animale

Le groupe Entreprise Minière et Chimique (EMC), qui détenait, depuis 1975, 50 % du capital de Sanders, première firme française d'alimentation animale, porte à 65 % sa participation par le rachat de 15 % supplémentaires au groupe Générale Occidentale qui conserve 35 %.

Simultanément, Sanders et diverses sociétés filiales ou amies de l'EMC ont acquis du groupe Générale Occidentale le contrôle de près de 80 % de Sandersa, branche alimentation animale de la société espagnole Union Alimentaria Sanders.

Sandersa, qui recevait depuis plusieurs années l'appui technique de Sanders, fournit environ 5 % du marché d'aliments du bétail en Espagne et a réalisé un chiffre d'affaires de 5,5 milliards de pesetas au cours du dernier exercice.

Cette opération a été soumise à l'approbation des autorités des deux pays.

CdF Chimie se développe dans l'acide cyanurique et ses dérivés

La société APC, du groupe CdF Chimie, a décidé de doubler la capacité de production de son atelier d'acide cyanurique, à Toulouse, pour la porter à 10 000 tonnes par an. Cette extension est faite pour permettre celle des capacités de production de sels chlorés (acide trichloroisocyanurique et dichloroisocyanurate de sodium) dont les applications concernent la détergence et la désinfection des eaux de piscine.

Cette décision renforcera la position de leader européen du groupe sur le marché des dérivés chlorés de l'acide cyanurique et intervient au moment où ses produits de traitement des eaux de piscine, connus sous la marque Surchlor, viennent d'obtenir l'avis favorable du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique pour les piscines publiques.

Nouvelles de Du Pont

Du Pont de Nemours a annoncé l'achèvement de la première tranche d'un important projet d'extension des installations de fabrication des résines fluorocarbonées « Teflon ».

Lorsqu'elle sera complètement achevée, cette extension d'un coût de plusieurs millions de dollars (à Parkersburg, Virginie Occidentale, États-Unis) représentera une augmentation de 50 % de la capacité de production des résines fluorocarbonées « Teflon » FEP et de 25 % de celle du « Teflon » PTFE en poudre fine et en dispersions aqueuses.

Les installations de ce programme d'extension sont mises en service au fur et à mesure de leur achèvement et l'on estime que le projet sera complètement terminé vers le milieu de l'année 1979. Les premiers effets de cet accroissement du potentiel productif commenceront à se faire sentir dès la fin de 1978.

Le programme d'extension en cours de réalisation fait suite à un projet antérieur, destiné à élargir les installations de production des monomères de fluorocarbonate de la société, qui sera achevé au début de 1979. Ces monomères sont les produits de base qui servent à la fabrication de la gamme de polymères fluorés qui comprend les résines fluorocarbonées « Teflon » PTFE, FEP et PFA (perfluoroalkoxy), le fluoropolymère « Tefzel » et les films et tubes de « Teflon ». Parmi les autres extensions envisagées dans le domaine des résines fluorocarbonées, citons l'importante augmentation de la capacité de fabrication du « Teflon » PFA vers le milieu de 1979 et les installations supplémentaires prévues vers 1980 à Parkersburg, destinées à la production du « Teflon » PTFE en granulés et du fluoropolymère « Tefzel ». Du Pont de Nemours déclare que la production du « Tefzel » a été déjà accrue de manière importante au cours des deux dernières années, grâce à des progrès techniques réalisés dans le procédé de fabrication, progrès qui se poursuivent encore actuellement.

En juillet dernier, Du Pont avait annoncé l'achèvement d'une extension des installations de production de ses résines « Elvax », qui se traduit par un accroissement de 30 % de la capacité. Ces résines, à base d'éthylène, sont les principaux constituants des adhésifs, joints et enductions thermofusibles.

Cette extension d'un coût de plusieurs millions de dollars permettra à la société Du Pont de rester le principal fournisseur de ces résines qui ont été introduites à l'échelle commerciale au début des années 60. Depuis sa mise en service, l'usine de Sabine River Works, à Orange, au Texas, a déjà été agrandie à six reprises.

Du Pont prévoit une constante croissance pour ces résines dont il propose plus de 20 types caractérisés par des indices de fluidité de 2 à 500 et une teneur en acétate de vinyle variant de 18 à 40 %. Il existe également certains types de résines proposées sous forme de terpolymères d'éthylène, d'acétate de vinyle et d'un acide.

Les adhésifs thermofusibles auxquels l'« Elvax » confère résistance, souplesse et

rapidité d'adhésion, sont utilisés dans le conditionnement, la reliure, le laminage de films, l'assemblage de meubles, la chaussure, les articles en non tissés à jeter après utilisation, les adhésifs et étiquettes autocollants et dans d'autres secteurs industriels.

Construction d'une unité d'hydrodésulfuration à Fos-sur-Mer

Pour satisfaire aux exigences de la nouvelle spécification administrative des gasoils et fuels domestiques qui limite la teneur en soufre à 0,3 % en poids, qui sera applicable à partir du 1^{er} avril 1980 (contre 0,5 % actuellement), Esso S.A.F. a décidé de porter la capacité de désulfuration des distillats de la raffinerie de Fos de 3 700 à 6 900 tonnes par jour de marche. Cet accroissement de capacité sera réalisé par la construction d'une nouvelle unité de traitement catalytique de 3 200 tonnes par jour de marche, à laquelle seront associées de nouvelles unités de traitement de gaz.

Les effluents gazeux chargés en hydrogène sulfuré et issus des nouvelles unités seront traités dans une installation de récupération de soufre, type Claus, ayant une capacité de 85 tonnes par jour de marche.

La quantité d'anhydride sulfureux émise après la mise en route des nouvelles installations restera en deçà de la limite actuellement autorisée.

L'étude du projet a été effectuée conjointement par Exxon Research and Engineering et par Esso S.A.F. qui a confié les études de détail et la construction à Foster Wheeler France. La mise en service est prévue pour février 1980.

Le coût de cette unité est de l'ordre de 200 millions de francs.

Continental Pharma s'installe à Mont St-Guibert.

Continental Pharma SA a décidé de créer à Mont Saint-Guibert un nouveau complexe pharmaceutique représentant un investissement de l'ordre de 600 millions de francs.

Pour la réalisation de ce projet le bureau de Paris de la firme suisse Suter et Suter et la société d'ingénierie SA Coppée-Rust NV ont été chargés d'une mission couvrant l'architecture, les études, les services d'approvisionnement et la supervision des travaux de construction.

Le complexe comprendra un centre de recherche et une usine de conditionnement, ainsi que les services annexes. Il occupera environ 250 personnes au départ, dont 75 universitaires et techniciens hautement qualifiés. La mise en marche est prévue pour fin 1980.

Continental Pharma vient de terminer la construction à Landen d'une usine de synthèse pour produits pharmaceutiques pour laquelle Coppée-Rust a également réalisé une mission complète d'ingénierie. Cette usine a entraîné un investissement de l'ordre

de 550 millions de francs et créé environ 70 nouveaux emplois.

Constituée en 1947, la Continental Pharma SA s'est spécialisée dans la chimiothérapie de la tuberculose, les anti-inflammatoires, la dermatologie et principalement les produits cardio-vasculaires.

La production d'acide formique et d'éthylamines à la BASF

Avec la construction d'une nouvelle unité d'acide formique à Ludwigshafen, BASF va doubler ses capacités : de 50 000 tonnes/an actuellement, celles-ci passeront en effet à 100 000 tonnes/an d'ici la fin de 1980. La nouvelle installation fonctionne selon un procédé développé par BASF, consommant peu d'énergie et non polluant.

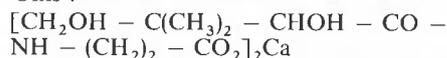
L'acide formique est un produit intermédiaire utilisé dans de nombreuses applications, notamment le travail du cuir et des textiles, l'ensilage de fourrages verts, la production de caoutchouc naturel et synthétique, des produits pharmaceutiques et phytosanitaires.

BASF construit à Anvers, sur la plate-forme de sa filiale BASF Antwerpen N.V., une unité de 18 000 tonnes/an d'éthylamines, produites à partir d'éthanol. La technologie utilisée pour certains éléments permet d'augmenter la production à peu de frais. Toutefois, compte tenu des surcapacités existant en Europe, ce ne sera certainement pas fait à court terme.

Cette installation remplacera une unité ancienne de Ludwigshafen, qui fonctionne à l'acétaldéhyde avec des capacités pratiquement identiques. Cette dernière sera affectée à la fabrication d'autres produits chimiques. Les éthylamines sont notamment utilisées comme intermédiaires dans la fabrication de produits phytosanitaires et d'auxiliaires pour l'industrie du caoutchouc et comme produits intermédiaires dans certaines synthèses.

Diamond Shamrock inaugure l'usine de Cal-Pan

Le département Nutrition and Animal Health de la Diamond Shamrock Corporation a inauguré son usine de pantothénate de calcium à Van Buren, Arkansas, États-Unis :



Cette usine, qui a coûté plus de 10 millions de dollars, produira plus de 700 tonnes de d-pantothénate de calcium par an. Lorsqu'elle sera complètement opérationnelle, elle sera la plus grande en son genre aux États-Unis et une des plus grandes du monde.

Ayant une capacité d'environ un sixième de la production mondiale de pantothénate de calcium, cette usine rendra les États-Unis autonomes et les fera passer d'importateurs à exportateurs.

Le pantothénate de calcium produit dans l'usine de Van Buren sera vendu en Europe

par la Diamond Shamrock Europe Corporation.

Le pantothénate de calcium est une vitamine B, indispensable dans l'alimentation des animaux en général, des porcs et des volailles en particulier. Il joue un rôle prépondérant dans le métabolisme et est nécessaire au développement du système nerveux. Le pantothénate de calcium est considéré comme un additif alimentaire indispensable.

Les mousses en progression aux États-Unis

Dans l'année en cours, l'industrie du bâtiment des États-Unis utilisera au total 3,1 millions de m³ de mousses de polyuréthane (130 000 t de produits bruts). C'est ce qu'a communiqué la Mobay Chemical Corporation, filiale de Bayer et premier fabricant de polyuréthanes aux États-Unis, après avoir procédé à une analyse de marché pour l'année 1978. Selon cette communication, on enregistrera pour la mousse de polyuréthane dans l'industrie du bâtiment une progression de 25 % par rapport à 1977, alors que l'on avait déjà pu noter un accroissement de 24 % des besoins de 1976 à 1977.

L'emploi d'universitaires et de diplômés au sein de l'industrie chimique suisse

L'image déjà abondamment commentée dans la presse suisse de la nouvelle étude du Vorort au sujet des moyens financiers engagés dans la recherche et le développement industriels en Suisse doit être complétée par les aspects du personnel employé, car le succès de la recherche scientifique dépend largement du travail humain et de la créativité. Sur la base de cette enquête une vue d'ensemble détaillée de la structure des qualifications et de l'emploi au sein de l'industrie chimique suisse a été élaborée. Les universitaires, diplômés ETS (École Technique Supérieure) et ESEA (Écoles Supérieures d'Économie et d'Administration) étaient en 1975 répartis parmi trois champs d'activité fondamentalement différents : la recherche (définie comme activité visant à acquérir de nouvelles connaissances scientifiques) et le développement (reposant sur les résultats de la recherche scientifique et sur l'expérience technique en vue d'obtenir des matériaux nouveaux ou des matériaux, des produits ou des procédés de fabrication améliorés) : la production (qui comprend toute autre activité impliquant une responsabilité technique directe), ainsi que les « autres tâches », par lesquelles on entend toute activité classée comme non technique.

