

## Le courrier du CNRS 74

**Auteur(s) : CNRS**

### Les folios

En passant la souris sur une vignette, le titre de l'image apparaît.

77 Fichier(s)

### Les relations du document

Ce document n'a pas de relation indiquée avec un autre document du projet.□

### Citer cette page

CNRS, Le courrier du CNRS 74, 1989-11

Valérie Burgos, Comité pour l'histoire du CNRS & Projet EMAN (UMR Thalim, CNRS-Sorbonne Nouvelle-ENS)

Consulté le 04/12/2025 sur la plate-forme EMAN :

<https://eman-archives.org/ComiteHistoireCNRS/items/show/163>

### Présentation

Date(s)1989-11

Mentions légalesFiche : Comité pour l'histoire du CNRS ; projet EMAN Thalim (CNRS-ENS-Sorbonne nouvelle). Licence Creative Commons Attribution - Partage à l'Identique 3.0 (CC BY-SA 3.0 FR).

Editeur de la ficheValérie Burgos, Comité pour l'histoire du CNRS & Projet EMAN (UMR Thalim, CNRS-Sorbonne Nouvelle-ENS)

### Information générales

LangueFrançais

CollationA4

# Informations éditoriales

N° ISSN0153-985x

## Description & Analyse

Nombre de pages77

Notice créée par [Valérie Burgos](#) Notice créée le 05/10/2023 Dernière modification le 12/12/2024

---

# LE COURRIER DU CNRS

DOSSIERS SCIENTIFIQUES

## LE CNRS ET LES ENTREPRISES LA VALORISATION

**PARTAGER LES IDEES,  
LE SAVOIR  
ET LE SAVOIR-FAIRE**

**REUSSIR  
LES ECHANGES**

**DIVERSIFIER  
LES COLLABORATIONS**

**MOBILISER  
LES HOMMES**

N° 74 - 50 F - NOV 1989

CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE





#### COUVERTURE

*Simulation 3D des écoulements au voisinage de la soupape d'admission dans une chambre de combustion. Ces études d'aérodynamique tridimensionnelle sont menées par le Laboratoire de mécanique des fluides et d'acoustique CNRS/Ecole centrale de Lyon en harmonie avec le Groupement scientifique "Moteurs" regroupant des constructeurs automobiles. Elles permettent de confronter les codes de calcul avec les expériences réalisées sur banc-moteur. (© CNRS-LMFA, traitement Infographis).*

## LE COURRIER DU CNRS

DOSSIERS SCIENTIFIQUES

**Directeur de la publication :**  
Goéry Delacôte

**RÉALISATION :**  
CNRS - Atelier de l'Écrit  
Groupement des Unités de  
la Communication du CNRS  
1, place Aristide-Briand  
92195 Meudon Cedex  
**Direction :** Bernard Hugene  
**Rédacteur en chef :** Sylvie Langlois  
**Secrétariat de réduction :**  
Jacqueline Leclère  
**Secrétariat :** Muriel Hourlier

**COMITÉ SCIENTIFIQUE :**  
Claire Dupas,  
François Jacquet,  
Bernard Nayroles,  
Bernard Sebille,  
Gérard Tiraby,  
Yves Martin,  
Laurence Coutrot-Ratier,

**COMITÉ DE LECTURE :**  
Bernard Dormy,  
Catherine Euvrard,  
Pierre Fromageot,  
James Hiéblot,  
Michel Jaulin,  
Gérard Piquard,  
Ionel Solomon,

Ce numéro du *Courrier du CNRS*, préparé sous la direction de Pierre Vergnon, directeur de la DVAR (Direction de la valorisation et des applications de la recherche du CNRS), a été conçu et coordonné par Pierrette Kourilsky-Lloret. Sa rédaction a été assurée par Jean-Louis Lavallard.

Prix : 50 francs. Diffusion : Presses du CNRS, 20-22, rue Saint-Amand, 75015 Paris - tél. : 45.33.16.00.  
Vente au numéro : Librairie du CNRS, 295, rue Saint-Jacques, 75005 Paris - tél. 46.34.79.09.

La rédaction remercie les auteurs et les organismes qui ont participé à ce numéro. Les titres et les chapeaux introductifs ont été rédigés par la rédaction.  
Les textes et illustrations peuvent être reproduits sous réserve de l'autorisation du Directeur de la publication.

#### Fabrication

Coordination : J. G. - Communication, 10, avenue Bourgain, 92130 Issy-les-Moulineaux - tél. : 46.45.37.07.  
Direction artistique : Top Conseil, 18, rue Volary, 75002 Paris - tél. : 42.96.14.58.  
Impression : Roto-France-Imprimerie, boulevard de Beaubourg, Emeraillonville, 77200 Torcy - tél. : 60.06.60.00.  
Commission paritaire : AD 303.  
ISSN : 0-153-085-X. ISBN : 2-222-04396-4.

© Centre National de la Recherche Scientifique

# LE CNRS ET LES ENTREPRISES LA VALORISATION

## DANS CE NUMÉRO

**8**

TRANSFERTS  
DE SAVOIR  
ET SAVOIR-FAIRE

**21**

DE CONTACTS  
EN CONTRATS

**44**

LES UNITÉS MIXTES  
CNRS-ENTREPRISES

**51**

LES ÉCHANGES  
PAR LES HOMMES

**65**

LA DIMENSION  
EUROPÉENNE

## *La valorisation en chiffres*

### Des partenaires :

2000 entreprises

### Des rencontres, des échanges et des collaborations :

27 clubs de rencontre (Comité des Relations Industrielles)

1 830 nouveaux contrats de collaboration en 1988

2 500 contrats en cours

51 Groupements de recherche avec des entreprises

14 Unités mixtes CNRS-Entreprises

162 chercheurs et ingénieurs dans des entreprises

366 consultants

273 boursiers docteurs ingénieurs cofinancés

27 bourses post-doctorales accordées en 1988

22 directeurs de recherche associés industriels

### Des résultats protégés et transférés :

#### En 1988 :

202 dossiers de valorisation ouverts

87 brevets CNRS (200 déposés par l'industrie)

113 licences concédées

9,5 millions de francs de redevances

#### au total :

930 brevets en portefeuille

632 licences accordées

38,1 millions de francs de redevances

**L**e renforcement des relations du CNRS avec l'industrie reste un des axes forts de notre stratégie. Ces relations sont d'autant plus complémentaires que notre mission première est la recherche fondamentale. L'acquisition de connaissances nouvelles se légitime dans la société d'autant mieux qu'elle diffuse plus et se révèle utile.

La nature des collaborations entre les laboratoires de recherche et l'industrie a beaucoup évolué durant ces dix dernières années. Il s'agissait au début d'exploiter les innovations issues des laboratoires, de « valoriser » leurs recherches. C'est désormais le transfert de technologie qui prime. Les collaborations recherche/industrie se sont déplacées vers l'amont : plus vite l'industriel est associé à la recherche, plus efficace et rapide est l'industrialisation. Actuellement, naissent des possibilités de stratégie conçues en commun avec nos partenaires industriels. C'est vers ces « recherches partagées » que nous souhaitons développer nos efforts.

En effet, de plus en plus, l'acquisition de connaissances nouvelles tire profit de ces travaux menés avec l'industrie, dans des domaines aussi divers que ceux des matériaux, des nouveaux médicaments ou des technologies nouvelles...

La transparence peut et doit maintenant s'établir dans les collaborations entre CNRS et entreprises. L'opération « transparence » que nous avons menée cette année nous a permis de mesurer l'ampleur des coopérations déjà instituées. Ainsi, les laboratoires propres et associés du CNRS sont directement engagés, avec plus de 2000 entreprises, dans au moins 2700 contrats (1800 nouveaux en 1988). Le CNRS a pour politique de laisser ses partenaires industriels français déposer les brevets issus du travail commun. Avec leurs partenaires industriels, les laboratoires liés au CNRS sont ainsi à l'origine du plus grand nombre de dépôts de brevets en France. Cela confirme s'il en était besoin l'intérêt des interventions du CNRS dans l'innovation industrielle.

Certains domaines sont le champ privilégié des collaborations. C'est notamment le cas de la Chimie et des



François Kourilsky  
Directeur général du CNRS

Sciences pour l'ingénieur. Dans d'autres domaines scientifiques, elles méritent d'être développées. C'est le cas par exemple des Sciences de la vie et des Sciences de l'homme et de la société qui représentent ensemble 45 % de notre activité. Un effort significatif est en cours dans cette direction.

Nous constatons un déséquilibre dans la répartition des collaborations du CNRS en fonction de la

taille des entreprises. Aujourd'hui, seulement 15 % de ces contrats de collaboration concernent les petites et moyennes entreprises. Nous souhaitons pouvoir doubler cette proportion en trois ans. C'est l'objectif d'une convention récente entre le CNRS et l'ANVAR. Notre réseau de chargés de mission aux relations industrielles du CNRS agit de concert avec les délégués régionaux de l'ANVAR dans les différentes régions de France pour intensifier les collaborations avec les PMI-PME innovantes.

La mobilité des hommes entre recherche et industrie est encore faible. Certes, de plus en plus de jeunes thésards formés dans les laboratoires du CNRS et de l'Université sont recrutés par les entreprises. Nous nous en réjouissons. Toutefois, la mobilité des chercheurs déjà engagés au CNRS ou déjà embauchés dans l'entreprise pourrait nettement s'accroître. Pour notre part, nous favorisons délibérément les mises à disposition de quelques mois avec salaire, les détachements de longue durée (plus de deux ans), les activités de consultation des chercheurs, l'accueil de directeurs de recherche associés en provenance des entreprises. Nous venons de plus d'ouvrir aux chercheurs du CNRS la possibilité de passer une année sabbatique en entreprise. Un effort est également mené, avec l'ANVAR, pour aider les chercheurs désireux de créer leur entreprise.

Les différentes rencontres, à Paris et dans les régions, à l'occasion de la célébration de notre cinquantième anniversaire, sont pour le CNRS et ses partenaires de la recherche et du monde industriel une occasion privilégiée de dialoguer, de réfléchir et d'agir. Le forum CNRS-Entreprises offre l'opportunité de mesurer le chemin que nous avons parcouru et d'apprécier les évolutions que nous avons à conduire ensemble.



**A**u moment où le CNRS fête son cinquantenaire, j'aimerais rappeler le mouvement profond amorcé par cet organisme depuis une dizaine d'années, qui le rend aujourd'hui plus proche du monde économique. Et ceci sans lui avoir fait perdre la vocation voulue par ses fondateurs de se consacrer à la recherche fondamentale au plus haut niveau. C'est qu'il n'est plus possible aujourd'hui de considérer que la recherche fondamentale n'intéresse que le monde académique et la recherche appliquée que le monde industriel. C'est de l'ensemble de la connaissance scientifique à tous les niveaux que naissent les technologies nouvelles, et ce sont souvent les défis posés par la technologie qui stimulent chez les chercheurs du CNRS des travaux de recherche nouveaux et originaux.

Qu'attendent les industriels d'un organisme comme le CNRS ? Avant tout, qu'il reste le promoteur et le garant d'une recherche fondamentale française qui se situe au meilleur niveau. Ceci signifie non seulement la qualité et l'originalité des travaux de ses laboratoires, mais aussi une insertion dans le milieu international qui fasse qu'à travers ses chercheurs, leurs partenaires industriels aient accès à l'ensemble de la connaissance scientifique mondiale.

Nous souhaitons ensuite des chercheurs ouverts sur le monde qui les entoure. C'est du dialogue et des collaborations que naissent les idées et les réalisations nouvelles. Les industriels français sont aujourd'hui dotés de structures de R et D puissantes qui constituent autant d'interlocuteurs possibles pour les laboratoires du CNRS.

Les efforts faits par la direction du CNRS pour stimuler cette ouverture et ce dialogue ont d'ores et déjà commencé à porter leurs fruits : les accords-cadres entre le CNRS et la plupart des grandes entreprises françaises non seulement permettent de régler une fois pour toutes la plupart des problèmes pratiques qui se posent lors de collaborations CNRS-Industrie (propriété industrielle, confidentialité, gestion des moyens, etc.), mais prévoient



Jean-Louis Beffa  
Président-directeur général  
de la Compagnie de Saint-Gobain

également des rencontres régulières entre la direction du CNRS et les responsables des entreprises au plus haut niveau. Les modalités de détachement de chercheurs auprès des entreprises ont, semble-t-il, toute la souplesse nécessaire au plan administratif. Simultanément, des ingénieurs appartenant à des entreprises se voient offrir des postes de directeurs de recherche as-

sociés. Le nombre de ceux qui utilisent ces possibilités reste cependant encore trop limité. Il est, par contre, intéressant de noter qu'un nombre assez élevé des responsables de la recherche des grandes entreprises sont issus du CNRS ou de ses laboratoires. Le bureau CNRS-Consultants permet de mettre en relation des chercheurs désireux de consacrer une fraction de leur temps à collaborer avec des entreprises, et les entreprises qui sont à la recherche de compétences particulières qu'elles ne sauraient assumer seules. Enfin, l'expérience des laboratoires mixtes CNRS/Entreprise, au sein desquels travaillent ensemble, en général en site industriel, des chercheurs du CNRS et des ingénieurs de l'entreprise, peut être considérée aujourd'hui comme un succès.