En 1975, sur 7 666 universitaires, diplômés ETS et ESEA, la répartition s'établissait comme suit : 44 % en R et D, 20 % dans la production et 36 % de divers. En analysant l'étude du Vorort l'on constate un fait intéressant : la proportion de travailleurs s'occupant de R et D est pratiquement la même dans l'industrie chimique (44 %), l'industrie

mécanique (45 %) et l'industrie horlogère (44 %). Pour l'industrie dans son ensemble la quote-part des travailleurs de R et D atteint 42 %.

Nouvelles des Communautés européennes

Programmes de R et D en matière d'hydrogène

La Commission des Communautés européennes, sans attendre que les combustibles fossiles soit épuisés, s'intéresse à l'hydrogène en tant que vecteur d'énergie potentiel, c'est pourquoi le Conseil des ministres a approuvé des programmes pluriannuels de recherche et de développement sur l'hydrogène basés sur des actions directe et indirecte.

Action directe

Le programme d'action directe sur l'hydrogène fait partie du programme pluriannuel général du Centre Commun de Recherche (CCR) de la Commission des Communautés européennes. Les activités du CCR, dans le domaine de l'hydrogène, sont axées sur l'estimation des possibilités de décomposition thermochimique de l'eau comme technique de production d'hydrogène. Ces travaux, commencés en 1970 et réalisés dans le cadre du programme pluriannuel 1977-1980 pour un coût de 15,33 millions d'unités de compte européennes (MUCE), sont orientés vers l'identification des cycles chimiques et la définition des critères de sélection les plus appropriés. Cela implique par exemple non seulement que l'on fasse des recherches sur les données de base d'un cycle possible, mais aussi que l'on tienne compte de la technique chimique, des aspects écologiques et des coûts de production. Afin de pouvoir juger les procédés thermochimiques et évaluer les coûts potentiels de production d'hydrogène, on a mis au point un important programme informatisé, le programme OPTIMO, qui comporte également des données économiques. Pour situer les cycles thermochimiques dans leur perspective réelle, on établit une comparaison avec le système concurrent : la technique de pointe actuelle de l'électrolyse, basée sur le même principe et visant à décomposer l'eau en n'utilisant que de l'énergie, en l'occurrence de l'électricité au lieu de la chaleur.

Depuis quatre ans, de nombreux cycles possibles ont été identifiés et ont fait l'objet de recherches, à la suite de quoi un grand nombre d'entre eux ont été rejetés sur la base des critères de sélection établis. Le choix a été limité à trois cycles dits cycles du soufre. Ces cycles ont un point commun : la phase à haute température, au cours de laquelle la chaleur provenant de la source extérieure de chaleur à haute température est absorbée, consiste dans la décomposition d'acide sulfurique. Sur ces trois cycles, les deux plus prometteurs sont le Mark 11 et le Mark 13, qui sont tous les deux des cycles « hybrides », c'est-à-dire qu'ils comportent l'un et l'autre une phase électrochimique.

Après de longues études de toutes les réac-

tions impliquées, un circuit de laboratoire complet a été créé en vue d'expérimenter le cycle Mark 13. Ce circuit, conçu pour produire 100 litres d'hydrogène à l'heure, a été achevé en mai 1978 et a déjà fonctionné plusieurs heures. Bien qu'il ne s'agisse que d'un dispositif expérimental et qu'il reste encore beaucoup à faire avant de créer une vaste installation industrielle compétitive sur les plans technique et économique, le fonctionnement du circuit Mark 13 au CCR est une étape importante, car on estime qu'il s'agit de la première démonstration au monde de la faisabilité du cycle thermochimique complet.

Action indirecte

Le programme d'action indirecte, réalisé dans le cadre du programme R et D Énergie de la Direction générale Recherche, science et éducation, consiste à établir des contrats de recherche sur la base du partage des coûts (généralement 50/50) entre la Communauté et des laboratoires, établissements industriels et universités des États membres. Le principal objectif du premier programme (milieu 1975-milieu 1979, coût : 13,24 MUCE) est essentiellement d'accélérer les progrès techniques nécessaires à la production économique d'hydrogène et d'évaluer ses utilisations possibles en tant que vecteur d'énergie pour l'avenir.

Ce programme couvre trois grands secteurs :

A. Production thermochimique d'hydrogène

Ce projet a été défini à l'appui et en complément des activités menées dans le cadre du programme d'action directe, décrites précédemment.

B. Production électrolytique d'hydrogène

Les résultats des activités menées dans ce secteur sont très prometteurs. Par différents moyens, les techniques de production électrolytiques ont été nettement améliorées au stade expérimental. On cherche actuellement à obtenir confirmation des résultats d'expériences réalisées sur de petits électrolyseurs (5 à 10 kW) et sur des électrolyseurs de taille moyenne (100 kW). Les résultats obtenus en laboratoire révèlent que la consommation d'énergie nécessaire à la production d'hydrogène à partir de l'eau a diminué, passant d'un niveau initial d'environ 5 kWh/m³ à 3,6 kWh/m³ pour une densité de courant de 5 à 10 kA/m². Ces nouvelles technologies doivent maintenant être entièrement mises au point afin de pouvoir remplacer à l'avenir la technique actuelle du réformage du méthane en présence de vapeur d'eau.

C. Utilisation

Ce projet a pour but de rassembler des données expérimentales ou bibliographiques sur la sécurité de l'hydrogène et sur ses perspectives d'utilisation en tant que vecteur d'énergie. Des études ont été consacrées à la recherche de méthodes de stockage alternatives ainsi qu'au comportement des matériaux dans l'hydrogène et à leur optimisation à cet effet. Les informations réunies doivent servir de base à la préparation d'une technique permettant un emploi étendu de l'hydrogène, lequel ne peut être considéré comme vecteur d'énergie qu'à long terme.

L'intérêt manifesté par des laboratoires dans toute la Communauté et les résultats encour-

rageants obtenus jusqu'ici fournissent des orientations utiles pour la définition d'un deuxième programme de technologies applicables dans le secteur de l'hydrogène.

Activités internationales

Les activités de recherche et de développement de la CEE sur l'hydrogène ne sont nullement séparées de celles menées dans le reste du monde. A titre d'accord d'exécution des actions de coopération, l'Agence internationale de l'énergie a créé un « Programme de recherche et de développement sur la production d'hydrogène à partir de l'eau », qui a été signé en octobre 1977 par la Belgique, le Canada, la République fédérale d'Allemagne, l'Italie, le Japon, les Pays-Bas, la Suède, la Suisse, les États-Unis et la CE. Cette coopération est déjà effective dans trois secteurs :

- la production thermo-chimique
- le couplage d'une installation de production thermo-chimique et d'un réacteur à haute température
- l'évaluation du futur marché de l'hydrogène.

La Commission assure la présidence du Comité exécutif de l'accord et le Centre Commun de Recherche dirige la première et la troisième des activités décrites ci-dessus en qualité d'« agent d'exploitation ».

L'énergie nucléaire prend du retard

La part de l'énergie nucléaire dans la production totale nette d'électricité a représenté (en pourcentages) :

	En 1976	En 1977
France	7,7	8,4
République Fédérale d'Allemagne	7,3	10,8
Italie	2,3	2,0
Pays-Bas	6,6	6,3
Belgique	21,1	25,2
Royaume-Uni	12,1	13,2
Communauté	8,2	9,6

Ces chiffres montrent que le parc nucléaire de la Communauté accuse un certain retard par rapport à l'objectif que s'était fixé la Communauté à la fin de 1974, et qui était de disposer d'une capacité d'énergie nucléaire de 160 GWe en 1985.

Les raisons de ce retard sont notamment la réduction généralisée de la demande d'électricité due à la récession économique que connaissent nos pays, et les problèmes nés de l'opposition des populations au nucléaire. Le rythme d'introduction de l'énergie nucléaire dépendra, à l'avenir, du taux de croissance de la demande électrique ainsi que des choix politiques que feront les États membres de la Communauté en ce qui concerne cette source d'énergie.

Tartrazine

La Commission européenne vient de demander au Comité scientifique communautaire de l'alimentation humaine un nouvel avis sur les dangers de l'utilisation de la tartrazine (colorant E 102). C'est à la lumière de l'avis

du Comité qu'elle décidera s'il faut ou pas en demander l'interdiction.

Des normes précises pour les analyses de l'eau potable

La Commission européenne vient de proposer au Conseil de ministres de la Communauté une directive qui fixe les méthodes servant à mesurer la qualité des eaux de surface destinées à produire de l'eau potable : fréquence d'échantillonnage et d'analyse, profondeur des prélèvements, conservation et transport des échantillons, etc. Ces méthodes d'analyse doivent permettre de définir les caractéristiques physiques, chimiques et microbiologiques des eaux destinées à approvisionner les populations, et de déterminer l'évolution de la pollution.

La récupération des déchets

1,5 milliard de tonnes : c'est la quantité de déchets de toutes natures que « produit » actuellement la Communauté chaque année. C'est-à-dire environ 90 millions de tonnes d'ordures ménagères, 115 millions de tonnes de déchets industriels, 200 millions de tonnes de boues d'épuration, 950 millions de tonnes de déchets agricoles et 150 millions de tonnes de résidus provenant de diverses industries extractives.

Bon an, mal an, cette masse de déchets croît de quelques 5 %.

Le 21 avril 1976, la Commission européenne décidait de mettre sur pied un comité communautaire de gestion des déchets. Sa tâche : étudier puis conseiller la Commission européenne sur tous les problèmes concernant :

- le développement d'un programme communautaire des déchets ;
- les différentes mesures susceptibles d'assurer la prévention, la réutilisation ou l'élimination des déchets ;
- l'application des directives communautaires concernant la gestion des déchets.

Le comité s'efforce, en outre, d'aider la Commission européenne à coordonner les actions menées dans les pays membres de la Communauté dans ce domaine, et il met en évidence les mesures qui doivent être prises au niveau de la Communauté pour les compléter.

Les travaux législatifs effectués à ce jour sont assez riches et variés. Le Conseil a déjà adopté cinq directives en la matière et les États membres sont en train de se doter de mesures nationales conformes à cette législation communautaire.

- Les directives adoptées concernent ;
- l'élimination sans danger et la valorisation des déchets en général (directive-cadre) ;
 - la réutilisation des huiles usagées ;
 - l'élimination des PCB (poly-chloro-biphényl) ;
 - les déchets provenant de la fabrication du dioxyde de titane ;
 - les déchets toxiques et dangereux.
- Mais beaucoup d'autres secteurs sont actuel-

lement à l'examen de la Commission et font l'objet de travaux en cours.

Dans le cadre du programme communautaire de protection de l'environnement, la Commission européenne, assistée par le comité de gestion des déchets, exerce son action à deux niveaux :

- au moment de la production et de la consommation des biens (c'est-à-dire en amont du système des déchets), sont étudiés les moyens ;
- en aval de la production, il s'agit de promouvoir des systèmes de collectes sélectives, de traitement et de valorisation des déchets.

Depuis deux ans, le comité de gestion des déchets — structuré en divers groupes de travail présidés par la Commission européenne (« emballage », « vieux papiers », « déchets toxiques », « valorisation agricole », « valorisation énergétique », etc.) — épaulé donc avec efficacité la Commission européenne dans sa lutte contre le gaspillage en proposant, d'une part, un mode de gestion rationnel du « capital déchet », d'autre part, différentes méthodes de récupération d'énergie et de matières essentielles.

Suite à un examen préliminaire de la situation dans la Communauté basé sur des nombreuses enquêtes et études effectuées par la Commission, il est apparu que les formes de récupération les plus avantageuses du point de vue financier (en terme de valeur nette par tonne) sont le recyclage des métaux, le recyclage du papier de bonne qualité, la réutilisation des récipients en verre, le recyclage des thermoplastiques et des pneus, le réchapage des pneus, le recyclage de quelques textiles, le recyclage et la réutilisation des huiles usagées, ainsi que l'utilisation de la paille pour produire la pâte à papier. Également intéressants semblent être le recyclage du papier mélangé pour produire du carton, le nettoyage des solvants et la production d'aliments pour les animaux à partir de déchets alimentaires.

De manière générale, les choix les moins avantageux du point de vue financier semblent être l'utilisation de matière pour la fabrication du fuel ou du compost, et l'utilisation des plastiques pour le renforcement des matériaux de construction, le mâchefer et la cendre de combustible pulvérisé destinés à la construction et aux remblais.

Publications de la Commission des Communautés européennes

Deux nouvelles publications viennent de paraître :

- Le rapport annuel 1977 du programme Radioprotection 1976-1980 de la Communauté européenne (Rapport EUR 5972). A commander auprès de l'Office des publications officielles des Communautés Européennes, B.P. 1003, Luxembourg (prix 173 F).
- Un catalogue des contrats relatifs à son programme de recherche dans le domaine de la radioprotection.

A demander auprès des Commissions européennes, DG XII, Biologie, radioprotection et recherche médicale, 200, rue de la Loi, 1049 Bruxelles.

M. Fernand Gallais, directeur du Laboratoire de chimie de coordination du CNRS à Toulouse, a pris sa retraite en octobre dernier.

Titulaire d'un doctorat ès-sciences et d'un doctorat de pharmacie, M. Gallais a été maître de conférence, professeur titulaire à la Faculté des sciences de Toulouse, puis, en 1950, directeur de l'Institut de Chimie de cette ville. En 1965, il a été nommé directeur-adjoint et, l'année suivante, directeur scientifique du CNRS. Revenu à Toulouse, il fut nommé directeur du Laboratoire de chimie de coordination dès sa création, en 1974. M. Gallais a été vice-président, et est actuellement président de la Société Chimique de France.

Elève de Georges Urbain et d'Aimé Cotton, M. Gallais a axé ses recherches dans deux voies : les problèmes de structure en chimie moléculaire minérale d'une part, et la notion de liaisons interatomiques d'autre part.

Dans le premier domaine, il a notamment étudié les complexes imparfaits et les sels minéraux apparentés (tels que les iodures et les thiocyanates de mercure et de bismuth) dont il a caractérisé les ions et déterminé la stabilité ; il a révélé la structure covalente des sels normaux de ce type. Il s'est également intéressé aux hydroxydes acides et basiques pour lesquels il a dégagé des concepts clairs.

La deuxième partie des travaux de M. Gallais a trait à l'application du pouvoir rotatoire magnétique (nommé effet Faraday) à des problèmes structuraux, ce qui l'amena à l'étude de la liaison chimique. Il a fait dans ce domaine une observation capitale en montrant que les principales liaisons dans les composés organiques et minéraux pou-

vaient être caractérisées par un module qui possède des propriétés additives, compte tenu des effets d'environnement. Il a ensuite remarqué que certains composés « anormaux » (composés de coordination et dérivés insaturés) ne suivaient pas la loi d'additivité ; ce fait caractérise l'existence d'une liaison de coordination, dont il a ensuite précisé la nature par rapport aux liaisons normales.

M. Gallais a montré que l'édifice atomique que constitue la molécule se comporte comme un tout, malgré l'existence de relations interatomiques, résultat très important pour la compréhension des relations entre le comportement chimique et la nature moléculaire. Plus récemment, il a apporté une vérification de ces résultats par le calcul direct de la structure électronique d'une série de composés de coordination, introduisant ainsi la chimie théorique dans le domaine de la chimie de coordination.

Grâce à M. Gallais, la chimie minérale a donc pu bénéficier, comme auparavant la chimie organique, des apports de la chimie quantique dans la résolution des problèmes structuraux et, en conséquence, dans la prévision de l'explication du comportement chimique des molécules. Aussi est-il considéré unanimement comme le promoteur de la chimie de coordination en France.

M. Gallais a également exercé une forte influence sur l'ensemble du secteur de la chimie du CNRS dont il a été, de 1966 à 1973, le directeur scientifique.

M. Gallais a été élu à l'Académie des Sciences en 1973. Commandeur des palmes académiques, il est, depuis 1967, officier de la Légion d'Honneur.

Journée d'étude sur la liquéfaction des charbons par hydrogénation

Dans le cadre de la révision de la prospective dans les domaines liés à l'énergie, le CNRS, en liaison avec la DGRST, a organisé, le 5 octobre dernier, une journée d'études sur la liquéfaction des charbons par hydrogénation.

Cette journée a rassemblé une trentaine de directeurs de laboratoires et d'animateurs d'équipes de recherche du CNRS, ainsi que des membres de la DGRST, du CEA, de l'IFP et quelques industriels.

Le programme en était le suivant :

- *L'énergie vers l'an 2000 et L'utilisation future du charbon*, par M. Seelemann (CERCHAR) ;
- *Le projet français de gazéification du char-*

bon avec apport de chaleur nucléaire, par M. Pottier (GDF) ;

- *La structure des charbons et leurs propriétés générales vis-à-vis de l'hydrogénation*, par M. Chiche (CERCHAR) ;

- *Les problèmes de l'hydrogénation industrielle du charbon*, par M. Boyer (CERCHAR).

Ces exposés ont été suivis de débats animés, démontrant l'intérêt des universitaires et des industriels pour les problèmes liés à la valorisation du charbon. Des laboratoires universitaires devraient, en collaboration avec les entreprises industrielles concernées, entreprendre des recherches dans ce domaine.

Activités du G.A.M.S.

Cycles de perfectionnement du G.A.M.S. pour techniciens

Spectrophotométrie d'absorption atomique

1. Stage « Généralités » (niveau 1) :

1 semaine de cours et travaux pratiques, 29 janvier-2 février 1979, 23 avril-27 avril 1979.

2. Stage « Perfectionnement » (niveau 2) :

1 semaine de cours et T.P., 26 février-3 mars 1979.

Spectrographie d'émission

2 semaines de cours et travaux pratiques, 15-26 octobre 1979.

Spectrométrie de rayons X

1 semaine de cours et travaux pratiques, 14-18 mai 1979.

Chromatographie en phase gazeuse

1. Stage « Initiation » (niveau 1) :

1 semaine de cours et travaux pratiques, 25-29 juin 1979 (à Lyon), 2-6 juillet 1979 (à Paris), 9-13 juillet 1979 (à Paris).

2. Stage « Perfectionnement » niveau 2) :

1 semaine de cours et T.P., 25-29 juin 1979 (à Paris).

Spectrométrie infrarouge et autres techniques moléculaires

2 semaines de cours et travaux pratiques : décembre 1979.

Spectrofluorimétrie

1 semaine de cours et travaux pratiques, dernier trimestre 1979.

Spectrométrie de masse

1 semaine de cours et travaux pratiques.
La session prévue du 20 au 24 novembre 1978 est reportée du 22 au 26 janvier 1979.

Pour tous ces stages, il est donné suite aux demandes dans leur ordre d'arrivée. Il est recommandé de s'inscrire longtemps à l'avance.

Pour tous renseignements, s'adresser au G.A.M.S., 88, boulevard Malesherbes, 75008 Paris. Tél. : 292-20.41 +.

Conférence

Le professeur Schatz présentera, une conférence dans le cadre des « Ferdinand Springer Lecture », le vendredi 1^{er} décembre, à 11 h 30, dans la salle de Conférences de l'Institut de Recherche en Biologie Molé-

culaire, de l'Université Paris VII (Tour 42, rez-de-chaussée), 2, place Jussieu, Paris 5^e.
Le titre est le suivant :

Biogenesis of mitochondria, genetic control and import of proteins from the cytoplasm.

VIII^e Journées sur la chimie et la biochimie des glucides. Chameroles (Loiret), 17-20 décembre 1978

Ce symposium est organisé sous le patronage conjoint de la Société Chimique de France et de la Société de Chimie Biologique, par le Groupe Français des Glucides, avec le concours de la R.C.P. 425 : Glucides et glycoconjugués.

L'accueil des participants aura lieu au Centre des séminaires de Chameroles, le dimanche 17 décembre 1978 de 15 h à 20 h. Des navettes assureront la liaison entre la gare des Aubrais (près d'Orléans) et le Centre de Chameroles.

Comité d'organisation

S. David, J. Defaye, F. Delmotte, G. Gross, P. Louisot, M. Monsigny, J. Montreuil, A.C. Roche, P. Sinaj.

Pour tous renseignements, s'adresser à M. Monsigny, Président du Groupe Français des Glucides, Centre de Biophysique Moléculaire, 1A, avenue de la Recherche Scientifique, 45045 Orléans Cedex. Tél. : (38) 63.10.04.

Programme des journées

Dimanche 17 décembre

De 15 à 20 heures : Accueil des participants.
20 heures : Dîner.

Lundi 18 décembre

9 heures : **Conférence** par Madame M. Rinaudo (Grenoble) :
Formation des gels non covalents dans les polysaccharides.

Communications orales

J. Chanessian, D. Avenel, A. Neuman et H. Gillier-Pandraud (Bobigny) :
Structure d'un glycopeptide : la N-acétyl-β-D-glucosamine-L-asparagine.

E. Toromanoff (Romainville) :
Analyse conformationnelle dynamique des réactions de O-glycosidation avec et sans participation.

10 h 40 : Pause.

11 heures : Communications par affiches.

12 h 30 : Déjeuner.

14 heures : **Conférence** par R.C. Hughes (Londres) :

Structure and interaction of cell membrane glycoproteins.

Communications orales

C. Kieda, A.C. Roche, F. Delmotte et M. Monsigny (Orléans) :

Mise en évidence de lectines membranaires dans les lymphocytes murins.

P. Boullanger et R.U. Lemieux (Villeurbanne) :

Contribution des liaisons hydrogène intramoléculaires à la reconnaissance du galactose par les anticorps.

J. Picard, M. Caron et J. Capeau (Saint-Antoine, Paris) :

Intervention des glycoconjugués membranaires dans les sites récepteurs des hormones : exemple de l'insuline.

16 h 10 : Pause.

16 h 40 : **Tables rondes**

1. Chimie des sucres : synthèse d'osides et de dérivés.

2. Rôle des glycoconjugués dans les phénomènes de reconnaissance cellulaire.

18 h 30 : **Réunion de la R.C.P. 425 : Glucides et Glycoconjugués.**

20 h 30 : **Conférence** par D. Horton (Columbus, U.S.A.) :

Études structurales des lipopolysaccharides de Pseudomonas aeruginosa.

Mardi 19 décembre

9 heures : **Conférence** par R. Schauer (Kiel, R.F.A.) :

New aspects of sialic acid metabolism and functions.

Communications orales

G. Strecker, H. Kamerling et J.P. Farriaux (Villeneuve d'Asq) :

Données récentes sur la sialurie.

C. Ronin, G. Granier, J. Van Rietschoten et S. Bouchilloux (Marseille) :

N-glycosylation de peptides synthétiques.

10 heures : Pause.

11 heures : **Conférence** par Madame A. Adam (Orsay) :
De l'adjuvant de Freund au MDP. Relations structure-activité et aspects biologiques.

13 heures : **Départ** : Visite des Châteaux de la Loire :
Cheverny-Blois.

Mercredi 20 décembre

9 heures : **Conférence** par S. David (Orsay) :
Structure et utilisations synthétiques des dérivés dibutylstannylènes de sucres.

Communications orales

C. Augé et A. Veyrières (Orsay) :
Utilisation de dérivés stannylène dans la synthèse glycosidique.

J. Boivin, C. Monneret et M. Pais (Gif-sur-Yvette) :

Préparation d'amino-3 glycols et étude de leur glycosidation acido-catalysée. Nouvelle voie d'accès aux glycosides du groupe des anthracyclines.