On ne saurait oublier dans cette énumération des mesures propres à rapprocher le monde de la recherche de celui des entreprises, le rôle joué par le CRIN (Comité des relations industrielles) grâce auquel, dans une ambiance informelle propre à favoriser les contacts, de nombreuses collaborations ont pu naître.

Le succès de cette politique ne pouvait mieux se mesurer qu'à l'occasion de ce cinquantenaire, auquel un grand nombre d'entreprises françaises ont tenu à apporter leur soutien.

A l'heure où la compétitivité s'appuie de plus en plus sur des supériorités technologiques, l'existence d'un CNRS dynamique, étroitement lié au monde universitaire, bien inséré dans la communauté scientifique internationale et ouvert aux réalités économiques est un atout pour la France et pour ses entreprises.

## Avant-propos

La richesse des échanges 07  
CNRS-Entreprises  
Pierre Verghon

## Transferts de savoir et de savoir-faire

Miroirs en série 09  
*La production de miroirs de télescope par moulage*  
Pierre Assus

Petit, rapide et puissant 10  
*Un moteur de commande d'axe de robot industriel*  
Bernard Locquet, Michel Lajoie-Mazenc

Vive Cauchy 11  
*De la localisation d'une charge électrique à la conception d'une tablette graphique*  
Roger Brière-Dawson, Marcel Froissart

S.O.S., je suis ici 12  
*Un oscillateur à haute stabilité pour balise de détresse*  
Marc Garin

Pour surveiller la pollution 12  
des eaux  
*Un réseau de télémesures interrogeable par Minitel*  
Christian Joseph, Jean Coulet

Micro-ondes : pas seulement 14  
dans la cuisine  
*Imagerie thermique, destruction de tumeurs, thermométrie industrielle...*  
Yves Leroy, Maurice Chive

Médicaments, métallos-enzymes 14  
et fonction oxydante du foie  
*Comprendre et prévoir les effets secondaires indésirables des médicaments*  
Daniel Mansuy

Des bactéries pour fabriquer 15  
l'aluminium  
*La biodégradation microbienne des matières organiques des bauxites*  
Jacques Mordini, Philippe Clerin, Jacques Berthelin

Peptides à la chaîne 16  
*Un multisynthétiseur semi-automatique de peptides*  
Jean Nelmark

Le glucose suivi à la trace 17  
*Un appareil de mesure en continu basé sur une réaction enzymatique*  
Florence Petillot

Parler, écouter, comprendre 18  
*Les applications potentielles de la synthèse et de la reconnaissance de la parole*  
Mario Rossi

Encore plus intelligent 19  
*Une nouvelle version du programme d'intelligence artificielle Prolog III*  
Henri Meloni

Inventer aujourd'hui 19  
la pédagogie de demain  
*Nouveaux outils pédagogiques pour de nouvelles disciplines*  
Jean-Marie Albertini

Tout, vous saurez tout 20  
sur l'énergie  
*Une banque de données mondiales bientôt ouverte au public*  
Patrice Romain

## De contacts en contrats

Les ions lourds font des trous 21  
*GANIL, a déjà consacré 150 heures à Micropore et à Matra*  
Claude Bieth

Le dépôt assisté par implanteur 22  
*Un nouveau type de traitement de surface : le laboratoire se charge de la recherche fondamentale, l'industriel de la mise au point de l'application*  
Jacques Delafond

L'atout titane 23  
*Pour ce métal clé, cinq laboratoires et cinq entreprises s'associent*  
Richard Penelle

Les aubes du progrès 24  
*Des Groupements scientifiques explorent des thèmes proposés par la SNECMA, constructeur de moteurs d'avions*  
Jean-François Chevalier

Encore un verre... 25  
*L'association avec des laboratoires permet à la CGE de conserver son rang dans le secteur des communications par fibres optiques*  
Jean-Pierre Dumas

Elaboration magnétique 25  
*Associer étroitement stratégie industrielle et prospective scientifique autour de procédés d'élaboration de matériaux*  
Marcel Garnier

Supraconducteurs en ruban 27  
*L'enjeu « supraconducteur » réunit la CGE, Rhône-Poulenc et quatre laboratoires*  
Jean-Yves Dumoussieu

Traitements par laser 27  
*Recourir à des études fondamentales pour optimiser un savoir-faire technologique*  
Pierre-François Gobin

Au diable les lunettes 28  
*Des physiciens et un Groupe de matériel médical mettent au point la correction des défauts de l'œil par voie chirurgicale*  
Jean Botineau, Alain Azema, Patrick Mayolini

Voir les sons 29  
*Un système de « visualisation » de la parole passe au stade de prototype industriel*  
Marie-Christine Haton



**De l'os à la pilule 29**  
*L'ingénieur acquiert le savoir-faire en laboratoire, puis prend la tête d'une entreprise : transfert réussi*  
 Michel Vert

**Un nouvel antitumoral 30**  
*Pour cette molécule en cours de développement clinique, tout a commencé par un accord de licence CNRS/Entreprise.*  
 Alain Herrera

**Les bactéries au travail 31**  
*Cinq thèmes d'un programme de production de protéines confiés à des groupes de travail Recherche publique/Entreprise*  
 Gérard Nominé

**Gastronomie à la romaine 32**  
*La collaboration insolite du CNRS et de la société Comtesse du Barry*  
 Françoise Tristani

**Plein gaz ! ça conserve 32**  
*Pour perfectionner ses procédés de conservation des aliments, l'industriel fait appel à des recherches fondamentales.*  
 Pierre Soudain, Daniel Fath

**Le mariage après quinze ans de fiançailles 34**  
*L'élargissement du programme de collaboration entre ELF et un grand laboratoire public : une véritable « OPA amicale »...*  
 Patrick Geste

**Pure, pure la fonte 35**  
*Des ingénieurs des usines de Sollac et des équipes du CNRS pour améliorer la qualité de la fonte*  
 Paul Riboud

**Synthèse organique par électrochimie 36**  
*Le va-et-vient entre l'expérimentation d'un réacteur de laboratoire et la mise au point d'un modèle de production industrielle*  
 Alain Storck, Gérard Valentin

**Le génie de Nancy à votre service 36**  
*Une structure spécifique de transfert de savoir-faire vers les entreprises*  
 Jacques Villiermaux

**Le pétrole à la mer 37**  
*Les techniques de lutte contre les pollutions pétrolières font appel à des études fondamentales interdisciplinaires*  
 Jean-Claude Bertrand, François Blanc

**Le CRIM organise l'intelligence (artificielle) 38**  
*Autour de deux projets, les partenaires des secteurs public et industriel coordonnent leurs moyens et ressources*  
 Jean Sallantin

**Une mémoire qui fait des bulles 38**  
*La SAGEM, le LETI et quatre laboratoires du CNRS collaborent pour la mise au point de mémoires à ligne de Bloch*  
 Michel Poirier

**L'histoire de Gaz de France 39**  
*Une étude entreprise par des historiens à la demande d'une société qui a beaucoup évolué depuis trente ans*  
 Alain Beltran

**Avec Aerospatiale, collaboration tous azimuts 40**  
*Un accord cadre avec l'entreprise concerne les laboratoires de trois départements du CNRS*  
 Jacques Balazard

**Quand les chercheurs organisent l'entreprise 42**  
*La société Manducher fait appel à une équipe de recherche pour l'organisation de sa production*  
 Raymond-Pierre Bodin

**Une suite logique 42**  
*Une nouvelle convention prolonge la collaboration entre l'Equipe de logique du CNRS et le Centre de recherche de Bull*  
 Richard Lassaing

**Observateurs dans l'entreprise 43**  
*Le statut du Groupement « Mutations industrielles » prévoit la définition commune des thèmes et des objectifs de recherche.*  
 Laurence Coutrot

## Les unités mixtes CNRS-Entreprises

**Une première réussie 44**  
*CNRS/Roussel Uclaf : tout a commencé par la synthèse de la forskoline*  
 Robert Lett

**Lorraine : une volonté de faire 45**  
*CNRS/Saint-Gobain : la synthèse de super-réseaux métalliques originaux*  
 André Thorny

**Fortifier le bon grain, détruire l'ivraie 46**  
*CNRS/Rhône Poulenc : la mise au point d'une nouvelle génération d'herbicides spécifiques*  
 Roland Douce

**ELF craque pour vous 46**  
*CNRS/ELF : l'amélioration de la mise en œuvre des catalyseurs de craquage de pétroles lourds*  
 Jean-René Bernard

**Le génie du réacteur 47**  
*CNRS/Rhône Poulenc : maîtriser les mécanismes détaillés des réactions triphasiques*  
 Jean Jenck

**L'industrie, le CNRS et l'université entrent en résonance 48**  
*CNRS/Université/Brucker : l'instrumentation et les méthodes en résonance magnétique nucléaire*  
 Pierre Granges

**Des matières plastiques résistantes à la chaleur 49**  
*CNRS/IFP : études fondamentales sur les matières plastiques thermostables*  
 Bernard Sillion

**Main dans la main avec l'ordinateur 50**  
*CNRS/MATRA : créer des modèles de référence pour les interfaces homme-machine*  
 Jean-Paul Denier

## Les échanges par les hommes

**Les BDIE : le point de vue de l'industriel** 52  
*Ce qu'apportent à l'industriel les bourses de docteur-ingénieur cofinancées par les entreprises*  
Catherine Euvrard

**Les BDIE : le point de vue du directeur du département Chimie** 52  
*En cinq ans, le département a mis en place 203 bourses avec 70 industriels*  
Michel Fayard

**Chercheur de têtes** 52  
*Le succès des opérations de mobilité de chercheurs CNRS en direction d'Elf Aquitaine*  
Marie-Christine Gabillaud-Wolf

**Connais-toi toi-même** 54  
*Un club CRIN étudie le statut du chercheur au sein de l'entreprise*  
Alain Etchegoyen

**Au millième de milliardième de seconde** 54  
*Une entreprise parisienne crée une filiale en Alsace pour exploiter une innovation d'un laboratoire de Strasbourg*  
Joseph-Albert Miehé

**Une collaboration laboratoire public-industrie** 55  
*Responsable recherche et développement dans une entreprise, et directeur de recherche associé au CNRS*  
Michel Follet

**Spécialité : généraliste** 56  
*Pechiney apprécie la grande connaissance du milieu de la recherche de celle qui fut chargée de mission au département Chimie*  
Yves Farge

**Embauche après une année sabbatique** 56  
*L'expérience d'une année passée chez IBM-France s'est achevée par une entrée dans l'entreprise*  
Didier Pinchon

**Pour une collaboration à long terme** 57  
*Mis à disposition d'une entreprise, il y restera aussi longtemps que durera le projet dont il est responsable*  
Michel Delaage

**Le faire soi-même** 58  
*Quand l'entreprise capable d'exploiter une innovation n'existe pas, il reste une solution : la créer*  
André-Jean Bértaud

**Un robot qui s'adapte** 59  
*Un « Club des tailleurs » pour favoriser les échanges entre industriels et chercheurs*  
Rigobert Weber

**Une SARL pour l'imagerie micro-onde** 60  
*Faute de trouver un industriel intéressé, un laboratoire de recherche crée une société*  
Jean-Charles Bolomey

**Un transfert qui coule de source** 61  
*La facilité de passage du CNRS à l'industrie étonne encore ce chercheur*  
Philippe Aptel

**Pétrole et combustibles fossiles** 62  
*Les activités exemplaires d'un club du « Comité des relations industrielles »*  
Bernard Tissot

**Premières impressions** 62  
*Brève évaluation des différences entre recherche publique et recherche industrielle*  
Patrick Magnoux

**Dix-huit mois dans l'industrie pétrolière** 63  
*Après son séjour dans l'industrie, ce chercheur revient à son laboratoire d'origine pour monter une équipe de recherche*  
Michel Sardin

## La dimension européenne

**La coopération européenne : un souci permanent** 65  
*Quelques exemples de coopération entreprises/organismes européens en Sciences physiques pour l'ingénieur*  
Jean-Claude Carpentier

**L'Europe aménage sa tour de Babel** 66  
*Le projet Eurotra de traduction automatique entre les neuf langues européennes*  
Laurence Danlos

**Un laser pour regarder dans les moteurs** 67  
*Cinq constructeurs automobiles européens, réunis au sein d'un comité, financent des études sur les moteurs*  
Roland Borghi

**Amorphe mais efficace** 68  
*L'Europe ne sera pas absente de l'aventure photovoltaïque grâce à l'apport de plusieurs groupes de recherche publique, dont le CNRS*  
Bernard Equer

**De nouveaux aimants pour l'Europe** 68  
*Un programme qui mobilise cinquante-quatre laboratoires de dix pays européens*  
Jean Laforest

**Europe toute !** 70  
*Le Centre de recherches sur la physico-chimie des surfaces solides de Mulhouse est un habitué des collaborations européennes*  
Jacques Schultz

**Recherche française, développement allemand** 71  
*Le laboratoire français finance la thèse, puis l'industriel allemand embauche le chercheur*  
Bernard Maillard et Charles Navarro

**Les enzymes franco-belges** 71  
*Pour améliorer une enzyme, la firme belge PGS a recours aux compétences du Laboratoire de biologie physico-chimique de Paris-Sud*  
Joël Janin

### LE COURRIER DU CNRS

dans sa nouvelle formule  
a déjà publié  
trois dossiers scientifiques :

**La mécanique en 1988**

**Recherches sur l'environnement**

**L'archéologie en France métropolitaine**

Ces numéros sont disponibles  
aux Presses du CNRS,  
20-22, rue Saint-Amand,  
75015 Paris  
et à la Librairie du CNRS,  
295, rue Saint-Jacques  
75005 Paris

# La richesse des échanges CNRS-Entreprises

**V**ouloir rendre compte des activités de valorisation de 1300 laboratoires couvrant l'ensemble des disciplines nécessite de faire des choix souvent difficiles et ce numéro ne peut prétendre à l'exhaustivité.