10 h 40 : Pause.

11 h 10 : **Prix du Groupe Français des Glucides.**

Communications orales

H. Vainer, R. Ravicovitch, M. Salle et J. Peries (Saint-Louis, Paris) :

Étude de la galactosyltransférase dans les lignées cellulaires dérivées du tétatocarcinome de la souris 129.

L. Gattegno, F. Fabia, D. Bladier et P. Cornillot (Bobigny) :

Rôle de l'acide sialique et des autres glucides membranaires dans le vieillissement physiologique des hématies humaines.

14 heures : Tables rondes

3. Interactions sucre-protéine.

4. Structure et biosynthèse des glycoconjugués membranaires : glycosyltransférases ; glycosidases.

16 heures : **Conférence** de R. Gigg (Londres) :

Glycolipids : chemistry and significance.

Communications

1. Ozonolyse de la cellulose et de composés modèles,

par P. Angibeaud, J. Defaye et A. Gadelle.

2. Utilisation de dérivés stannylène dans la synthèse glycosidique,

par C. Augé et A. Veyrières.

3. Étude structurale et conformationnelle d'un oligosaccharide : le méthyl- α -D-nigéroside.

par D. Avenel, A. Neuman, F. Arene, H. Gillier-Pandraud, J.R. Pougny et P. Sinaÿ.

4. Aspects récents de la spécificité et du mécanisme d'action des tréhalases,
par E. Bar-Guilloux, J. Defaye, H. Driguez et B. Henrissat.

5. Formation of 2-deoxy-2,3-dehydro-N-acetylneuraminic acid and β -D-N-acetyl-

neuraminyl phosphate from cytidine-5'-monophospho-N-acetylneuraminic acid under alkaline conditions.

par J.M. Beau, J. Haverkamp, R. Schauer and J.F.G. Vliegthart.

6. Nature de la liaison heptose-KDO dans le lipopolysaccharide de *Escherichia coli* K 12 CR 34,

par D. Blache, M. Bruneteau et G. Michel

7. Déterminants de groupe ABO et composition en sucres des membranes des hématies humaines,

par D. Bladier, B. Huet, L. Gattegno, F. Fabia et P. Cornillot.

8. Préparation d'amino-3 glycols et étude de leur glycosidation acidocatalysée. Nouvelle voie d'accès aux glycosides du groupe des anthracyclines,

par J. Boivin, C. Monneret et M. Pais.

9. Ectogalactosyltransférase de cellules thyroïdiennes : évaluation critique,

par S. Bouchilloux, S. Hovsepian, C. Casati et G. Fayet.

10. Contribution des liaisons hydrogènes intramoléculaires à la reconnaissance du galactose par les anticorps,

par P. Boullanger et R.U. Lemieux.

11. Orthoestérification et acétalation sélective d'hexoses. Application à la synthèse osidique et à la synthèse de monosaccharides sélectivement protégés et de sucres rares,

par P. Calinaud, E. Fanton et J. Gelas.

12. Interactions insuline-récepteur dans l'hépatome de *Zajdela*. Participation de glycoconjugués,

par J. Capeau, M. Caron et J. Picard.

13. Mise en évidence du rôle d'un galactose terminal dans le site récepteur de l'insuline,

par M. Caron, J. Capeau et J. Picard.

14. Isolement des polysaccharides acides de parois primaires végétales,

par G. Chambat, J.P. Joseleau et F. Barnoud.

15. Synthèse de quelques nouveaux dérivés des acides 3-desoxy alduloseoniques,

par D. Charon et L. Szabo.

16. Étude sur les spécificités de quelques lectines,

par H. Debray, D. Degout, G. Strecker, J. Montreuil et M. Monsigny.

17. Synthèse de dérivés sélectivement deutériés du L-fucose ;

par J. Defaye, A. Gadelle et C.C. Wong.

18. Le site actif de la lectine du germe de blé (WGA),

par F. Delmotte, A.C. Roche, J.P. Grivet, C. Hélène, P. Bouchard et M. Monsigny.

19. Oxydation spécifique des résidus sialyl et galactosyl des surfaces des cellules d'hépatome,

par M. Dodeur et R. Bourrillon.

20. Acide sialique membranaire et endocytose de glycoprotéines désialidées par l'hépatocyte isolé de rats normaux et diabétiques,

par G. Durand, J.P. Dumont, M. Appel, J. Davy, J. Feger et J. Agneray.

21. Étude de la dépolymérisation d'un polysaccharide capsulaire de *Klebsiella* sérotype K 18 par le bactériophage correspondant.

Étude R.M.N. ^1H et ^{13}C ,
par G.G.S. Dutton, D.Y. Gagnaire, A. Savage et M.R. Vignon.

22. Oligomères du D-xylose à jonctions 1 \rightarrow 3 : obtention et étude par R.M.N.,
par G. Excoffier et J.P. Utille.

23. Glucides de surface des hématies humaines, autorosettes et vieillissement physiologique,

par F. Fabia, L. Gattegno, D. Bladier et P. Cornillot.

24. Acétalation sélective d'oligosaccharides et de cétooses,

par E. Fanton, J. Gelas et D. Horton.

25. Synthèse des O[2-acétamido-2-deoxy- α -D-galactopyranosyl] L-serine et L-thréonine, via les azido-2-deoxy-2 correspondants,
par B. Ferrari et A.A. Pavia.

26. Structure de la fraction glucidique de la kappa-caséine du lait de vache,

par A.M. Fiat, B. Fournet, C. Alais, P. Jolles et J. Montreuil.

27. Activité P_1 de l'ovomucoïde de tourterelle,

par C. Francois-Gérard et J. Brocteur.

28. Substitution, configuration et rôle biologique des mycosides B,

par M. Gastambide-Odier.

29. Rôle de l'acide sialique et des autres glucides membranaires dans le vieillissement physiologique des hématies humaines,

par L. Gattegno, F. Fabia, D. Bladier et P. Cornillot.

30. Interactions cations-hydrates de carbone et R.M.N. du sodium-23,

par J. Grandjean et P. Laszlo.

31. Étude par R.M.N. de la fixation d'oligomères de la N-acétyl glucosamine par l'agglutinine de germe de blé,

par J.P. Grivet, F. Delmotte et M. Monsigny.

32. Étude des activités ectofucosyltransférasiques du lymphocyte splénique de rat. Comparaison aux activités des ectogalactosyl et ectosialyltransférases,

par B. Hoflack, R. Cacan, A. Verbert et J. Montreuil.

33. Mise en évidence de lectines membranaires dans les lymphocytes murins,

par C. Kieda, A.C. Roche, F. Delmotte et M. Monsigny.

34. Glycoprotéines de structure associées à la matrice collagène-élastine du parenchyme pulmonaire,

par C. Lafuma et M. Moczar.

35. Étude physicochimique des mucines bronchiques obtenues par réduction du mucus,

par G. Lamblin, M. Lhermitte, P. Degand, P. Roussel et H.S. Slayter.

36. Excrétion de sialoglycoconjugués associée aux mucopolipidoses I-IV,

par M. Lemonnier, D. Lecat, M.J. Tchilian, C. Derappe.

37. Utilisation des lectines dans la classification des mucines bronchiques,

par M. Lhermitte, J.J. Lafitte, G. Lamblin, N. Houdret, P. Roussel et M. Mazza.

38. Glycoprotéines végétales hydrosolubles. Isolement et interaction avec la concanavalline A,

par C. Luporsi, R. Bourbouze, C. Akiki et F. Percheron.

39. Gangliosides des érythrocytes de chevaux. Isolement et purification en une seule étape du ganglioside majeur (Neu-NG1-GM₃),

par R. Maget-Dana, G. Strecker et M. Monsigny.

40. Interactions entre gangliosides et lectines : activités comparatives d'analogues du GM₃ vis-à-vis de la limuline et de la WGA,

- par R. Maget-Dana, R. Veh, A.C. Roche, R. Schauer et M. Monsigny.
41. Synthèse d'isocytano-1 furanoses et réactions d'insertion, par D. Marmet, P. Boullanger et G. Descotes.
42. Nouvelle microméthode pour la séparation des glycanes des glycoprotéines, par E. Moczar.
43. Glycoprotéines associées à la matrice collagène-élastine, par M. Moczar, B. Phan Dinh Tuy et A. Kadar.
44. Étude de la spécificité des glycosyltransférases à l'aide des protéines modifiées par conjugaison des glycanes, par E. Moczar, R. Schauer et M. Wember.
45. Glycoconjugués membranaires. Dosage spectrofluorométrique des sites récepteurs de lectines, par A. Obrenovitch, C. Sené et M. Monsigny.
46. Structure d'un glycopeptide la N-acétyl- β -D-glucosamine-L-asparagine, par J. Ohanessian, D. Avenel, A. Neuman et H. Giller-Pandraud.
47. Nouvelle synthèse de disaccharides-1,1 : tréhaloses et tréhalo-analogues, par A.A. Pavia, J.M. Rocheville et S.N. Ung.
48. Intervention des glycoconjugués membranaires dans les sites récepteurs des hormones : exemple de l'insuline, par J. Picard, M. Caron et J. Capeau.
49. Localisation subcellulaire d'une activité endo- β -N-acétylglucosaminidase dans le foie et le rein de rat, par R. Pierce, G. Spick, S. Bouquelet, J.P. Ducatillon et J. Montreuil.
50. N-glycosylation de peptides synthétiques, par C. Ronin, C. Granier, J. Van Rietscoten et S. Bouchilloux.
51. Détermination de l'anométrie de la liaison osidique de la glucosamine liée à un sucre, par S.R. Sarfati et P. Szabo.
52. Transfert catalytique d'hydrogène et oxydoréduction des sucres réducteurs, par D. Sinou, J.P. Praly et G. Descotes.
53. Étude comparée de la structure des groupements glycaniques de différentes transférines. Rôle des glycanes dans le mécanisme de la fixation des sérotransférines sur les réticulocytes, par G. Spick, D. Leger, V. Tordera, J. Mazurier, A. Cheron et J. Montreuil.
54. Données récentes sur la sialurie, par G. Strecker, H. Kamerling et J.P. Farriaux.
55. Purification et caractérisation d'une endopolysaccharidase d'*Aspergillus niger*, par J.F. Thibault et C. Mercier.
56. Analyse conformationnelle dynamique des réactions de O-glycosidation avec et sans participation, par E. Toromanoff.
57. Interaction des glycoprotéines de surface des lymphocytes humains normaux avec la lectine de *Ricinus Communis*, par E. Turpin, D. Nell, J. Wantyghem et Y. Goussault.
58. Étude de la galactosyl transférase dans les lignées cellulaires dérivées du tératocarcinome de la souris 129, par H. Vainer, R. Ravicovitch, M. Sallé et J. Périès.
59. Cinétique de régénération des glycoprotéines de surface des fibroblastes d'embryon de poulet de 8 jours, après traitement par la trypsine, par M. Vernay, M. Cornic et M. Aubery.
60. Séparation d'endocellulases par chromatographie d'affinité sur cellulose réticulée, par M. Weber, M.J. Foglietti et F. Percheron.
61. Étude thermodynamique de l'interaction d'oligosaccharides avec les lectines de ricin, par C. Zentz, J.P. Frénoy et R. Bourrillon.

Société de chimie physique

École sur les « Applications de la diffusion des neutrons à la chimie »

Organisée par le C.N.R.S., en association avec la société de chimie physique cette école aura lieu aux Houches (Haute-Savoie) du 1^{er} au 8 mai 1979

Public concerné

Chercheurs de tous niveaux du secteur chimie, qui désirent connaître les applications, à leurs problèmes de recherche, des techniques de la neutronique.

Objectif et niveau de connaissance

Exposés détaillés des principes des interactions neutrons-matière, et de leurs applications à divers domaines de la chimie. En fin de stage, les connaissances des participants doivent leur permettre d'imaginer une expérience de diffusion de neutrons, et de collaborer avec un spécialiste de la neutronique aux différentes étapes de sa préparation et de sa réalisation éventuelle.

Les connaissances de physique des maîtrises de chimie ou de chimie physique sont suffisantes.

Programme

- Diffraction des neutrons par la matière.
- Diffusion inélastique.
- Diffusion aux petits angles.
- Diffusion quasi élastique.
- Effets liés au spin.

Renseignements et inscriptions

Les préinscriptions sont reçues jusqu'au 13 décembre 1978 (délai de rigueur) au Bureau de l'orientation et de la formation permanente, Centre National de la Recherche Scientifique, 15, quai Anatole-France 75700 Paris.

83 Réunions

Division Chimie analytique :

Journée sur les méthodes électrochimiques d'analyse, le 7 décembre 1978, à Paris.

Perspectives en chromatographie en phase gazeuse, le mercredi 13 décembre 1978, à Paris.

83 Communiqués

Fédération Européenne des Sociétés Chimiques : l'Assemblée générale 1978.

84 Nécrologie

Le Président H. Moureu (1899-1978).

Règles de nomenclature pour la chimie organique

Section D : Composés organiques contenant des éléments qui ne sont pas exclusivement le carbone, l'hydrogène, l'oxygène, l'azote, les halogènes, le soufre, le sélénium et le tellure.

Section E : Stéréochimie.

Adaptation française des règles élaborées par la Commission de nomenclature en chimie organique de l'Union Internationale de Chimie Pure et Appliquée.

Membres de la S.C.F. 50 F

Non membres de la S.C.F. 80 F

Une commande, pour être agréée, devra être accompagnée du règlement correspondant, sous forme de chèque bancaire ou de chèque postal (280.28 Paris), à l'ordre de la Société Chimique de France.

Pour faciliter la tâche de la Trésorerie, éviter, si possible, la demande d'une facture.

Un livre édité par la Société Chimique de France

Réunions

Division Chimie analytique

Journée sur les méthodes électrochimiques d'analyse

Elle se tiendra le 7 décembre 1978 à l'ESPCI, 10, rue Vauquelin, Paris (5^e). Le programme est le suivant :

9 heures, O. Vittori :

Polarographie impulsionnelle et redissolution anodique.

10 heures, R. Molina :

Analyse coulométrique.

11 heures, M. Duflo-Plissonnier et R. Carlier :

Radiopolarographie. Application aux études électrocinétiques en solution très diluée (10^{-6} - 10^{-16} M).

14 h 30, P. Cadilhac :

Conception et avantage de la nouvelle électrode mixte à goutte de mercure statique P.A.R.

15 heures, D. Bauer et M. Lamache.

Applications analytiques de l'électrode à pâte de carbone.

15 h 45, R. Beauchamp :

Applications à la chimie organique des méthodes de dosage polarographique.

16 h 30, J. Tacussel et J.J. Fombon :

La précision des résultats et la fiabilité des mesures en potentiométrie pH-métrie, ionométrie : apports d'une instrumentation automatique microinformatisée.

17 heures, B. Febre :

Titrages potentiométriques avec traitement automatique des données.

Pour tous renseignements, s'adresser à C.P. Andrieux, Laboratoire d'électrochimie, Université Paris VII, 2, place Jussieu, Paris 5^e Tél. : 336.25.25, poste 55.82.

Perspectives en chromatographie en phase gazeuse

Analyses hautes performances, acquisition et traitement de données par ordinateur,

Une Journée, sur ce thème, est organisée par la Division Chimie analytique de la Société Chimique de France, la Division Informatique et Instrumentation de la Société de Chimie Physique, la Commission de chromatographie du GAMS, le Groupe de chimie analytique de la Société de Chimie Industrielle, le mercredi 13 décembre 1978, à l'Université Paris VII, Salle de conférences de l'IRBM, Tour 42 (rez-de-chaussée), 2, place Jussieu, 75005 Paris (métro Jussieu).

Programme

9 h 30, Professeur Y. Le Corre (Président de l'Université Paris VII) : Allocution d'ouverture.

Professeur E.sz. Kovats (Laboratoire de chimie technique, École Polytechnique Fédérale de Lausanne), Conférence plénière :

Modifications chimiques des surfaces et chromatographie.

10 h 45, Pause.

11 heures, Professeur J.E. Dubois (Institut de Topologie et de Dynamique des Systèmes de l'Université Paris VII) :

Système DARC et banques de données : élucidation assistée par ordinateur de structures et de mélanges après couplage GC-MS.

14 h 30, J.A. Rijks (Laboratoire d'analyse instrumentale, Université de Technologie d'Eindhoven) :

Identification of hydrocarbons by capillary GC : possibilities of precise retention data and high pressure gas chromatography.

15 h 30, R. Annino, M.F. Gonnord, C. Vidal-Madjar et A. Jaulmes (Laboratoire de chimie analytique physique, École Polytechnique, Palaiseau) :

Traitement par autocorrélation des signaux chromatographiques obtenus à la suite d'injections multiples quasi aléatoires.

16 h 30, J.R. Chrétien (Institut de Topologie et de Dynamique des Systèmes de l'Université Paris VII) :

Définition de la banque de chromatographie Chromato-Data : potentiel analytique et interprétatif.

17 h 30, Démonstration de l'utilisation de banques de données (spectrographie de masse, RMN,...) du Système Pluridata du Centre d'Informatique et de Documentation Automatique (Université Paris VII).

Communiqués

Fédération Européenne des Sociétés Chimiques (FECS)

L'Assemblée générale de la FECS s'est tenue à Dubrovnik (Yougoslavie) les 15/16 juin 1978.

La plupart des Sociétés membres étaient représentées. L'Assemblée générale a admis à l'unanimité l'Association des chimistes grecs : ceci porte à 30 le nombre des sociétés nationales membres, réparties en 23 pays européens. D'autres candidatures sont à l'examen.

Nous rappelons que dans le passé la Société Chimique d'Israël fut également candidate et que des raisons géographiques ne permirent pas son admission. Elle aura cependant la faculté d'envoyer des observateurs auprès des groupes de travail (working parties).

Au plan international, certaines Sociétés et même certains de leurs membres ont été approchés par l'American Chemical Society qui a lancé l'idée d'une Société Internationale de Chimistes. Une telle création comporte d'importantes conséquences pour les Sociétés nationales de chimie. Elle requiert un examen approfondi.

Un accord a été réalisé en ce qui concerne les manifestations organisées par les Sociétés nationales ; dans certains cas ces manifestations peuvent donner lieu à des droits d'inscription à taux réduits pour leurs membres. Désormais le même avantage sera accordé aux

membres de chaque société qui accorde la réciprocité, c'est le cas de la SCF.

L'action de la Fédération se développe par les groupes de travail. Ceux-ci sont de deux natures : scientifiques et non scientifiques. Dans cette dernière catégorie il faut ranger :

1. **Le Groupe de travail : « Chemical Education »** Enseignement de la chimie. L'activité de ce groupe est importante. Elle est poursuivie en plein accord avec l'IUPAC et l'UNESCO. En 1979 une conférence IUPAC/FECS est envisagée à Dublin sur le sujet : « Interface entre l'école (en général enseignement secondaire) et l'université ».

2. **Le Groupe de travail : Affaires professionnelles** a à son programme les sujets suivants :

- Image du chimiste et de la chimie.
- Statistiques d'emploi : équilibre entre formation et besoins.
- Échange d'information sur la formation permanente.
- Santé et sécurité.

Les groupes de travail à caractère scientifiques sont :

3. **Le Groupe chimie analytique** a pour principale activité la préparation des conférences « Euroanalysis ». Euroanalysis III s'est tenue à Dublin en août 1978 et a remporté un vif succès. Euroanalysis IV est prévue pour 1981.

4. **Le Groupe chimie organométallique** a procédé au recensement des laboratoires européens qui sont actifs dans ce domaine. Il a organisé une réunion dite FECHÉM II qui s'est tenue à Hamelin (R.F.A.) en août 1978.

5. **Le Groupe chimie et environnement** a tenu une réunion pour

préciser la définition de son programme d'action. Une manifestation est prévue pour 1980.

6. **Les Groupes Chimie alimentaire et catalyse** n'ont pas organisé, jusqu'à ce jour, de conférence sur le plan européen.

La Fédération comporte également un **Groupe de discussion sur l'histoire de la chimie** qui, entre autre, initie ou coordonne des actions telles que la célébration du centenaire de Gay-Lussac (SCF, Clermont-Ferrand) ou de Davy (Angleterre).

La SCF est représentée dans tous les groupes ci-dessus.

Nécrologie

Le Président Henri Moureu (1899-1978)



Henri Moureu s'est éteint, le 14 Juillet dernier, après une longue et bien pénible maladie. Mais son activité ne cessa qu'avec son dernier souffle, tant étaient grands sa résolution et son courage devant l'adversité.

Ses études, brillantes, furent troublées par la première guerre mondiale : élève de l'École de Physique et de Chimie Industrielles de la Ville de Paris, il dut, comme beaucoup d'autres, interrompre sa scolarité pour rejoindre les armées. Lorsque la guerre cessa, il put retrouver sa chère « école », et, dès son diplôme acquis, il prépara une thèse de chimie organique dans le laboratoire du Collège de France attaché à la chaire de chimie organique dont son père, Charles Moureu, était le titulaire. Il fut placé sous l'égide de Charles Dufraisse dont il acquit, grâce aux conseils qui lui furent prodigués, l'habileté dans la manipulation et la rigueur dans la pensée. Le grade de docteur ès sciences lui permit d'occuper le poste de sous-Directeur du laboratoire dirigé par Camille Matignon où il eut à son tour, à animer une petite équipe de chercheurs. Tournant résolument le dos à la chimie organique, il inaugura une série remarquable de recherches dans la famille des composés azotés et halogénés du phosphore. C'était une chimie hérissée de difficultés, mais qui lui valut la haute récompense qu'était à l'époque le Grand Prix des Industries Chimiques. Bientôt Frédéric Joliot succédait à Camille Matignon en qualité de titulaire de la chaire de radioactivité créée au Collège de France. Ce fut, pour Henri Moureu qui resta son sous-directeur, l'occasion d'une nouvelle collaboration dans un domaine nouveau pour lui. Mais les hostilités se déclenchaient à nouveau et, alors que notre sol était déjà foulé par les armées allemandes, Henri Moureu se vit confier la tâche délicate de mettre en lieu sûr le stock d'eau lourde dont disposait notre pays.

En 1941 le poste de directeur du « Laboratoire Municipal de Chimie » de la Préfecture de Police devenait vacant. Il y fut nommé et devait l'occuper jusqu'à sa retraite en 1964. Son premier soin fut de le réorganiser profondément et d'en faire le « Laboratoire Municipal de Paris » (devenu, depuis 1968, le Laboratoire Central de la Préfecture de Police). Ne pouvant oublier sa formation, il y crée un service de recherche scientifique, qui lui permit de poursuivre son œuvre créatrice dans divers domaines : retour à la chimie organique, bien sûr, mais aussi études toutes nouvelles, telles celles des engins dits de représaille, du type V1, V2, HS 293, etc... dont son service put se procurer des débris qui furent reconstitués en un temps record ; simultanément, étudiant la disposition des impacts dans la région parisienne, il put localiser l'aire de lancement et la faire neutraliser par les armées alliées.