Chaque laboratoire traite en moyenne deux contrats de collaboration et plus d'un chercheur sur deux est impliqué dans une action de valorisation. Les quelques indicateurs qui sont présentés ainsi que leur évolution au cours de ces dernières années laissent apparaître l'ampleur de l'ouverture du CNRS.

Les exemples et les témoignages qui ont été recueillis ont pour objectif, par leur diversité, de faire découvrir à ceux qui ne les connaissent

pas encore ou qui les méconnaissent, les richesses dont peuvent être porteurs ces échanges et ces collaborations avec les milieux économiques, sociaux et culturels.

C'est à la société dans son ensemble d'en apprécier tout l'intérêt et toute la valeur. Les articles de ce numéro ont été dépouillés, dans toute la mesure du possible, de leurs aspects techniques, pour ne pas en réserver la lecture aux seuls spécialistes.

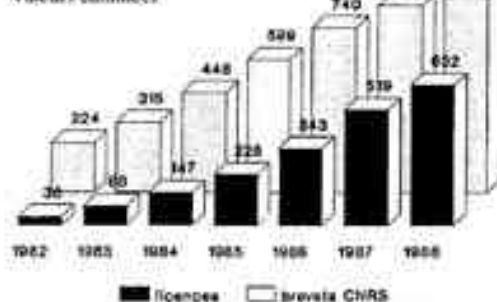
Pierre Vergnon  
Directeur de la DVAR  
(Direction de la valorisation  
et des applications  
de la recherche du CNRS)

## LES CONTRATS DE COLLABORATION



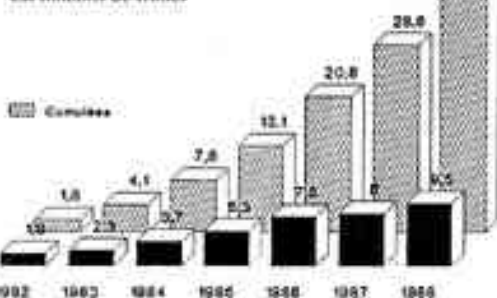
## LES BREVETS ET LICENCES

Valeurs cumulées



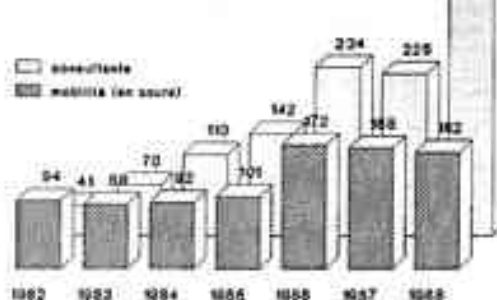
## LES REDEVANCES PERÇUES

En millions de francs



## LES ECHANGES PAR LES HOMMES

Valeurs cumulées



# TRANSFERTS DE SAVOIR ET DE SAVOIR-FAIRE

**L**i arrive plus fréquemment qu'on ne le croit ordinairement qu'un laboratoire, pratiquant la recherche fondamentale, parvienne à un résultat exploitable économiquement. Le laboratoire a alors non seulement le droit, mais surtout le devoir, de transférer le savoir qu'il a acquis à une entreprise qui saura le mettre en valeur.

Le mécanisme théorique du transfert est bien connu. Le CNRS prend un brevet. Puis il concède une licence à un industriel qui paye une redevance (dont le quart revient aux chercheurs).

Dans la réalité, les faits sont toujours plus complexes. La simple prise de conscience de l'exploitabilité d'une idée ou d'une réalisation fait déjà problème.

Dès le début le chercheur doit se poser plusieurs questions. Existe-t-il un marché suffisant pour son invention ? S'il existe, est-il possible d'en prendre une part significative ? Car d'autres appareils ou procédés risquent de lui faire concurrence. Existe-t-il un industriel capable de mettre en œuvre et d'exploiter ce qui a été trouvé au laboratoire ?

Souvent, avant même qu'une réponse définitive ait été faite à ces trois questions, il faut se préoccuper de protéger l'invention. Une divulgation

trop rapide au cours d'un colloque ou une publication prématurée peut empêcher une prise de brevet. Certains travaux, comme les programmes informatiques ne sont pas brevetables, mais bénéficient d'une autre sorte de protection (copyright)... D'autres, enfin, ne sont pas juridiquement protégeables. La seule défense est alors le secret. Et la cession à un industriel ne sera alors couverte que par un simple contrat de confidentialité.

Généralement, peu au courant de ces problèmes, le chercheur du CNRS peut heureusement trouver une aide indispensable auprès des services spécialisés dont s'est doté l'organisme. Encore faut-il qu'il ait l'idée d'y recourir assez tôt. Contrairement à ce que pensent beaucoup de chercheurs, la cession de licence à un industriel n'est pas la fin du parcours, car presque toujours, le chercheur et son laboratoire doivent ensuite travailler avec l'industriel, par exemple pour la mise au point d'un ou plusieurs prototypes. Le chercheur est alors plongé dans un monde qui lui est totalement étranger. Les motivations de l'industriel sont en effet tout autres que celles de la recherche fondamentale. L'argent, la rapidité, le secret y sont des préoccupations pre-

mières. « L'inventeur » devra s'y plier. Nombreux sont les chercheurs qui qualifient cette phase d'aventure. Et ils n'ont pas tort d'employer ce terme, car ils sont amenés à explorer un monde aussi différent de celui dans lequel ils vivent habituellement qu'une terre étrangère. Nombreux aussi sont ceux qui, les premières difficultés vaincues, trouvent l'aventure excitante, comme un nouveau défi qu'il faut relever.

Les bénéfices que le chercheur et le laboratoire tirent de cette expérience sont souvent importants, mais bien différents de ceux qui étaient prévus. L'enrichissement, sur le plan humain, du chercheur qui sort un moment de son laboratoire pour connaître un milieu nouveau, en est un des aspects principaux. Mais il en existe bien d'autres : ainsi, le laboratoire accède souvent, par l'intermédiaire de l'industriel, à des moyens techniques qu'il n'aurait pu acquérir lui-même. En voulant valoriser un instrument de mesure qui lui était nécessaire pour ses propres besoins, un laboratoire se voit souvent doté d'un appareillage beaucoup plus perfectionné que celui qu'il aurait pu réaliser seul. En fait, chaque transfert a sa spécificité. Les quelques exemples qui suivent sont là pour le montrer.





## Miroirs en série

**Produire par moulage des miroirs de télescopes dont la forme et le poli sont aussi bons que ceux des miroirs polis à la main n'est plus un rêve d'astronome fou. Le Laboratoire d'optique du CERGA (Centre d'études et de recherche géodynamique et d'astronomie) y est parvenu en utilisant une résine durcissable à température ambiante.**

**■ Pierre Assus**

**L**e Laboratoire d'optique du CERGA a développé une nouvelle technique économique et rapide de réplique des surfaces optiques, notamment pour les applications astronomiques. Un moulage de précision permet aujourd'hui, en partant d'une matrice ayant une surface polie de qualité, d'en obtenir une copie fidèle. Le processus, qui utilise une résine durcissable, prend environ une semaine, quelle que soit la dimension du miroir.

Une résine durcissant à température ambiante ayant un retrait chimique minimum a été choisie. Nous avons, pour cela, utilisé le matériel et l'aide compétente du laboratoire de chimie de l'ETCA (Etablissement technique central de l'armement) à Arcueil. Cette étude nous a conduit à sélectionner la bonne macromolécule et à mettre au point la purification chimique des produits et le processus de durcissement adéquat.

La qualité de la reproduction des surfaces obtenues par cette technique est excellente (supérieure à  $\lambda/50$ ) puisqu'elle est bien meilleure que celle obtenue usuellement par un polissage classique ( $\lambda/8$ ), surtout pour les surfaces de formes complexes.

Un soin particulier doit cependant être apporté à l'usinage du substrat dont la qualité se reporte, dans une certaine mesure, sur la qualité de la surface optique.

Les miroirs obtenus sont insensibles à des cycles thermiques allant de  $-40^{\circ}\text{C}$  à  $+40^{\circ}\text{C}$ , à une exposition à l'humidité ou à un champ intense de radiations. La réplique est une technique performante qui apporte de nombreuses possibilités nouvelles. Elle permet la fabrication, entre autres :

- de nombreux miroirs rigoureusement identiques,
- de miroirs de formes particulières, simples ou complexes, non réalisables par polissage classique,
- de miroirs plans, sphériques ou asphériques, de très bonne qualité et d'un

coût bien moindre que par les techniques classiques.

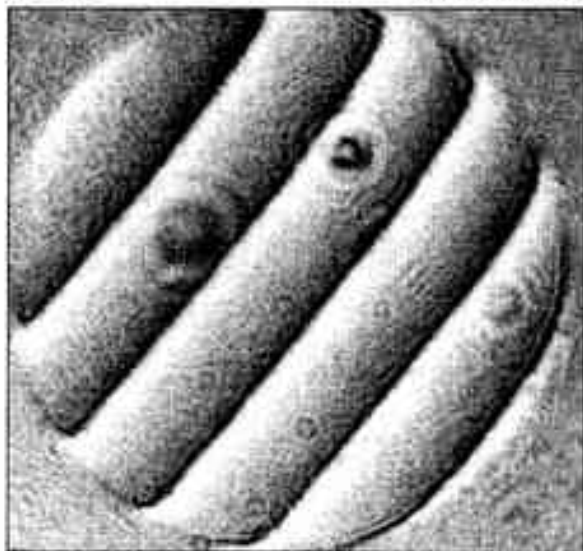
La taille maximale des répliques obtenues dans notre laboratoire est de 50 cm et nous réalisons en ce moment une première réplique de 1 mètre. Nous pensons encore augmenter la taille de nos répliques par la suite.

Il est actuellement envisagé de fabriquer les secondaires (diamètre 1,30 m) des quatre grands télescopes du Very Large Telescope (VLT) de l'ESO par cette technique afin de n'avoir qu'un miroir asphérique concave - plus facile à réaliser et surtout à contrôler au centre de courbure qu'un miroir convexe - et de produire par réplique les quatre secondaires que l'on veut identiques.

Il est possible d'obtenir par le même procédé des surfaces dioptriques. Cette procédure nécessite l'étude du dépôt de couches diélectriques à la surface des répliques, étude qui est en cours dans notre laboratoire.

Enfin, nous avons signé, en 1987, un contrat de transfert de savoir-faire de cette technique avec la société MATRA. Ce contrat est exclusif pour les applications spatiales et les ballons, et non exclusif pour les applications au sol, civiles et militaires. Il nous a déjà permis de commencer, en collaboration, une étude portant sur la réalisation de répliques minces pour le projet de satellite XMM.

**■ Pierre Assus**, ingénieur de recherche au CNRS, directeur du Laboratoire de recherche sur les répliques de miroir, Département A. Fresnel de l'Observatoire de la Côte d'Azur, BP 139, 06300 Nice Cedex.



Sur cet interférogamme, on peut voir l'effet du retrait de la résine causé par un défaut d'usinage au bord du substrat. En fait, la qualité de la surface obtenue dépend à la fois de la qualité de polissage du moule et, dans une moindre mesure, de la qualité d'usinage préalable du substrat.



Contrôle d'une réplique sphérique concave par la méthode de Fizeau : un faisceau laser traverse la face arrière polie du moule et va créer des franges d'interférences (montrées ci-contre) entre la réplique et la surface convexe du moule.



## Petit, rapide et puissant

La régie Renault a besoin, pour une commande d'axe de robot, d'un moteur dont les caractéristiques de taille, de vitesse et de puissance, dépassent celles que l'on trouve sur le marché. Il est alors créé un Groupement d'intérêt économique pour le développer et le commercialiser. Le LEEI (Laboratoire d'électrotechnique et d'électronique industrielle) dispose d'un important savoir-faire sur les machines à aimants et son intervention est décisive pour la mise au point rapide du prototype.

**Bernard Locquet et Michel Lajoie-Mazenc**

**L'**initiative de lancer le développement du moteur « Masap » revient à Renault qui ne trouvait pas sur le marché le moteur « idéal » pour réaliser une commande d'axe performante, en particulier, pour la motorisation des robots. Télémécanique a apporté son concours à la création d'un GIE dont l'objet était de développer et

de commercialiser l'actionneur complet : moteur, électronique de commande et capteur, le développement du variateur étant placé sous la responsabilité de Télémécanique qui a ensuite repris l'ensemble de l'activité.

Le niveau des exigences de Renault était élevé. Il fallait que le moteur léger et peu encombrant puisse donner très rapidement à l'axe l'accélération maximale. Le moteur qui a été conçu peut atteindre trois mille tours/minute en dix millisecondes (soit un tiers de tour de

moteur). Sur le plan du rapport entre le couple fourni et la masse du moteur, c'est également une performance : 1 Newton mètre par kilo (pour un moteur de 10 Nm).

Pour atteindre ce résultat, il fallait trouver une structure magnétique optimale : type d'aimants, disposition des aimants et définition du circuit magnétique. L'expérience du LEEI a permis de faire rapidement les bons choix. Nous disposons en effet de méthodes de modélisation par calcul des champs, développées depuis plusieurs années, et nous avons pu utiliser le logiciel DIFIMEDI que nous avons écrit et conçu dès 1975 et qui s'est révélé tout à fait adapté.

L'étude a nécessité la réalisation et la validation de deux prototypes successifs et a duré au total un peu moins de trois ans (de 1981 à 1983). Fin 1983, lors d'une réunion organisée au LEEI, tous les participants eurent la satisfaction de constater le bon comportement du moteur fonctionnant sur banc d'essai.

En janvier 1984, un brevet d'invention relatif au prototype était déposé par Renault. Conformément aux clauses du contrat d'étude, les noms des inventeurs du LEEI figuraient sur ce brevet (P. Mathieu et M. Lajoie-Mazenc).

Le GIE MASAP, créé fin 1984, se chargeait de la phase de développement, en intégrant toutes les autres contraintes du cahier des charges, liées le plus souvent au marché. En octobre 1985, M. Lajoie-Mazenc et M. Harribey (technicien CNRS au LEEI, qui a participé largement aux essais des prototypes) recevaient le 2<sup>e</sup> prix « Laboratoires de recherches » au 5<sup>e</sup> concours régional d'innovation de l'ADERMIP (Association pour le développement de l'enseignement de l'économie et de la recherche en Midi-Pyrénées) pour leur participation à la mise au point du produit « Masap ».

Globalement, l'apport du laboratoire a été déterminant. Ainsi le produit, associé aux autres constituants, a donné naissance ensuite à une activité industrielle et commerciale contrôlée d'abord par le GIE (Renault-Télémécanique), puis reprise et développée par Télémécanique à partir du début de 1988.



Robot R4P équipé du moteur Masap

**Bernard Locquet**, ingénieur marketing, chef de projet MASAP, Télémécanique, 25, avenue de Chatou, 92508 Rueil-Malmaison.

**Michel Lajoie-Mazenc**, directeur de recherche au CNRS, directeur du LEEI (URA 847 CNRS, ENSEIHT), 2, rue Camichel, 31071 Toulouse Cedex.

# Vive Cauchy

Les physiciens du Laboratoire de physique corpusculaire du Collège de France ont eu l'idée de faire appel à un théorème de Cauchy, mathématicien français de la première moitié du XIX<sup>e</sup> siècle, pour construire un détecteur de particules. Le dispositif s'est révélé assez simple pour servir de base à une tablette graphique bon marché pour ordinateur.

■ Roger Bruère-Dawson et  
Marcel Froissart

**L**es chemins qui mènent de l'innovation à sa valorisation restent toujours difficiles d'accès et de parcours; nous voulons apporter ici le témoignage de chercheurs et ingénieurs qui travaillent dans un laboratoire dit de recherche fondamentale, et que rien ou presque n'a préparés à ce genre de démarche.

En effet, pour qu'une idée soit valorisable, il faut qu'elle soit capable d'intéresser un marché, c'est-à-dire répondre à un besoin qui peut être passager, donc lié à la mode d'un moment, ou simplement arriver à temps en concurrence avec d'autres produits sur un marché en forte demande, mais avec des atouts majeurs relatifs à la qualité et au prix.

Cela met en évidence la notion de temps, paramètre nécessaire pour rendre efficace une opération de valorisation.

Nous collaborons avec le Laboratoire de physique appliquée de l'Université fédérale de Rio de Janeiro, où B. Marchal, parti faire école, se consacre à adapter et simplifier les détecteurs de particules pour la radiographie ou gammagraphie courante.

En général, un détecteur de particules est un panneau sensible où une particule fait apparaître une charge électrique à l'endroit où elle traverse. La localisation de cette charge nécessite une électronique coûteuse. Il nous fallait trouver plus simple.

Une possibilité bien connue est d'utiliser comme fond du détecteur une surface conductrice de l'électricité, mais de résistance élevée: on n'a plus alors qu'à recueillir la charge électrique qui s'écoule par des contacts disposés aux quatre coins du panneau. Comme la charge a tendance à s'écouler par le contact le plus proche, on peut reconstituer la position - par des calculs complexes: on remplace l'électronique par un micro-ordinateur destiné à faire cette reconstitution! Malheureusement, une charge déposée loin des contacts se divise presque également entre ceux-ci.

La détermination de la position s'effectue alors sur de petites différences, c'est-à-dire avec une très mauvaise sensibilité. D'où nos idées:

- multiplier les contacts tout autour du panneau;

- pour chaque contact, partager la charge qui s'écoule par des résistances entre trois collecteurs.

Grâce au théorème de Cauchy, on démontre que deux des collecteurs peuvent ainsi recevoir des charges exactement proportionnelles aux coordonnées de la particule. Ce dispositif de localisation qui fonctionne pour un détecteur peut aussi servir pour une tablette à numériser à bon marché. Il suffit d'injecter du courant avec une pointe sur un plan résistif et on obtient les coordonnées de la pointe.

C'est ici que débute pour nous un véritable parcours du combattant.

Passons sur l'épreuve initiale de la prise de brevet, avec ses réunions pour expliquer, convaincre, et étudier de près les textes.

Une étude sommaire du marché des tables à numériser nous conforte dans l'intérêt de notre invention dans ce domaine. Nous réalisons donc une maquette de démonstration, devant laquelle nous faisons défiler toutes sortes de relations susceptibles d'être intéressées de près ou de loin.

Il nous faut en particulier rechercher un industriel capable de fabriquer à grande échelle des plans résistifs de qualité convenable (notre maquette est réalisée avec du papier recouvert de peinture graphitée...). Et, avec son appui, convaincre un centre important (le Centre national d'études des télécommunications) intéressé par ce genre de produit et, en conséquence, susceptible de financer une préétude industrielle.

Une fois l'oiseau rare trouvé s'ouvre une période d'intense collaboration, où toutes les volontés doivent tendre vers un seul but: aboutir vite.

Mais tous les obstacles ne sont pas levés pour autant. L'industriel est un homme pressé. Il faut réagir dans l'instant à ses propositions, ou à ses demandes, formulées souvent dans un lan-

gage qui n'est pas le nôtre, avec des idées implicites pas toujours évidentes. Cette rapidité est un préalable nécessaire à la confiance réciproque entre industriel et inventeurs - mais jusqu'où aller dans cette confiance? Qu'est-ce qui va de soi et qu'est-ce qui doit être négocié?

Tout au long de ce cheminement que nous accomplissons du théorème de Cauchy à la tablette à numériser, nous avons le sentiment d'avancer en pays inconnu. Contrairement à ce qui se passe dans le milieu de la recherche fondamentale, dans celui de la recherche appliquée chacun garde pour lui autant d'informations qu'il peut.

En conclusion, regrettons que les discours officiels sur l'ardente obligation de la valorisation ne soient pas suffisamment étayés par une structure efficace et légère composée d'hommes rompus aux techniques de la négociation juridique sur le plan de l'industrie et des affaires qui nous aident à transférer nos idées d'hommes de pensée afin que les industriels, les hommes d'action, puissent les valoriser.

■ Roger Bruère-Dawson, ingénieur de recherche au CNRS, Laboratoire de physique corpusculaire (LA 41/INP3-CNRS).

■ Marcel Froissart, professeur au Collège de France: directeur du Laboratoire de physique corpusculaire (LA 41/INP3-CNRS), Collège de France, 11, place Marcelin-Berthelot, 75231 Paris Cedex 05.

## CNRS - AUDIOVISUEL

1, place Aristide-Briand 92195 Meudon Cedex

### MICRO-ONDES: UNE AFFAIRE DE CŒUR

Document expliquant le mode d'action des micro-ondes thermiques et présentant les différents types d'utilisation actuellement en cours dans le domaine industriel.

Auteurs: André-Jean Berteaud  
(LOMM-Thinis)  
Jean-Christian Nicaise  
Réalisateur: Jean-Christian Nicaise  
Coproducteur: Micro-ondes  
Energie/CNRS  
1987, 16 mm, 24 minutes  
Vidéo Umatric Secam et VHS Secam

## S.O.S., je suis ici

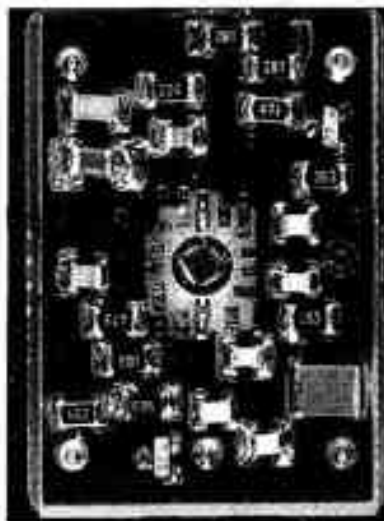
Les balises de détresse, pour pouvoir être repérées par un satellite avec une précision de quelques centaines de mètres, doivent comporter un émetteur dont la stabilité en fréquence est très élevée. L'ANVAR, le CNES, le laboratoire LPMO (Laboratoire de physique et métrologie des oscillateurs) du CNRS se sont associés à Eurowave Sorep pour mettre au point un oscillateur peu coûteux adapté à cette mission.

■ Marc Garin

Le programme international SAR-SAT/COPSA permet actuellement de localiser une balise de détresse avec une précision de quelques centaines de mètres, quels que soient le point du globe et les conditions climatiques (de  $-40^{\circ}\text{C}$  à  $+60^{\circ}\text{C}$ ). La balise est équipée d'un ensemble électronique, qui remplit les fonctions d'émission et de codage du signal, d'une antenne et d'une source d'énergie. Le marché industriel de tels systèmes est important (environ 100 000 par an). Il s'agit donc de mettre au point un matériel de type professionnel adapté à un marché qui présente beaucoup de caractéristiques grand public.

Le cœur du dispositif est un oscillateur à quartz à très grande stabilité (mieux qu'un milliardième) dont le coût doit être très bas (la balise ne doit pas coûter plus de quelques milliers de francs). Le défi a été relevé par quatre partenaires français, l'ANVAR, le CNES, le LPMO et la société française Eurowave Sorep, qui, après trois ans d'efforts, ont réussi la mise au point d'un oscillateur remplissant parfaitement sa mission. Il est intéressant de remarquer qu'un tel résultat n'a été possible qu'en reprenant l'étude au stade le plus fondamental et en remontant jusqu'au concept même de l'oscillateur.

L'ANVAR a assuré le financement des études de base, mais aussi de l'aspect industriel du problème posé. Le CNES a été demandeur de cette étude, mais a également participé au développement industriel. Le LPMO a été le créateur du pilote. Eurowave Sorep a industrialisé les procédés de fabrication



(montage et test) en série afin d'obtenir un prix industriel pour un produit qui reste, sur le plan purement technique, ultra-performant.

La consommation française actuelle de pilotes SARSAT est détenue à près de 95 % par Eurowave Sorep (2500 pilotes sur 87/89), mais la part Export du marché est aussi significative, notamment en phase d'homologation chez des industriels canadiens, norvégiens et américains.

■ Marc Garin, responsable de division à Sorep-Eurowave, BP 5, ZI de Bellevue, 35520 Châteaubourg.

Oscillateur thermostaté  
5,075 MHz, stabilité de l'ordre  
de  $10^{-9}$  du signal émis.

## Pour surveiller la pollution des eaux

Le Laboratoire d'hydrologie mathématique de Montpellier a besoin, pour construire des modèles, de prendre en considération un grand nombre de mesures. L'idéal serait de disposer, sur le terrain, d'un réseau de télémesure les fournissant régulièrement. La surveillance de la pollution des eaux par les organismes officiels rencontre le même problème, mais pour d'autres raisons. Pourquoi ne pas s'associer ? Résultat, la mise au point de CAD TX20 avec l'aide de Redon-Industrie et grâce au soutien financier des services techniques du Conseil général, de la région et de l'Agence de Bassin Rhône-Méditerranée-Corse.