La paix revenue, de nouvelles recherches l'attendaient. Il créa à la demande du Ministère des Armées, un Centre d'Étude des Projectiles Autopropulsés, au sein duquel il put rassembler une élite de chercheurs de grande renommée. L'activité de ce centre se poursuit d'ailleurs encore, mais sous un autre nom et une autre forme, ce qui témoigne de l'intérêt que les services spécialisés de la recherche militaire ont attaché et continuent à attacher à une telle collaboration.

Parallèlement à cette activité nouvelle, il défricha un domaine encore peu exploré, celui de la pollution atmosphérique, pressentant la place que ce type de nuisance allait prendre dans les préoccupations des citoyens. Il centra plus particulièrement ses efforts sur la pollution ayant les gaz d'échappement des moteurs des véhicules automobiles pour origine, fit progresser la métrologie du monoxyde de carbone dans l'air et dans le sang et installa dans la Capitale et dans les départements périphériques le premier réseau automatisé de mesure de ce polluant.

En 1963, l'Académie des Sciences l'accueillit dans son sein. Lors de la cérémonie de remise de son épée, son confrère et ami, Georges Champetier, devait remarquer qu'il était assez rare que le père et le fils aient eu les honneurs de l'Institut de France. Henri Moureu eut cette joie très profonde et, en manifesta une légitime fierté.

La retraite venue, il n'en continua pas moins à travailler intensément. Il accepta plusieurs présidences de sociétés scientifiques, telles celles de la Société Chimique de France, de la Société Astronautique de France et de l'Association pour la prévention de la pollution atmosphérique. La grande industrie devait s'attacher ses services et, jusqu'à sa disparition, il présida le Comité de recherche scientifique de l'une de nos très grandes firmes.

Aujourd'hui, ses amis et ses collaborateurs (et ils sont nombreux) sont attristés par la disparition de cet homme courageux et lucide, de cet homme de caractère, dont l'activité n'est que très partiellement dépeinte par ce qui précède. Son œuvre et son souvenir resteront toujours dans l'esprit et le cœur de ceux qui l'ont approché et qui ont pu mesurer ses qualités d'homme et de savant.

P. Chovin

86 La Fédération Européenne du Génie Biologique

87 Fédération Européenne du Génie Chimique.

Mécanique des particules solides, extraits du rapport de M. J.-F. Large.

89 Centre de Perfectionnement Technique.

Programme des stages.

89 Sommaire de la revue Analysis.

● Recueils des sections et colloques,

XI^e Conférence internationale des Arts Chimiques,

6-9 décembre 1977, Paris.

Section 1 à 7 : Le génie chimique et le traitement des déchets. (1 : Études générales, économie et statistiques. 2 : Traitement des déchets minéraux et miniers. 3 : Boues et déchets urbains et industriels. 4 : Déchets organiques et végétaux. 5 : Déchets d'hydrocarbures et de solvants. 6 : Traitement et récupération des déchets de plastiques. 7 : Traitement de résidus toxiques).

Prix de chaque recueil : 80 F. 7 recueils (les recueils 5 et 6 sont épuisés) .

● Recueils des communications (en anglais) des 6 sections. A. Recherche fondamentale et appliquée, B. Séparation et mélanges, C. Réacteurs et ateliers, D. Contrôle et automatisation, E. Exploitation des données techniques et aspects humains, F. Problèmes numériques et optimisation,

Congrès international sur la « Contribution des calculateurs électroniques au développement du génie chimique et de la chimie industrielle »

7 - 10 mars 1978, Paris.

Prix du recueil : 100 F.

● Recueil des conférences,

Colloque sur l'analyse des gaz en continu et progrès des capteurs,

19-21 avril 1978, St-Etienne.

Prix du recueil : 100 F. En voie d'épuisement.

● Recueils des conférences (vol. 1 : sections 1, 2 et 3; vol. 2 : sections 4 et 5),

5^e Conférence européenne des plastiques et des caoutchoucs,

12 - 15 juin 1978, Paris.

Prix de chaque recueil : 150 F.

● Monographies de la Société de Chimie Industrielle,

Le noir d'acétylène. Fabrication. Propriétés. Applications, par Yvan Schwob,

Prix de la monographie : 150 F.

S'adresser à la Société de Chimie Industrielle,
28, rue Saint-Dominique,
75007 Paris.

Tél. 555.69.46

La Fédération Européenne du Génie Biologique

La Fédération Européenne du Génie Biologique est une nouvelle Fédération dont la structure est copiée sur celle de la Fédération Européenne du Génie Chimique.

C'est à l'occasion du 5^e Symposium international sur la fermentation, tenu à Berlin en juin 1976, qu'ont été discutées, pour la première fois, les possibilités de réunir les scientifiques et les industriels, en vue de promouvoir le développement des techniques biologiques, dont l'intérêt commence à être reconnu dans des cercles de plus en plus nombreux.

Une réunion s'est tenue, le 5 novembre suivant, à Francfort, à la Dechema, au cours de laquelle les Professeurs Bourne et Fiechter, de l'École Polytechnique Fédérale de Zurich, ont proposé la création d'une fédération respectant les autonomies nationales sur le plan de la recherche et de la formation, mais assurant la meilleure coordination des travaux des groupes des différentes disciplines (biologistes, chimistes, ingénieurs et même médecins ou vétérinaires).

La Société de Chimie Industrielle a pris contact avec les sociétés et instituts français intéressés et, dès avril 1977, a réuni une vingtaine de personnalités pour discuter du projet.

En septembre dernier, à Interlaken (le 25 septembre 1978), à l'occasion du 1^{er} Congrès européen de génie biologique, a été créée la Fédération Européenne du Génie Biologique. 35 sociétés membres, venant de 14 pays européens, et une société correspondante (d'un pays extérieur à l'Europe) ont signé le document officiel.

La première Assemblée générale s'est tenue aussitôt après l'Assemblée constitutive. Un des premiers travaux a été l'élection des membres du Comité scientifique consultatif et du Comité exécutif. MM. H.J. Rehm (R.F.A.), J.L. Lebeault (France), S.I. Pirt (Grande-Bretagne), R. Falini (Italie), E. Houwink (Pays-Bas), N. Molin (Pays scandinaves) et A. Fiechter (Suisse) ont été nommés membres du Comité scientifique consultatif.

MM. D. Behrens (R.F.A.), H. Blachère (France), S.L.R. Smith (Grande-Bretagne), F. Parisi (Italie), N.W. Kossen (Pays-Bas), E.A. Falch (Pays scandinaves) et A.R. Nussbaumer (Suisse) ont été nommés membres du Comité exécutif.

On a essayé de représenter les différentes disciplines du génie biologique, tout en se proposant, ultérieurement, lors de la réunion du Comité scientifique consultatif, de faire représenter également les domaines d'applications en invitant, par exemple, des experts du traitement des eaux usées, de l'industrie de la fermentation, de l'industrie pharmaceutique, etc.

Le travail administratif de la Fédération sera confié à un secrétariat général à trois bureaux : Londres, Paris et Francfort.

On a étudié la création de groupes de travail sur les sujets suivants :

- Normes pour les fermenteurs (proposé par W. Crüger, R.F.A.).
- Séparation et purification des produits à partir des procédés biologiques (proposé par G. Schmidt-Kastner, R.F.A.).
- Applications industrielles de la biologie moléculaire (proposé par A.T. Bull, Grande-Bretagne).
- Préparation en grand de composés organiques par fermentation (proposé par J.D. Bu'Lock, Grande-Bretagne).

Des comités ad hoc ont été formés pour discuter et préparer les termes de référence des groupes de travail cités précédemment. Ces termes de référence seront soumis au Comité scientifique consultatif pour étude et, après approbation, seront présentés à l'Assemblée générale pour l'approbation finale.

On a discuté des problèmes de la coopération avec des groupes de travail non européens, à l'exemple de la Division technologie microbienne et biochimique de l'American Chemical Society.

Pour éviter que, dans les différents pays européens, les principaux congrès se retrouvent aux mêmes dates, un calendrier des manifestations sera préparé et distribué aux sociétés membres. Tous les

responsables sont invités à annoncer au secrétariat général leur congrès dont ils prévoient bien à l'avance la tenue.

Au nom des sociétés membres britanniques, D.E.F. Harrison, a invité la Fédération à tenir son 2^e Congrès de génie biologique en Grande-Bretagne en 1981. Cette invitation a été acceptée.

On a envisagé brièvement la politique future des publications. Au total, cinq offres de différents journaux ou sociétés d'édition proposent respectivement leur journal pour devenir l'organe officiel de la Fédération. Cette question a été transmise au Comité exécutif consultatif pour étude. De l'avis général, il ne faut pas interférer avec les activités courantes des publications des sociétés membres, mais un journal d'actualité de la Fédération serait apprécié.

La prochaine Assemblée générale se tiendra en automne 79, à Berlin, à l'occasion du 4^e Symposium de microbiologie technique de Berlin.

Au cours de la réunion, les 4 sociétés suivantes ont annoncé, par l'intermédiaire de leurs délégués, leur volonté de coopérer à la Fédération, ce sont :

l'Institute of Water Pollution Control (Grande-Bretagne),
la Société espagnole de microbiologie (Espagne),
la Société turque de génie biologique (Turquie)
et l'Association des Sociétés yougoslaves pour la microbiologie (Yougoslavie).

Par suite de leur demande tardive, aucune décision n'a pu être prise de les accepter comme membres fondateurs. Leur situation sera réglée à la prochaine Assemblée générale.

Liste des sociétés qui ont rejoint la Fédération Européenne du Génie Biologique (25 septembre 1978)

Allemagne Fédérale

Arbeitsgemeinschaft Biotechnologie, c/o Dechema, Francfort.
Dechema Deutsche Gesellschaft für chemisches Apparatewesen, Francfort.
Gesellschaft Deutscher Chemiker, Francfort.
Versuchs- und Lehranstalt für Spiritusfabrikation und Fermentationstechnologie in Berlin im Institut für Gärungsgewerbe und Biotechnologie, Berlin.
VID-Gesellschaft Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen (GVC), Düsseldorf.

Autriche

Verein Österreichischer Lebensmittel- und Biotechnologen, Vienne.

Danemark

Dansk Ingeniørforening — Kemiingeniørgrupper, Copenhague.
Fermenteringsgrupper c/o Novo Industri A/S, Bagsvaerd.

Espagne

Sociedad Española de Química Industrial, Barcelone.

Finlande

Suomen Kemian Seura (Association finlandaise des sociétés chimiques), Helsinki.

France

Société de Chimie Industrielle, Paris.
Société Française de Microbiologie, Paris.

Grande-Bretagne

Biochemical Society, Londres.
Institute of Biology, Londres.
Institute of Petroleum, Londres.

Institution of Chemical Engineers, Rugby.
Society for General Microbiology, Cardiff.
Society of Chemical Industry, Londres.

Irlande

Institiúid Bithéolaíochta Na hEirann (Institut de Biologie d'Irlande),
Dublin.

Italie

Associazione Italiana di Ingegneria Chimica, Milan.
Società Chimica Italiana, Section Lombarda, Milan.

Norvège

Norsk Biokjemisk Selskap – Faggruppe for teknisk biokjemi
(Société biochimique norvégienne – Groupe de biotechnologie),
Oslo.

Pays-Bas

Koninklijk Instituut van Ingenieurs, La Haye.
Koninklijke Nederlandse Chemische Vereniging, La Haye.
Nederlandse Vereniging voor Microbiologie – Section de microbiologie
technique.

Pologne

Groupe de travail de Biotechnologie, Łódź.

Suède

Ingenjörsvetenskaps-akademien (IVA), Stockholm.
Société suédoise de microbiologie, Stockholm.
Svenska Kemiingenjörers Riksförening (Société suédoise des ingénieurs
chimistes), Stockholm.