■ Christian Joseph et Jean Coulet

L'évolution de la recherche en pollution de l'environnement demande de plus en plus de mesures en temps réel, et nécessite une présence croissante sur le terrain. Au Laboratoire d'hydrologie mathématique (LHM), comme dans beaucoup de laboratoires de recherche, le personnel technique est réduit, et au fil des années, pour des motifs incluant également les coûts de déplacement, la présence terrain devient minimale.

La capacité à réaliser des mesures dans des cadres expérimentaux se réduisant, il est à craindre que, dans l'avenir, la modélisation des phénomènes se fasse avec de moins en moins de mesures. La modélisation sera peut-être plus fa-

cile, mais il faut alors se poser sérieusement la question de sa validité.

C'est pour éviter cette voie périlleuse pour la science que le LHM a décidé de s'équiper d'un outil de télémesure, type Centrale d'acquisition déportée à faible consommation. Les matériels existant sur le marché n'étant pas adaptés aux besoins d'un laboratoire de recherche (coût élevé, grande difficulté de raccordement et d'adaptation capteur-automate de terrain, problèmes de câblage, protection antifoudre...), le LHM s'est donc associé, dans le cadre du CRITT\* Verseau, avec un industriel local, Redon-Industrie, pour mettre au point un matériel tenant compte à la fois des possibilités du marché, de la nécessité d'uti-





Cette vision idyllique suggérant une romantique promenade est le résultat d'une pollution à l'aval d'une ville, ce qui provoque un développement de la végétation dans la rivière.

lisation scientifique de terrain et de son savoir-faire industriel.

La réalisation d'un système de télémesure, interrogeable par Minitel, capable de gérer des capteurs, d'appeler en cas d'alarme ou d'intervention nécessaire, de transférer les données sur ordinateur en laboratoire, était au-dessus des ambitions financières du laboratoire, mais présentait un grand intérêt pour d'autres intervenants du cycle de l'eau confrontés aux mêmes problèmes et butant sur la maîtrise technologique et le coût prohibitif actuel de la totalité

d'une chaîne complète de télémesure.

Après la mise au point par l'industriel et le laboratoire d'un premier prototype fonctionnel, des partenaires locaux (Services techniques du Conseil général assurant le suivi des stations d'épuration, la région par les contrats Plan Etat-Région) ainsi que l'Agence de Bassin Rhône-Méditerranée-Corse pour ses missions d'observation du milieu naturel, ont accepté de s'impliquer financièrement dans le projet. La prise en compte de leurs besoins spécifiques a abouti à une généralisation fonctionnelle du



Pour estimer l'impact d'une pollution, il faut la mesurer. Cette balise de mesure reliée à un automate de terrain envoie ses observations directement sur le réseau Minitel. L'information est disponible tout de suite pour plusieurs utilisateurs.

système conçu initialement d'après le cahier des charges du laboratoire, et à la fabrication du CAD TX 20.

Dans le cadre de cette collaboration, les acquis pour le laboratoire ont été importants :

- la mise à disposition d'un outil de mesures à distance quasi immédiates, de coût et de maintenance réduits,
- un savoir-faire d'ensemblier en matière de télémesure,
- une symbiose plus importante avec les partenaires régionaux, car il est de plus en plus évident que la recherche sur l'environnement passe par la coopération financière et scientifique avec l'ensemble des intervenants du cycle de l'eau.

A travers ce travail, l'industriel a également pu, par sa collaboration avec le laboratoire et les autres partenaires régionaux :

- acquérir une maîtrise technologique des problèmes de mesure et de télémesure,
- appréhender la compréhension de la problématique de la mesure et offrir un service mieux adapté à la demande du marché,
- grâce à l'insertion du projet dans un contexte régional de surveillance de pollution des eaux, disposer dès le début d'un marché minimal nécessaire au lancement de toute opération industrielle.

*\*Centre régional d'innovation et de transfert technologique.*

Christian Joseph, ingénieur de recherche au CNRS, Laboratoire d'hydrologie et modélisation (UA 1094 CNRS), case postale 56, Université des sciences et techniques du Languedoc, place Eugène-Bataillon, 34060 Montpellier Cedex.

Jean Coulet, directeur général de Rodoc-Industrie, directeur de conception, Division électronique, informatique, automatisme, 60, avenue de Maurin, 34000 Montpellier.

## Micro-ondes : pas seulement dans la cuisine

Les micro-ondes ne servent pas qu'à réchauffer les aliments. D'une part, elles sont émises naturellement par la matière : il est ainsi possible de mesurer la température du corps qui les émet ; d'autre part, disposant d'un générateur micro-onde, on peut provoquer une élévation locale de température, par exemple pour détruire une tumeur.

■ Yves Leroy et Maurice Chive

Tous les corps émettent des micro-ondes. Plus ils sont chauds, plus l'émission est intense. En mesurant cette émission, et en en faisant une image, il est possible de « voir » à l'intérieur d'un corps complexe dont toutes les parties ne sont pas à la même température. C'est là le principe de l'imagerie thermique micro-onde (ITMO).

Des études menées actuellement conjointement par le Centre hyperfréquence et semi-conducteurs (CHS) de l'Université de Lille I et le Centre de lutte contre le cancer de Lille visent à apprécier l'intérêt de cette méthode pour la détection précoce du cancer du sein. L'évaluation du procédé se poursuit actuellement en milieu clinique tandis que le laboratoire travaille à son perfectionnement et à l'interprétation des signaux en terme de thermométrie de volume.

Cette activité fait suite aux travaux lancés au début des années 80 en collaboration avec le Centre de technologie biomédicale (CTB) de l'INSERM de Lille et la société ODAM avec laquelle ont été développés des systèmes de thermométrie par micro-onde utilisés pour des applications diagnostiques.

La concentration d'énergie micro-onde pour la destruction interne des tumeurs selon la méthode HYLCAR (Hyperthermie ou traitement des tumeurs par la chaleur et contrôle thermométrique par radiométrie) a été lancée à la même époque. Les systèmes ont été progressivement modifiés et optimisés par le développement de sondes plaquées, de multi-applicateurs et par l'informatisation du système. Une évaluation nationale par le ministère de l'Industrie et de la recherche et l'INSERM a été réalisée de 1984 à 1988. Plusieurs appareils ont été vendus (notamment au Japon) dont certains pour une valeur voisine du million de francs.

Parallèlement étaient exploitées les possibilités de la radiométrie micro-onde en tant que procédé original et performant de thermométrie industrielle. A l'issue d'une collaboration avec l'Institut textile de France (section

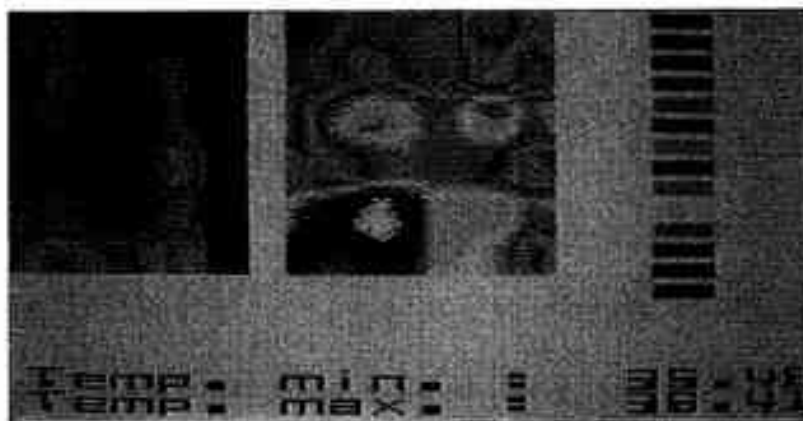
Lyon et section Nord), était défini un capteur destiné aux matériaux en nappes, capable d'optimiser les opérations de chocs thermiques (ou ennoblisement) auxquels sont soumis les tissus dans l'industrie textile. Ce dispositif, qui a obtenu le grand Prix Applica 1988, atteint actuellement une phase pré-industrielle (ANVAR, Institut textile de France, Industriels).

Des demandes d'applications nouvelles apparaissent aujourd'hui. Citons certains problèmes très particuliers dans le domaine biomédical (Université Claude Bernard, Lyon), dans le domaine industriel (Ponts et chaussées), en télédétection spatiale (CNES-INRA), ainsi que des applications militaires.

L'ensemble de ces travaux a donné lieu, outre plusieurs dizaines de publications et thèses, au dépôt de sept brevets dont la plupart sont étendus à l'étranger.

■ Yves Leroy, professeur à l'Université des sciences et techniques de Lille-Flandres-Artois, responsable du groupe « Nouvelles applications des micro-ondes », Centre hyperfréquences et semi-conducteurs (UA 287 CNRS).

■ Maurice Chive, professeur à l'Université des sciences et techniques de Lille-Flandres-Artois, Centre hyperfréquences et semi-conducteurs (UA 287 CNRS), UFR d'IEEA, bât. P4, 59655 Villeneuve d'Ascq Cedex.



Exemple d'images radiométriques qui ont permis de définir une nouvelle méthode de détection précoce du cancer du sein.

## Médicaments, métallo-enzymes et fonction oxydante du foie

Les enzymes responsables de la fonction oxydante du foie peuvent dégrader les médicaments et donner des sous-produits indésirables. Mais elles peuvent aussi être bloquées involontairement par des substances actives. Cette réaction peut parfois être utilisée positivement quand on cherche à protéger un individu contre une agression oxydante.

■ Daniel Mansuy

La plupart des médicaments sont dégradés dans l'organisme. Ils sont oxydés par des enzymes du foie, ce qui, le plus souvent, facilite leur

élimination, mais de temps en temps conduit à des métabolites instables responsables d'effets secondaires indésirables. Pour comprendre et prévoir ces phénomènes, nous avons développé récemment des systèmes d'oxydation bio-



mimétiques capables de réaliser par voie chimique la plupart des oxydations métaboliques subies par les médicaments, en particulier au niveau hépatique. Ces systèmes à base de porphyrines de fer (ou de manganèse) ont des réactivités très proches de celles des cytochromes P-450, enzymes ubiquitaires chez les êtres vivants qui jouent un rôle clé dans la biotransformation des composés exogènes. L'application de ces systèmes biomimétiques à l'étude de l'oxydation métabolique de médicaments est en cours avec plusieurs laboratoires, en particulier Pfizer, Rhône-Poulenc et Roussel-Uclaf. Leur utilisation devrait apporter beaucoup pour la prévision des voies d'oxydation métabolique d'un médicament ou d'une autre substance exogène, ainsi que pour la préparation de ces métabolites oxydés en quantités suffisantes pour leur évaluation biologique le plus tôt possible dans le processus de mise au point d'une nouvelle substance active.

Les effets secondaires d'un médicament trouvent parfois leur origine dans une réaction anormale de l'individu auquel il est administré. Ainsi, lors d'une étude réalisée à la demande des laboratoires Anphar-Rolland, nous nous sommes intéressés à l'origine des anticorps apparaissant chez certains individus souffrant d'hépatites médicamenteuses de type immuno-allergique. En collaboration avec l'Unité 75 INSERM (Biochimie pharmacologique et métabolique) du CHU Necker, nous avons montré que les anticorps apparaissant chez des patients atteints d'hépatites et ayant pris de l'acide tienilique, reconnaissent spécifiquement une protéine du foie humain, le cytochrome P-450-8. Ce cytochrome catalyse la réaction majeure d'oxydation métabolique de l'acide tienilique chez l'homme. Ces travaux ont ainsi conduit à la première mise en évidence de l'existence d'anticorps anti-cytochrome P-450 circulant chez l'homme, et ont apporté des informations précieuses pour une meilleure compréhension des phénomènes toxiques de type auto-immun déclenchés par certains médicaments ou composés exogènes. Les mécanismes mis en évidence pourraient aider d'une manière générale à notre compréhension des phénomènes pathologiques de type auto-immun.

■ Daniel Manavy, directeur de recherche au CNRS, directeur du Laboratoire de chimie et de biochimie (UA 400 CNRS), Université René Descartes, 45, rue des Saint-Pères, 75270 Paris Cedex 06.

## Des bactéries pour fabriquer l'aluminium

Pour extraire les matériaux organiques des minerais d'aluminium, Pechiney et le Centre de pédologie du CNRS ont fait travailler des bactéries. Les micro-organismes les consomment, et divers inconvénients du procédé Bayer, comme l'apparition de mousses et des difficultés de cristallisation, sont réduits.

■ Jacques Mordini,  
Philippe Clerin et Jacques Berthelin

**L**es bauxites, minerai principal pour la production d'alumine et d'aluminium, contiennent de 0,1 à 0,3% de matières organiques. Une partie de ces matières organiques est hydrolysée et passe en solution lors de l'attaque de la bauxite par la soude, telle qu'elle est pratiquée dans le procédé Bayer de fabrication de l'alumine.