Suisse

Schweizerische Gesellschaft für Chemische Industrie, Zurich.
Schweizerische Gesellschaft für Lebensmittel – Wissenschaft und -
Technologie, Bischofszell.
Schweizerische Gesellschaft für Mikrobiologie, Bale.
Schweizerischer Chemikerverband, Zurich.
Schweizerischer Ingenieur – und Architektenverein – Fachgruppe
für Verfahrenstechnik, Bale.

Yougoslavie

Association des Sociétés yougoslaves pour la microbiologie, Ljubljana.

Sociétés correspondantes :

Turquie : Société turque de génie biologique, Ankara.

U.S.A. : Division de technologie biochimique et microbienne de
l'American Chemical Society, Cambridge, Mass.

Secrétariat général

Bureau de Francfort

c/o Dechema Deutsche Gesellschaft für Chemisches Apparatewesen
e.V.
P.O. Box 97 01 46, D 6000 Frankfurt 97.

Bureau de Londres

c/o Society of Chemical Industry
14 Belgrave Square, London SW1X 8PS.

Bureau de Paris

c/o Société de Chimie Industrielle
28, rue Saint-Dominique, 75007 Paris.

Fédération Européenne du Génie Chimique

Mécanique des particules solides

Extraits du rapport de M. J.-F. Large

(Maître de conférence à l'Université Technologique de Compiègne)

L'auteur a établi, d'une part, le compte rendu du Symposium international sur la mesure en ligne des particules solides qui s'est tenu à Bergen, (Norvège) les 22-23 août 1978, et, d'autre part, en qualité de délégué français auprès du Groupe de travail « Mécanique des particules solides » de la FEGCh, expose les travaux et décisions de ce groupe de travail, résultats des réunions de Bergen et Kristiansand (août 1978).

Symposium international sur la mesure en ligne des propriétés des particules solides

(22-23 août 1978, Bergen)

Ce Symposium a été organisé à l'Institut Chr. Michelsen, en collaboration avec la Fédération Européenne du Génie Chimique et patronné par la Société Chimique de Norvège.

L'orientation scientifique générale de la manifestation a été la mise au point de mesures permettant de caractériser les poudres et leurs propriétés dans les écoulements en vrac et en transport pneumatique. En pratique, il s'agit de mesurer la densité, la granulométrie, les débits ou les vitesses de milieux solides de façon à automatiser ou contrôler des installations industrielles de manutention ou de transformation des poudres.

Le Symposium a bien présenté les capteurs modernes et leurs caractéristiques d'utilisation. Parmi ceux-ci on citera les appareils

fondés sur :

- les effets optiques du rayonnement laser ;
- l'absorption des rayonnements X, β ou γ ;
- les ultra-sons.

Ces techniques ont une mise en œuvre délicate mais offrent l'avantage d'une mesure rapide et continue.

Dans l'ensemble, on peut regretter que les communications (principalement universitaires) insistent plus sur les performances intrinsèques des capteurs que sur leur emploi dans une chaîne d'opérations de traitement ou de transport des solides. Or, il est certain que le choix d'un appareil de mesure destiné au contrôle ou à la régulation dépend du procédé et de ses caractéristiques de transfert.

La présentation d'exemples plus nombreux du type de celui de la communication « In-stream size distribution measurements for grinding circuit control » de J.A. Herbst, D.J. Kinneberg et K. Rajamani aurait permis d'animer les discussions et de mieux mettre en valeur la spécificité des capteurs et des mesures, ainsi que les méthodes de traitement imposées par la dynamique particulière des procédés de mise en œuvre des poudres.

Des exposés ont retenu particulièrement l'attention :

- « Automatic control and its instrumentation in particulate solid processes », de O.A. Asbjørnsen.

Revue sur les caractéristiques essentielles d'une chaîne de manuten-

tion et traitement de poudres. Variables d'états du système. Capteurs utilisables.

Article d'introduction générale.

● « Measurement of the flow solids in pneumatic conveying systems » de H.J. Taubmann :

Présentation d'un débitmètre venturi développé à l'Institut von Karman.

● « Instrumentation development for in-stream measurements of particulate solids in advanced coal utilization » de C.L. Herzenberg et al.

Revue des travaux, effectués à Argonne National Laboratory (U.S.A.) sous les auspices du département américain à l'énergie, sur les mesures d'écoulement de solides en vrac et en suspension (communication non présentée au symposium).

● « Measurement of particulate velocity in the pneumatic transport of granular solids by a laser time of flight system » de H.C.J. Venselaar et al.

Développement d'une technique expérimentale intéressante dans les conditions suivantes : $dp > 1$ mm (quelques mm) ; vitesse 3-40 m/s ; diamètre tube 50-150 mm.

Les laboratoires français ont présenté les communications suivantes :

● « A new type of « on-stream » analysis », par P. Degoul et M. Roesch, Centre de recherches sur la valorisation des minerais, ENSG et CNRS n° 235, Nancy.

● « Radioactive methods for measurements of solid particles velocity and space concentration in a two phase gas-solid flow at high solid loading », par R.M. Hours et C.P. Chen ; C.E.A. et Université Pierre-et-Marie-Curie, Orsay.

Ce Symposium représente la première manifestation autonome du groupe de travail « Mécanique des particules solides », alors que ce groupe avait auparavant collaboré exclusivement à des congrès plus généraux (Prague 1975 ; Amsterdam 1976 ; Nuremberg 1977).

La très bonne organisation et le succès remporté ont incité les organisateurs à renouveler l'expérience. Ceci sera fait soit à l'occasion d'expositions ou de manifestations générales sur la technologie des poudres (en organisant une session scientifique individualisée), soit tous les 2 ou 3 ans en organisant une réunion sur invitation du type de celle de Bergen.

On notera qu'en France la technologie des poudres et des écoulements en suspension est peu introduite dans les spécialités universitaires, mais elle est utilisée couramment dans de nombreuses industries (ciments, verres, minerais, pharmacie...). Une certaine publicité devrait donc être faite autour d'événements du type de celui de Bergen pour promouvoir des échanges de connaissances dans une discipline dispersée et qui relève encore beaucoup du domaine de l'art.

Les deux volumes des communications seront publiés prochainement.

Réunions du Groupe de travail « Mécanique des particules solides »

Réunion technique de Kristiansand (Fiskaa Verk)

La visite d'une usine Elkem-Spigerverket pour la préparation électrothermique de silicium a permis de poser un certain nombre de questions qui sont courantes dans les procédés impliquant la manutention, le stockage et le traitement des granulés.

Parmi celles-ci, on relèvera la question de l'agglomération des fines, qui a fait l'objet d'une discussion approfondie.

En effet, à la sortie des fours électriques, les fumées renfermant de grandes quantités de poussière de silice sont filtrées et récupérées.

Des expériences de laboratoire ont montré que cette poudre échantillonnée avec précaution avait une densité apparente d'environ 50 kg/m^3 (pour une taille de grains comprise entre 0,01 et 0,5 μm). Cette densité augmente lorsque la poudre est transportée mécaniquement par un convoyeur à chaîne (200 kg/m^3) et certains traitements de laboratoire peuvent l'accroître jusqu'à $500\text{-}700 \text{ kg/m}^3$.

L'augmentation de densité est intéressante car elle permet de diminuer la taille des silos de stockage et conduit aussi à de meilleures propriétés d'écoulement de la poudre.

Ce phénomène courant pour des particules submicroniques est très complexe car il fait intervenir de nombreux paramètres physiques (forces de Van der Waals, électrostatiques...) et physico-chimiques (humidité par exemple), et dépend à la fois du mouvement relatif des grains et des forces qui leur sont appliquées. De plus, l'investigation expérimentale est délicate à cause de la nature du phénomène qui peut être altéré par l'expérience.

Ce type d'agglomération (balling) est utilisé dans l'industrie des pigments où on superpose l'effet d'un liant à l'action mécanique. Il peut être aussi comparé à la pré-agglomération réalisée par exemple dans l'industrie pharmaceutique. Enfin, on doit noter que les solides qui sont susceptibles d'un tel comportement tendent également à s'agglomérer sur des parois (silos, tubes...).

La discussion a évoqué la mise au point d'un test empirique permettant de classer les résultats observés et de prévoir les propriétés d'écoulement en silo. Par ailleurs, on a proposé une recherche systématique permettant de découvrir quel type de mouvement relatif des grains favorise ce phénomène.

Réunions de Bergen et de Kristiansand

On trouvera ci-après les principales décisions prises par le Groupe de travail :

● Suivant les nouvelles règles de la Fédération Européenne du Génie Chimique, le professeur Novosad (Prague, Tchécoslovaquie) a été réélu à l'unanimité.

● Manifestations futures organisées par le Groupe de travail « Mécanique des particules solides » :

1. *Symposium européen sur la technologie des particules.*

Ce Symposium aura lieu à Amsterdam du 3 au 5 juin 1980. La dernière journée sera spécialement réservée à la mécanique des particules et représentera l'événement annuel du Groupe de travail « Mécanique des particules solides ».

2. *3rd Engineering Foundation Conference on Fluidization.*

Le Groupe de travail « Mécanique des particules solides » a accepté d'être co-organisateur de cette manifestation qui se déroulera à New Hampshire (U.S.A.), du 3 au 8 août 1980.

● Manifestations futures ayant reçu l'appui du Groupe de travail « Mécanique des particules solides » :

1. Mécanique des particules (Nuremberg 1979).

2. Mélangeage (Chisa 1981).

3. Manutention et stockage des poudres (Allemagne 1982).

● Prochaines réunion du Groupe de travail « Mécanique des particules solides » :

1979 : Nuremberg.

1980 : Amsterdam.

1981 : Prague.

1982 : Allemagne.

Centre de Perfectionnement Technique

(Organisme de formation continue de la Société de Chimie Industrielle)

Le parachèvement des aciers spéciaux au service de leur mise en œuvre

Le Centre de Perfectionnement Technique et la Chambre Syndicale des Producteurs d'Aciers Fins et Spéciaux organisent, les 5 et 6 décembre 1978 à Paris (au Palais des Congrès de la Porte Maillot), deux journées sur le parachèvement des aciers spéciaux au service de leur mise en œuvre :

- 5 décembre 1978 : journée des aciers de construction mécanique.
- 6 décembre 1978 : journée des aciers inoxydables.

Stage pratique d'initiation aux techniques de la lyophilisation

Du 27 au 30 novembre 1978, le Centre de Perfectionnement Technique propose un stage pratique d'initiation aux techniques de la lyophilisation. Lieu : Paris.