Malgré de faibles teneurs, la présence de ces composés organiques entraîne divers inconvénients dans la mise en œuvre du procédé, tels que l'apparition de mousses, l'augmentation de la viscosité des liqueurs, le ralentissement des vitesses d'extraction et de purification, ainsi que des difficultés de cristallisation.

De nombreux procédés chimiques ou physiques d'épuration des liqueurs sont déjà connus et exploités. Mais de nouvelles études ont envisagé un prétraitement du minerai qui permettrait une moindre solubilisation des matières organiques. Parmi les hypothèses plausibles, la biodégradation microbienne des matières organiques a été retenue. C'est pour cette étude qu'un accord de collaboration scientifique a été établi entre Aluminium-Pechiney (Centre de recherche et développement de Gardanne) et le CNRS (Centre de pédologie biologique de Vandœuvre-les-Nancy).

Suite à une étude préliminaire, deux bauxites, l'une africaine et l'autre australienne, ont été choisies. La première partie du travail fut consacrée à la caractérisation des matières organiques des bauxites et à celle des microflores autochtones. Dans la seconde partie, des



Incubation en flacon fermé pour l'étude de la biodégradation de matières organiques contenues dans les bauxites.

► dispositifs expérimentaux en cuve et en perfusion semi-continue furent mis en place pour étudier la biodégradation microbienne des matières organiques, en contrôlant quelques facteurs du milieu (aération, apports d'éléments nutritifs, lumière). Ces travaux se faisaient à Nancy avec l'aide d'un chercheur sous contrat, alors que des tests d'attaque et d'extraction étaient conduits à Gardanne.

La caractérisation des familles de matières organiques par des méthodes analytiques mises au point pour les sols a révélé, dans les deux bauxites, une faible quantité de matière organique (de type résidus végétaux), une prédominance des acides fulviques sur les acides humiques, et une très forte quantité d'humine (50 à 80 %).

Les rapports carbone/azote, qui constituent des indices caractéristiques de l'origine, des propriétés et de la biodégradabilité des matières organiques des sols et des humus, présentent des valeurs très différentes pour les deux qualités de bauxite : 16 à 19 pour la bauxite guinéenne, 76 à 85 pour la bauxite australienne, soit, pour cette dernière, un plus fort degré de polycondensation et une plus faible aptitude à la biodégradation.

Dans de bonnes conditions de température, humidité, aération, des quantités très significatives de matières organiques ont pu être décomposées sous l'action d'une microflore hétérotrophe, relativement plus abondante dans la bauxite guinéenne que dans la bauxite australienne.

Lors de certaines incubations, on a pu observer, par développement de micro-organismes photolithotrophes, un enrichissement en carbone du minéral, ce qui est, a priori, néfaste. Mais même dans ce cas, le taux d'extraction du carbone organique de l'attaque alcaline a été plus faible et devrait conduire à une amélioration des performances du procédé Bayer.

La mise en œuvre de ce procédé à l'échelle industrielle n'est cependant pas envisagée actuellement.

■ Jacques Mordini, ingénieur chimiste à Aluminium Pechiney, adjoint au directeur de la recherche et du développement au Département technologie alumine.

■ Philippe Cletin, ingénieur de recherche à Aluminium Pechiney, Centre de recherche et développement, service recherche, BP 54, 13541 Gardanne Cedex.

■ Jacques Berthelin, directeur de recherche au CNRS, responsable de l'équipe géomicrobiologie du Centre de pédologie biologique (UP 6831 CNRS), BP 5, 17, rue Notre-Dame des Pauvres, 54501 Vandœuvre-lès-Nancy Cedex.

## Peptides à la chaîne

Un laboratoire met au point, pour ses propres besoins de recherche, un appareil de synthèse des peptides. Il prend un brevet et se trouve soudain lancé dans l'aventure de l'industrialisation. Un monde nouveau s'ouvre à lui, dont les règles ne sont pas celles auxquelles il est habitué. Résultat final : une société leader européen dans la spécialité.

■ Jean Neimark

En décembre 1984 débute l'aventure qui donna naissance à la société de haute technologie spécialisée dans la production de peptides, "Neosystem Laboratoire".

A son retour des Etats-Unis, en 1980, et pour les besoins du Laboratoire d'immunochimie de l'IBMC (Institut de biologie moléculaire et cellulaire), J.-P. Briand introduit la technique de synthèse de peptides à Strasbourg. Initialement, les peptides étaient fabriqués sur un appareil manuel, et les opérations longues et fastidieuses ne permettaient pas d'obtenir un nombre suffisant de peptides dans des délais raisonnables. Ceci nous amena, J.-P. Briand et moi-même, à concevoir et à réaliser le prototype d'un multisynthétiseur de peptides semi-automatique capable de synthétiser, en routine, simultanément quatre peptides différents. Le CNRS déposa en 1985 une demande de brevet qui fut ensuite étendue en Europe, aux Etats-Unis, au Canada et au Japon. Un an après, nous disposions d'une technologie efficace et unique au monde, capable de fabriquer un produit dont le marché est fortement demandeur : le peptide. Il fut alors décidé de créer une société d'exploitation.

Une entreprise de technologie repose au départ sur le savoir-faire et la connaissance des scientifiques qui vont s'associer avec des entrepreneurs capables de transférer ce savoir et de bien gérer le capital disponible. C'est avant tout un long contrat de confiance entre les hommes qui la composent. Mais les meilleures volontés à elles seules ne suffisent pas. Il faut pouvoir atteindre la masse critique financière sans laquelle une telle entreprise ne peut être mise raisonnablement sur orbite.

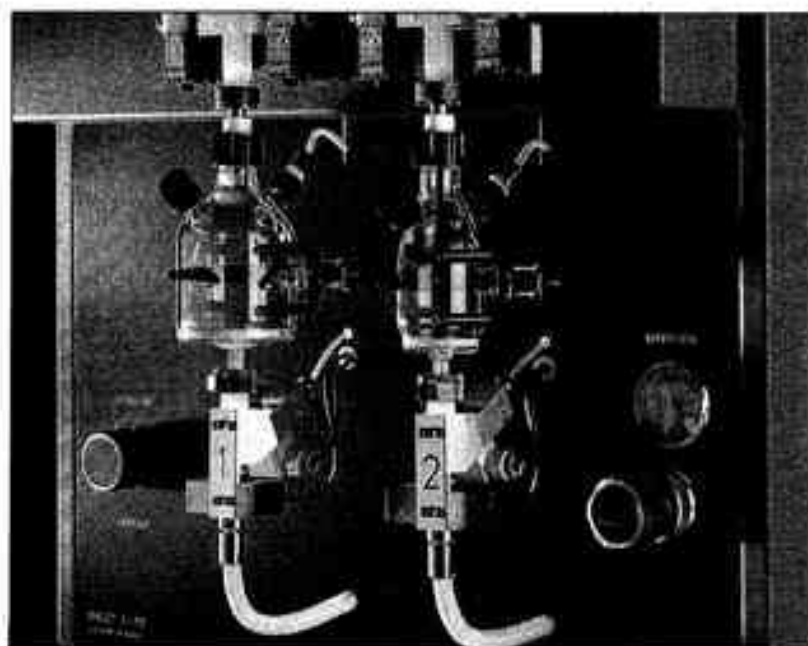
C'est alors que débutent le parcours du combattant et l'apprentissage des réalités du monde économique, plein d'écueils mais combien palpitants et passionnants : la sanction du marché est une réalité inhabituelle pour les chercheurs enthousiasmés par leurs découvertes. Les organismes financiers ne

## Les peptides et leurs applications

Un peptide est un composé naturel ou synthétique formé par l'enchaînement d'un nombre restreint (de 5 à 40 environ) d'acides aminés dont il existe 20 espèces différentes. En 1984, l'Américain R.B. Merrifield obtint le Prix Nobel de chimie pour ses travaux sur la synthèse de peptide en phase solide. Grâce au développement du génie génétique, les peptides jouent un rôle important en immunologie, en biologie moléculaire et en médecine. Ils sont utilisés comme réactifs biologiques dans divers domaines de la recherche fondamentale et ont de nombreuses applications thérapeutiques (diagnostique, sérum, vaccins, médicaments spécifiques...). Par exemple, des milliers de peptides de synthèse ont été produits à travers le monde pour étudier le processus d'action du virus du Sida, mettre au point des méthodes de diagnostic rapide et évaluer le potentiel de vaccins synthétiques.

jouent pas toujours pleinement leur rôle et, si le discours est encourageant, la réalité est souvent tout autre. Une PME est faite avant tout pour générer des profits, puis des emplois.

Les progrès de la chimie des peptides et le développement technologique des machines prédisposent Neosystem à devenir, dans les deux prochaines années, un des leaders européens en synthèse de peptides. Mais de tels progrès technologiques ne peuvent se réaliser sans l'apport de moyens logistiques puissants que n'avait pas Neosystem à ses débuts. C'est au sein de la Société Bruker à Wissembourg que j'ai fait évoluer le multisynthétiseur de son état de prototype en une machine de facture industrielle. Dans cette entreprise parfaitement structurée, j'ai vécu une autre



Biosynthétiseur NPS 2000 de Neosystem pour la synthèse simultanée de 2 à 6 peptides différents.

expérience. En effet, l'instrumentation scientifique requiert des compétences multiples et exige le dialogue et la collaboration étroite avec tous les intervenants: le scientifique apporte à l'entreprise ses méthodes rigoureuses d'analyse. L'entreprise, elle, forme le scientifique à ses méthodes qui permettent de réaliser, au coût le plus faible, le produit qui correspond aux réels besoins du marché.

*Neosystem a été créé par M.H.V. Van Regenmortel, S. Muller, J.-P. Briand, J. Neimark, du CNRS Strasbourg, et J. Von Richter, du CNRS Marseille.*

**Jean Neimark**, ingénieur de recherche au CNRS, Laboratoire d'immunochimie (UPR 6201 CNRS), IBMC, 15, rue René-Descartes, 67084 Strasbourg Cedex.

## Le glucose suivi à la trace

Pour doser le glucose en continu, le Laboratoire de technologie enzymatique de l'Université de technologie de Compiègne a mis au point, pour la société SERES, un capteur qui utilise des oxydases spécifiques. Après cinq ans de travail intensif, l'appareil est prêt, mais, délicat d'emploi, il n'est utilisable que par les laboratoires et non les usines de production.

**Florence Petillot**

**L**a société SERES, une PMI d'une centaine de personnes, a réalisé, sur la base des travaux de recherche de l'Université de technologie de Compiègne (UTC), un appareil de mesure en continu du glucose et de la lysine, l'Enzymat.

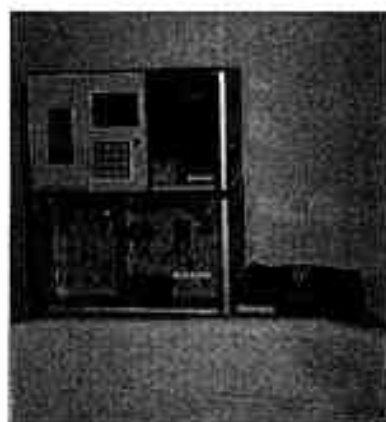
Son principe repose sur la mesure de la consommation d'oxygène, due à une réaction enzymatique, par une électrode à pression d'oxygène. La réaction enzymatique s'effectue en présence du substrat (produit à doser) et d'enzymes, les oxydases, qui permettent l'oxydation du produit. Les oxydases spécifiques du substrat sont immobilisées dans un support de gélatine polymérisée au glutaraldéhyde et appliquée sur la membrane sélective aux gaz de l'électrode à oxygène.

L'intérêt d'un tel analyseur est multiple: sa spécificité est totale, le temps de réponse est court et il permet de faire des mesures en série, trois qualités recherchées pour un capteur.

Toutefois, actuellement, certains facteurs limitent encore son emploi: la stabilité du capteur dépend des conditions opératoires, la sensibilité du capteur ne permet pas de travailler dans de larges plages et l'appareil demande une certaine connaissance technique de la part de l'utilisateur lui-même.

En conséquence, cet appareil a vu son développement limité à une utilisation de laboratoire, alors que l'objectif de départ était un appareil industriel impliqué directement dans la production.

Il n'en reste pas moins une belle réussite. Seule une firme japonaise commercialise un appareil de dosage du glucose en continu. Les capteurs biologiques ou



L'Enzymat: appareil de mesure en continu du glucose et de la lysine. (© Ciné photo Provence)

biocapteurs représentent aujourd'hui un enjeu industriel important. Leurs potentialités d'applications sont énormes et concernent des domaines très vastes.

Or, si les travaux sur ce sujet sont nombreux dans le monde, ils sont le plus souvent restés au stade des expériences de laboratoires de recherche et très peu de dispositifs sont commercialisés.