Programme des stages pour 1979

- Stage d'étude sur la prévention des accidents. Sécurité. Étude des conditions de travail.
Deux semaines : 15-18 janvier et 19-23 février. Paris.
- Stages d'étude de la corrosion.
Notions de base sur les phénomènes de corrosion et de protection des métaux et alliages, 26 février-2 mars. Paris.
Les méthodes de protection : préparation des surfaces, revêtements par procédés chimiques et électrolytiques, par procédés physiques, par vernis et peintures, 23-27 avril. Paris.
- Stage d'étude des problèmes de déchets (suite).
Les déchets industriels, 5-9 février ; les boues et matières de vidange, 5-9 mars, la récupération des déchets, 2-6 avril. Lieu : Paris.
- Journées d'étude sur le parachèvement des aciers spéciaux au service de leur mise en œuvre. Lyon, les 6 et 7 mars.
- Stage de formation générale en chimie élémentaire.
Trois semaines : 26-30 mars (chimie générale), 23-27 avril (chimie minérale), 14-18 mai (chimie analytique, chimie organique, techniques, matériaux), Paris.
- Stage du bon usage de l'énergie.
3-6 avril. Paris.
- Stage d'étude de la pollution atmosphérique.
7-10 mai. Paris.
- Stage d'étude des plastiques (relations entre structure et propriétés, évolution en fonction des paramètres extérieurs ; propriétés d'usage ; mise en forme).
15 et 16 mai. Paris.
- Choix du frittage pour l'obtention d'une pièce. Collaboration du métallurgiste, du mécanicien et du dessinateur.
29 et 30 mai. Paris.
- Stage « La mesure automatique de la qualité des cours d'eau et des rejets d'eaux usées ».
1^{er}-5 octobre. Paris.
- Comment aborder le problème de l'eau dans une usine.
7-8 mai. Paris.
- Éléments de technologie des composants électroniques.
15-19 janvier. Paris.
- Stage d'étude des problèmes de l'eau.
Quatre semaines : 11-15 juin (les pollutions de l'eau, législation, réglementation), 12-14 septembre (aperçu sur la pollution des eaux dans les diverses industries), 15-19 octobre et 19-23 novembre (traitements et épuration des eaux). Lieu : Paris.
- Journées d'étude sur le parachèvement des aciers spéciaux au service de leur mise en œuvre.
2-3 octobre. Lille.
- Stage élémentaire de dessin et de technologie industriels.
Deux semaines : 17-21 septembre (éléments de dessin industriel), 22-26 octobre (éléments de technologie). Paris.
- Produits chimiques pour électronique.
20 septembre. Paris.
- Stage sur les études d'impact.
24-28 septembre. Paris.
- Pollution atmosphérique complémentaire.
24-27 septembre. Paris.
- Stages sur les économies matières premières.
Une semaine et deux fois deux jours : 11-15 juin, 4 et 5 octobre et 6 et 7 novembre. Paris.
- Stage d'étude sur la corrosion nucléaire.
8-11 octobre. Paris.
- Stage d'étude du bruit.
Deux semaines : 22-26 octobre (éléments fondamentaux d'acoustique industrielle, méthodes pratiques d'étude) et 19-23 novembre (cas d'espèces, exercices et travaux pratiques, esprit et orientation de la réglementation). Paris.
- Initiation aux nouveaux systèmes téléphoniques utilisés dans les entreprises.
12-13 novembre. Paris.
- Énergie solaire.
3-5 décembre. Paris.
- Stage du bon choix des aciers inoxydables.
11-12 décembre. Paris.
- Stage complémentaire d'étude sur les bruits.
4^e trimestre.

Renseignements

Pour tous renseignements et inscriptions, s'adresser au Centre de Perfectionnement Technique, 9, av. Alexandre-Maistrasse, 92500 Rueil-Malmaison. Tél. : 749.79.13.

Sommaire de la revue **Analisis**

Spectroscopie photoacoustique et photothermique, par A.J. Bard
Les principes fondamentaux et l'instrumentation des méthodes de spectroscopie photoacoustique (SPA) et de spectroscopie photothermique (SPT) sont donnés ainsi que quelques applications. Discussion des perspectives et des limites de ces nouvelles techniques.

Dosage de sulfures de cuivre à l'aide de l'électrode à pâte de carbone, par M.-C. Brage, M. Lamache, D. Bauer.
Afin de préciser les conditions de dosage de la chalcocite et de la covellite, cette étude porte sur l'influence de différents facteurs sur les courbes intensité-potential présentées par ces minerais incorporés

dans une électrode à pâte de carbone. Ces facteurs sont : la masse de composé électroactif introduite, la granulométrie de l'espèce étudiée, la vitesse de balayage de potentiel. Pour terminer, l'identification et le dosage des impuretés de surface du minerai ont été effectués.

Electrochimie dans l'anisole. I. Electrode de référence et domaine d'électroactivité, par G. Dabosi, M. Martineau, G. Durand.
Étude de la possibilité d'utiliser l'anisole comme solvant pour des mesures électrochimiques. Une électrode de référence utilisant le système Ag/AgNO₃ a été définie.

Systematic analysis of major, minor and trace elements in silicates by ion exchange separations, par R. Frache, A. Mazzucotelli, A. Dadone, F. Baffi, P. Cescon.
Analyse systématique des éléments majeurs, mineurs et des traces dans les silicates au moyen de séparation par échange d'ions : 20 éléments sont séparés et déterminés.

Analyse qualitative d'impuretés dans l'hélium par spectroscopie d'émission, par A. Ricard, J. Lefebvre.
Une décharge HF (4 MHz) à faible puissance dans l'hélium à la pression atmosphérique a été utilisée comme source d'émission

lumineuse et les raies spectrales émises par H₂, N₂, O₂ et CH₄ ont été analysées.

Détermination des traces d'oxygène dans l'aluminium par activation aux photons gamma, par Ch. Engelmann, J. Gosset.
Le procédé mis en œuvre pour isoler radiochimiquement l'oxygène-15 produit par la réaction photonucléaire ¹⁶O(γ, n)¹⁵O est décrit.

Dosage de Cd, Cu, Pb, Zn et Mn dans les végétaux par spectrométrie d'absorption atomique en flamme. Effets de la minéralisation, par M. Hoenig, R. Vanderstappen.
Cette étude a permis de mettre en évidence et d'évaluer les pertes en éléments par insolubilisation et par volatilisation lors de calcinations.

Détermination de profils de concentration d'arsenic dans le silicium monocristallin, par E. Haroutiounian, F. Richartz, J.-P. Sandino.
Ce travail présente une méthode automatique de détermination de profils dont la technique repose sur la mise en solution du semiconducteur par dissolution électrochimique suivie de l'analyse absorbométrique automatique de As.

Demandes et offres diverses

Soc. chim. recherche n° 1/2 du B.S.C.F. (1977).

A vendre les revues suivantes : (les années entre parenthèses indiquent les années disponibles, incluses), J. Amer. Chem. Soc. (1965 à 1975), J. Org. Chem. (1965 à 1975), Chem. Abstr. Org. Chem. Sect. (1965 à 1975), J. Chem. Educ. (1963 à 1977), Acc. Chem. Res. (1969 à 1975), Chem. Astr. Phys. Chem. Sect. (1970 à 1975), Macromolécules (1973 à 1975), Annual Reports (1965 à 1977), Chem. Soc. Rev. (anc^t Quart. Rev.) (1965 à 1977), Chem. Comm. (1965 à 1975), Ann. Rev. of Phys. Chem. (1967 à 1976), Chem. in Brit. (1965 à 1977).

Écrire à A. Coulombeau, 2, rue du Champ-du-Loup, La Roche Blanche, 63670, Le Cendre. Tél. : (73) 79.40.75.

A vendre :
Chemical abstracts

● Biochemistry sections (1 à 20).

● Organic chemistry sections (21 à 34) années 1975, 1976 et 1977.
Écrire à Mlle Hotellier, Faculté de Pharmacie, Laboratoire de matière médicale, 4, avenue de l'Observatoire, 75006 Paris. Tél. : 329-12-08 (poste 205).

Chimiste, 35 a ; PhD, MS (Canada), D.E.A. chim. analyt (I.N.S.T.N. France), Licence Chim. (France), Exp. méth. phys. chim. et électrochim. d'analyse. Exp. traitem. eaux et déchets indust. Lib. oct. 78, Rech. poste resp : Labo. contrôle ou Labo. recherch. et develop. ou techn.-commercial.
Écrire Soc. Chim. n° 256.

Laboratoire de chimie organique de province propose à un Docteur de 3^e Cycle, dans cette spécialité, un travail de recherche sous contrat, susceptible de conduire au Doctorat d'État.

Écrire avec curriculum vitæ détaillé à Soc. Chim. n° 257.

Table des annonceurs

J.C.R.	Couv. II	VERFILCO	8
A.P.V.	4	SETARAM.	8
B.I.R.P. Lab. 78	6	MASSON.	68
PROLABO.	7	POLAROID	Couv. IV

Directeur de la publication : Fernand Gallais, Président de la S.C.F.
Imprimerie Durand, 28600 Luisant, France (1978). Tél. : (37) 21-14-87.
Commission Paritaire : 53953.
Dépôt légal 1976 : 2599.

Revoyez tout de suite vos travaux avec des photos instantanées Polaroid.



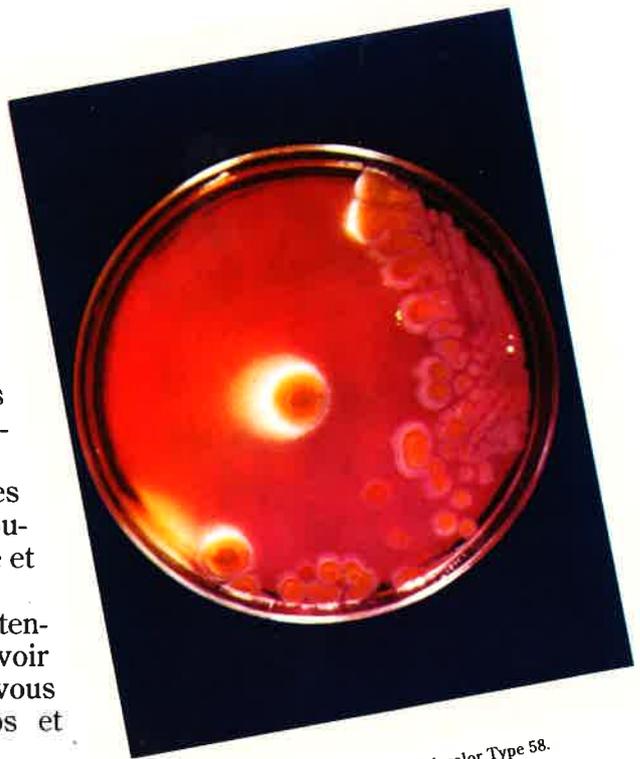
Appareil universel MP-4.

Quelle que soit votre activité, vous passez probablement trop de temps à enregistrer les étapes ou les résultats de vos travaux. Si cela vous prend plus de quelques secondes à chaque fois vous perdez du temps.

Polaroid vous propose deux types d'appareils aux possibilités très étendues qui vous ouvriront le monde de la photo à développement instantané.

Ils vous permettront de vérifier sur le champ que les photos qu'ils vous donnent sont bien celles que vous voulez et cela dans votre laboratoire. Sans chambre noire et sans l'aide d'un spécialiste.

Comme vous n'avez pas besoin d'attendre des heures ou des jours pour voir vos photos développées, vous gagnez du temps et de l'argent.



Boîte de Pétri. Plan film Polacolor Type 58.



A

B

C

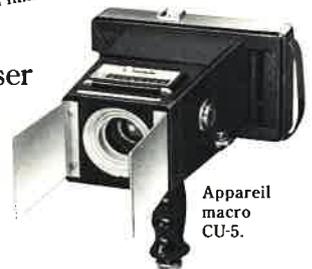
L'appareil universel Polaroid MP4 est un studio photo à lui tout seul. Il peut utiliser 14 films Polaroid différents. Il fait la reproduction, la macrographie, la micrographie, la réduction et le grossissement. De plus sa conception modulaire et ses objectifs interchangeables vous permettront de n'acheter que les éléments qui vous sont nécessaires.

Quant à l'appareil CU-5, il est conçu pour photographier les détails et les gros plans, en reproduisant les sujets de 1/3 à 3 fois la taille normale. Il est léger et maniable et vous pouvez même l'utiliser à l'extérieur avec un générateur de flash portatif.

Si vous êtes intéressés, si vous avez besoin de renseignements supplémentaires, de conseils ou d'une démonstration, écrivez-nous ou téléphonez-nous.

L'un de nos collaborateurs prendra contact avec vous pour vous montrer avec quelle rapidité et quelle facilité vous pouvez obtenir des documents instantanés.

Polaroid S.A. - Département Industrie - 57, rue de Villiers - 92202 Neuilly-sur-Seine - Tél: 758.13.25.



Appareil macro CU-5.

Polaroid

Appareils instantanés de laboratoire.