**Florence Petillot**, ingénieur chez SERES, responsable du développement et du marketing, Z.I. d'Aix-en-Provence, rue Albert-Einstein, BP 87, 13762 Les Milles Cedex.



## Parler, écouter, comprendre

Les applications potentielles de la synthèse et de la reconnaissance de la parole sont fondamentales. Leur mise en place implique des recherches de base que seuls des laboratoires publics peuvent mener à bien. Une collaboration CNRS-Industrie est donc, dans ce domaine, inévitable.

■ Mario Rossi

L'élaboration d'un système d'émission artificielle de la parole passe par la connaissance du mécanisme naturel de cette émission. Les études sur l'articulation, depuis l'organisation des commandes motrices jusqu'aux formes du conduit vocal, visent à mettre en relation la source articulatoire et le résultat auditif. Les moyens d'investigation sont divers. L'électromyographie (étude électrique de la contraction musculaire), l'électropalatographie (qui permet de relever en temps réel les contacts de la langue sur le palais), la polyphonométrie, l'endoscopie, la radiographie, sont couramment utilisées. La simulation sur ordinateur fournit, finalement, des critères explicites de validation des hypothèses émises.

Plusieurs recherches conjointes entre notre laboratoire, des organismes publics et des industriels sont en cours sur ce sujet. Citons un contrat avec l'INSERM sur l'aide au diagnostic dans la pathologie du langage, avec le CERFIA (Toulouse) sur la corrélation entre éléments articulatoires (lèvres, voile du palais, etc.) et les discontinuités acoustiques et notre participation au projet européen ACCOR avec les laboratoires de phonétique de Dublin, Munich, Padoue, Reading associés à l'industriel Siemens.

Le deuxième pôle de la communication, le décodage, qui conduit à la reconnaissance automatique de la parole, réunit les recherches en acoustique, phonétique, prosodie et perception. La compréhension automatique comprend deux volets : la reconnaissance automatique des unités symboliques du langage à partir des phénomènes physiques et la compréhension qui fait appel à la syntaxe, au lexique et à la sémantique liés aux contraintes de la situation.

En 1983, R. Reddy, responsable du système Harpy à Carnegie Mellon, fait remarquer que le décodage acoustico-phonétique dans les systèmes existants fournit une information qui ne dépasse guère 50 %, alors que l'auditeur humain est capable de reconnaître la parole, dans les conditions d'écoute de la machine, sans retour sémantique, avec un score qui dépasse largement 85 %. Le

deuxième projet ARPA, lancé en 1983, avec un budget très important, s'est fixé comme objectif de développer le processus de reconnaissance par le décodage acoustico-phonétique pour atteindre le score de l'humain.

À la même époque, en France, une orientation analogue a été prise. Le GRECO Communication parlée\* lançait un appel d'offres sur le décodage acoustico-phonétique.

Les études les plus récentes portent sur la prosodie (accent, interaction, organisation temporelle, rythme) qui apporte des informations significatives sur la limite des unités lexicales et des constituants syntaxiques, l'organisation sémantique et la hiérarchie des constituants syntaxiques, et qui permet d'améliorer de façon significative la qualité de la parole de synthèse.

Des organismes publics comme le CNET, et de nombreux industriels (CGE [Marcoussis], Crouzet Industrie, IBM, OROS, Texas Instruments, Thomson) qui consacrent une part de leur activité aux technologies vocales, sont directement intéressés par le développement des recherches sur la prosodie et le décodage acoustico-phonétique. Ils maintiennent des contacts étroits avec les laboratoires impliqués dans ces études, grâce à des contrats, des échanges de chercheurs et divers autres types de collaborations.

Les études sur la perception sont susceptibles d'applications médicales, para-médicales et industrielles. Les tests de diagnostic par paires minimales sont mis en œuvre ou adaptés pour le diagnostic des surdités (laboratoires d'audioprothèse : Fontanex à Cannes, Beraha à Toulon), pour l'évaluation des implants cochléaires, pour la mesure de l'intelligibilité de la parole codée (Thomson, Marine nationale) ou du confort auditif dans les transports en commun (INRETS, Lyon). Une application nouvelle qui devrait impliquer, outre notre laboratoire, l'Institut national de la plongée professionnelle (INPP) et la société Bertin, concerne la mesure de l'intelligibilité de la parole en plongée profonde, la découverte des modifications apportées par la situation hyperbare et les solutions à apporter pour une amélioration de la communication dans ces conditions : ces recher-

ches intéressent en particulier les compagnies pétrolières.



Vue synchronisée des mouvements du voile du palais (endoscopie), des lèvres (la biotrim) et du signal acoustique. Les événements articulatoires sont corrélés avec les discontinuités acoustiques. (Conception O. Autesserre, URA 261, Aix-en-Provence).

\*Ce GRECO regroupe les principaux laboratoires spécialisés dans le traitement de la parole : le CERFIA (Laboratoire de cybernétique des entreprises, Reconnaissance des formes, Intelligence artificielle) de Toulouse, le CRIN (Centre de recherche en informatique) de Nancy, l'ENST (École normale supérieure des télécommunications) de Paris, l'ICP (Institut de la communication parlée) de Grenoble, l'IPHA (Institut de phonétique d'Aix-en-Provence), le LIMSI (Laboratoire d'informatique pour la mécanique et les sciences de l'ingénieur) d'Orsay et le CNET.

■ Mario Rossi, directeur du Laboratoire « Parole et langage » du CNRS (URA 261 CNRS), Université de Provence, Centre des lettres et sciences humaines, 29, avenue Robert Schuman, 13621 Aix-en-Provence Cedex 1.

# Encore plus intelligent

Une nouvelle version du programme d'intelligence artificielle, PROLOG III, fonctionne actuellement sur station SUN. Elle résulte d'un remaniement complet de PROLOG II écrit au début des années 80.

■ Henri Melani

L'intelligence artificielle et son utilisation dans des domaines d'intérêt général comme la compréhension des langues, les systèmes experts et les banques de données sont nées au début des années 60. A cette époque, le langage de programmation LISP s'est imposé. Dix ans plus tard, A. Colmerauer a mis au point un nouveau langage de programmation, PROLOG, permettant notamment la démonstration automatique de théorèmes. Un programme y est constitué d'un ensemble de relations, et son exécution revient à démontrer une nouvelle relation à partir de celles qui constituent le programme. Le formalisme obtenu est naturel, élégant et puissant.

Les langages de programmation classiques, en effet, sont procéduraux, c'est-à-dire que le programmeur doit préciser explicitement les tâches que la machine sera amenée à accomplir, l'une après l'autre, pour aboutir à la solution du problème posé. Au contraire, dans une logique « déclarative » comme celle de Prolog, on se contente de décrire le problème posé, en termes d'affirmations et de règles. Dans la mesure où cette description est assez précise, la machine pourra résoudre le problème sans autre intervention. L'utilisateur peut donc consacrer tous ses efforts à expliciter son problème, les tâches subalternes étant prises en compte par la machine, en l'occurrence par l'interprète de Prolog.

Au départ, Prolog était essentiellement un démonstrateur de théorèmes, reposant sur le principe de résolution de A. Robinson, avec des restrictions draconiennes. R. Kowalski et Van Emden ont fourni un premier modèle théorique de ce que Prolog est capable de faire dans cette version.

Le premier interprète a été écrit dans notre laboratoire et a eu une forte influence sur ses successeurs. Écrit en FORTRAN, il a été installé sur la plupart des matériels existants et s'est répandu en peu partout (France, Angleterre, Portugal, Espagne, Etats-Unis, Canada, Pologne, Hongrie...).

Très vite, les programmes sont devenus importants et complexes. Les limites des machines disponibles ont été rapidement atteintes: place en mé-

moire, facilité d'utilisation, modularité. Nous avons donc entrepris en 1980 de réaliser une nouvelle version avec notamment des objectifs de portabilité, d'interactivité, de modularité, d'extensibilité et de fiabilité. Cette deuxième version a aussi introduit quelques concepts nouveaux.

Le langage de programmation Prolog a été initialement conçu pour le traitement des langues naturelles. Son utilisation progressive pour résoudre des problèmes dans des domaines de plus en plus variés a mis en valeur ses qualités, mais a aussi fait apparaître ses limites. Une partie de ces contraintes a pu être contournée. Il reste que le noyau même de Prolog, l'algorithme d'unification de Alan Robinson, est resté identique depuis quinze ans, et que ce noyau appa-

rait de plus en plus noyé dans un ensemble toujours croissant de procédures externes. Ces procédures externes sont malheureusement d'un emploi difficile. Pour les appeler, il faut être sûr que certains paramètres soient parfaitement connus, et ceci se heurte à la philosophie générale « prologienne » qui est de pouvoir parler n'importe où et n'importe quand d'un objet inconnu.

Aussi nous sommes-nous proposé de remanier profondément Prolog afin d'y intégrer un grand nombre de procédures extérieures. Ainsi que nous l'avons fait pour décrire Prolog II, ce remaniement passe par le remplacement du concept d'unification par celui de résolution de contraintes. Prolog III existe déjà. Un prototype de son interprète fonctionne sur une station SUN et a permis de tester les exemples proposés. Ils s'exécutent tous dans des temps de l'ordre de quelques dixièmes de secondes.

■ Henri Melani, Groupe intelligence artificielle (URA 816 CNRS), 70, route Léon Lachamp, case 901, faculté des sciences de Luminy, 13288 Marseille Cedex 9.

## Inventer aujourd'hui la pédagogie de demain

Le professeur qui fait un exposé devant des élèves existera toujours. Mais les techniques modernes permettent aujourd'hui bien d'autres méthodes d'enseignement. L'IRPEACS (Institut de recherche en pédagogie de l'économie et en audiovisuel pour la communication dans les sciences sociales) collabore avec de nombreux organismes, en général publics, à la mise au point de programmes pédagogiques adaptés aux nouveaux matériels et aux nouvelles disciplines. Ces travaux s'appuient sur des recherches amont concernant l'appropriation des connaissances et le rôle du concepteur dans la communication.

■ Jean-Marie Albertini

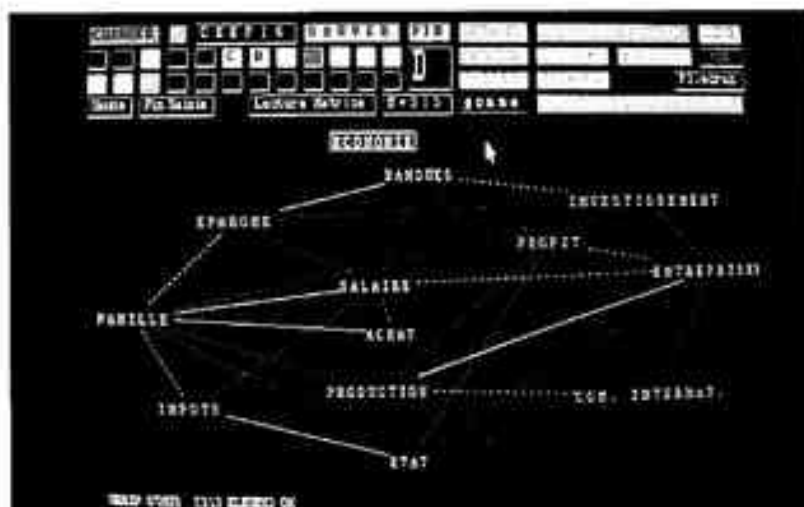
L'IRPEACS est implanté dans le CIRE (Centre international de recherche d'Ecullly), créé à l'initiative du CNRS, de la Caisse des dépôts et des consignations (CDC) et de la Chambre de commerce et d'industrie de Lyon (CCIL). Notre institut, né en 1975, a déjà participé à de nombreuses opérations. Citons parmi elles la création du groupement scientifique « Pédagogie de l'information économique ». Il participe à plusieurs programmes euro-

péens: DELTA, COMMETT et EUROTENET.

Ces contacts permanents avec des personnes confrontées aux réalités concrètes de la pédagogie nous ont permis de mieux comprendre les recherches qui devraient être développées et d'apprécier à sa juste valeur la nécessité de l'interdisciplinarité. Ils ont orienté nos efforts d'abord vers le domaine économique et informatique, et ensuite vers celui du génie des procédés éducatifs.

Notre activité s'est notamment traduite par la publication d'ouvrages de





**MARS** : Méthode d'Analyse des Représentations Sociales, est un logiciel permettant de traiter directement des enquêtes sur les représentations sociales.

► vulgarisation aux tirages importants, la participation à des actions de formation permanente et à des DEA de didactique des disciplines, ou encore par l'organisation de sessions expérimentales de formation. Nous avons participé à la mise au point de simulateurs à vocation pédagogique (Prélude, puis Prélude Plus avec l'EDF), de didacticiels multimédia (par exemple avec Peugeot), d'ateliers de logiciels (ORGUE), pour faciliter la création de programmes multimédia. Avec ORGUE, l'auteur peut programmer textuellement ou graphiquement l'interactivité et les enchaînements du didacticiel. Plusieurs entreprises ont déjà acquis des droits sur ce produit.

**Jean-Marie Albertini**, directeur de recherche au CNRS, directeur de l'IRPEACS (UPR A5411 CNRS), 93, chemin des Mouilles, BP 167, 69131 Ecully Cedex.

## Tout, vous saurez tout sur l'énergie

Quelle est la consommation d'essence du Brésil ou la production d'électricité des centrales nucléaires françaises ? Il n'est plus nécessaire de faire une longue enquête pour le savoir. Votre micro-ordinateur, branché sur l'ordinateur du Centre inter-universitaire de Grenoble, vous donnera instantanément la réponse.

**Patrice Romain**

**L**a banque de données du Groupement d'intérêt public (GIP) Enerdata\* a pour objectif l'élaboration, l'expertise et la diffusion des bilans énergétiques annuels, pour tous les pays du monde. Les utilisateurs (pour l'instant les membres du GIP, sous peu l'accès sera public) consultent la banque Enerdata à l'aide de leur « micro » (avec un carte de type Kortex), et, pour leurs travaux, télétransmettent les données dont ils ont besoin. En cas de nécessité, il est procédé à une étude spécifique à Grenoble, dont les résultats sont transcrits sur disquette envoyée à l'utilisateur. Un seul logiciel, Spidial, gère la totalité de la banque (environ 120 000 séries chronologiques) et son interrogation.

Les données utilisées par Enerdata sont, au départ, des données « brutes » (données énergétiques en unités spécifiques) de source Nations-Unies (New York), OCDE, et de sources nationales. Ces données concernent la produc-

tion, les transformations, la consommation d'énergie. Mais des traitements successifs sont opérés sur ces données « brutes », constituant à chaque fois une valeur ajoutée qui est propre à Enerdata.

Quelle que soit la source, Enerdata permet l'accès aux données brutes dans le strict respect de leurs caractéristiques originelles : compte tenu des traitements ultérieurs opérés sur ces données, l'utilisateur a toujours la possibilité de remonter à la donnée brute à des fins de contrôle. Parallèlement, toutes ces données sont converties en « tonne équivalente pétrole » (Tep), à l'aide d'un jeu de coefficients d'équivalence standardisés au maximum. Mais dès ce niveau, une nomenclature unique (transcodage) permet à l'utilisateur de s'affranchir des spécificités propres à chaque source.

Un bilan énergétique permet de synthétiser toute l'information disponible.

Compte tenu de règles très strictes, l'utilisateur est assuré que tout bilan Enerdata (tous pays, toutes années) est

construit selon la même méthodologie : les comparaisons dans le temps et dans l'espace sont ainsi davantage garanties.

Enerdata examine et analyse les séries à partir desquelles sont construits les bilans. Ainsi est-il possible de porter un jugement sur la qualité de ces données et sur leur cohérence. Les résultats de ce travail sont consignés dans un document, la « fiche-bilan », dont une trentaine ont été réalisées à ce jour. Il s'agit là d'un document synthétique de quatre pages, dont la présentation et l'analyse suivent un protocole très strict. Autrement dit, la grille d'analyse critique des données stockées dans Enerdata n'est pas sujette à variations dans le temps, et tout utilisateur peut disposer de cette grille.

A partir des données nationales, et en relation avec des organismes liés à l'IEPE par des accords de coopération, Enerdata produit également des bilans pour les principaux pays en voie de développement. Ces bilans expertisés complètent, corrigent (et parfois peuvent remplacer) des bilans de sources internationales jugés insuffisants.

\*Créé par arrêté ministériel le 15 mars 1986, le Groupement d'intérêt public Enerdata associe toutes les entreprises énergétiques françaises (EDF, CEA, EDF, ELF, GDF, TOTAL), deux ministères (CGP, MRE), l'AFME (Association française pour la maîtrise de l'énergie), l'Université des sciences sociales de Grenoble, l'Institut national polytechnique de Grenoble et le CNRS.

**Patrice Romain**, directeur de recherche au CNRS, directeur du GIP Enerdata (UPR 19 IEPE-CNRS), Université de Grenoble II, BP 47 X, 38040 Grenoble Cedex.

# DE CONTACTS EN CONTRATS

**L**a manière la plus naturelle de faire collaborer un laboratoire et un industriel n'est-elle pas de les faire se mettre d'accord, dès le début, sur un sujet de recherche qu'ils définiront ensemble, chacun apportant à l'édifice commun ses compétences et ses exigences particulières ? L'initiative de la collaboration vient le plus souvent de l'industriel, mais aussi du laboratoire, à moins qu'elle ne provienne d'un troisième interlocuteur – gouvernemental, régional, voire européen. L'exemple le plus simple est celui de l'industriel qui, désireux d'aborder un nouveau domaine ou confronté à une difficulté qu'il ne sait pas résoudre par manque de

connaissances fondamentales, en apprécie le caractère scientifique et passe un contrat de recherche avec un laboratoire. Lorsque l'ampleur du sujet le justifie, ce sont plusieurs laboratoires qui peuvent mettre en commun leurs compétences et ce, pour s'attaquer pendant plusieurs années à un thème souvent pluridisciplinaire. Il se forme alors un groupement de recherche auquel plusieurs industriels peuvent adhérer. Actuellement, plus de cinquante groupements sont en activité. Ils peuvent être aidés et même, dans certains cas, être suscités par une action ministérielle.

La diversité des solutions correspond à la diversité des situations. L'importance du su-

jet et des moyens mis en œuvre, le domaine d'étude, le nombre des partenaires, la durée prévue de la collaboration conduisent à choisir une modalité ou une autre. Car l'essentiel n'est pas la forme légale de l'association, mais la réussite de l'entreprise commune.

## CONTRATS DE COLLABORATION

1984 : 552 contrats pour un montant de 59 MF

1988 : 1832 contrats pour un montant de 332 MF

## Les ions lourds font des trous

Les ions lourds qu'accélère GANIL (GIE CEA-CNRS) à Caen sont destinés à la physique fondamentale. Mais il est possible de les employer pour percer de minuscules trous, afin d'obtenir des membranes filtrantes ou pour tester la tenue de composants au bombardement par les rayons cosmiques.

■ Claude Bieth

**D**ès 1983, la direction du GANIL a créé un groupe d'étude chargé de mettre en évidence les applications industrielles utilisant les faisceaux d'ions lourds du GANIL (Grand accélérateur national d'ions lourds).

Divers laboratoires étrangers avaient dès cette époque une expérience active

en matière d'utilisation technologique de ces ions : URSS (DUBNA), RFA (GSI), USA (JPL, LBL, etc.).

Les ions lourds accélérés possèdent en effet des caractéristiques intéressantes :

- leur concentration d'énergie est importante et elle est libérée dans la matière de façon très localisée ;
- leur trajectoire est linéaire et les per-

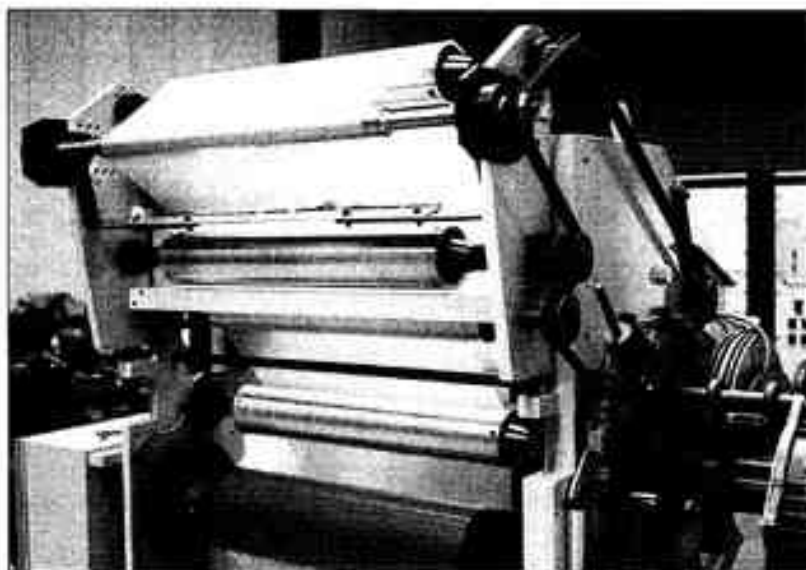
turbations provoquées dans la matière sont prévisibles avec une grande précision ;

– selon leur énergie et leur masse, la profondeur et l'amplitude des perturbations sont ajustables.

On peut classer les applications industrielles utilisant les faisceaux en deux grandes catégories :

- celles qui utilisent les propriétés des traces latentes (zone endommagée le long d'une trajectoire ionique) ;
- celles pour lesquelles on réalise une implantation des ions accélérés dans la matière afin d'en modifier les caractéristiques (dureté, corrosion, friction, adhésion, propriétés électroniques, etc.).

En 1988 et 1989, GANIL a ainsi effectué plus de 150 heures d'irradiation pour le compte des sociétés Micropore et Matra. Plus de 250 heures sont prévues en 1990.



Dérouleur rapide de film plastique placé dans la ligne d'irradiation des applications industrielles du GANIL. (© GANIL)

Dans le cas de Micropore, il s'agissait de produire des membranes microporeuses pour la filtration. Les membranes, au départ étanches, sont irradiées par les ions lourds que fournit l'accélérateur. Les traces latentes sont ensuite « révélées » par une action chimique de façon à obtenir une membrane de filtration percée d'une multitude de petits trous dont les caractéristiques de distribution, de taille et de forme peuvent être très exactement contrôlées.

Les paramètres des traitements chimiques, la qualité finale des membranes

de micro-filtration obtenue, la validité économique sont étroitement liés au type d'ion, à l'énergie du bombardement et au flux de particules.

Matra Espace et GANIL ont décidé de collaborer dans un tout autre domaine : les satellites et leur électronique embarquée subissent les effets de l'environnement cosmique. Les dégradations qui en résultent sont souvent préjudiciables à la mission et même parfois catastrophiques. Les maîtres d'œuvre et équipementiers de l'espace doivent donc prendre en compte ce phénomène

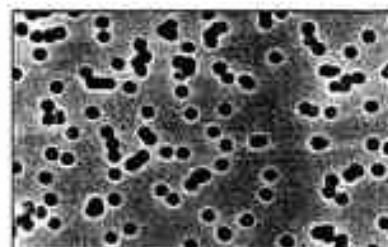


Image réalisée en microscopie électronique d'une membrane microporeuse (diamètre des pores 0,35 micromètre) obtenue par irradiation. (Cliché Biopore-Xamtyl)

dans la conception du satellite et en analyser les effets et les conséquences, en particulier sur les composants électroniques.

Pour analyser le comportement des composants à l'irradiation par les ions lourds, nous avons réalisé des essais qui ont validé l'outil en comparant les résultats qu'il fournit à ceux obtenus par d'autres méthodes.

Cette collaboration se poursuit dans un cadre industriel où, grâce à l'infrastructure installée par Matra Espace sur le site du GANIL, il sera possible d'irradier simultanément plusieurs composants et d'en effectuer, suivant le cas, l'évaluation, la caractérisation ou le contrôle.

■ Claude Bieth, ingénieur au CNRS, chef du Service des applications industrielles des faisceaux, GANIL, BP 5027, 14021 Caen Cedex.

## Le dépôt assisté par implantateur

En combinant dépôt en phase vapeur et implantation ionique, le Laboratoire de métallurgie de Poitiers a mis au point un nouveau type de traitement de surface qui permet de réaliser à froid des dépôts qui ne seraient autrement possibles qu'à haute température. Pour chaque application, le laboratoire se charge de la recherche fondamentale, l'industriel gardant la responsabilité de la mise au point.

■ Jacques Delafond

Les traitements de surface sont largement employés dans le monde industriel et le seraient sans doute encore plus si l'on avait trouvé une solution satisfaisante au problème lancinant de l'adhérence des revêtements sur des substrats quelconques. Le Labora-

toire de métallurgie de Poitiers s'est attaqué à la question et présente une solution qui est appelée pour le moment, dans le langage des laboratoires, le mélange ionique dynamique. Ce traitement spécifique associe les qualités du dépôt physique en phase vapeur à celles de l'implantation ionique. Les ions lourds (300 keV) provenant d'un implantateur classique « assistent » le dépôt

en cédant leur énergie sous une forme très localisée conduisant ainsi au mélange du revêtement avec le substrat sur une épaisseur d'un centième de micron. Ce processus réalisé à température ambiante, voire à basse température, conduit à une amélioration de l'adhérence du revêtement sur le substrat qui ne pourrait être obtenue par des traitements classiques que s'ils étaient réalisés à haute température. Il est évident que les propriétés spécifiques du mélange ionique dynamique intéressent très fortement les industriels et que nous travaillons à l'heure actuelle avec les centres de recherche de plusieurs grands établissements.

A titre d'exemple, la collaboration que nous avons établie depuis plusieurs années avec le Centre de recherche d'UNIREC concerne des revêtements céramiques sur substrat acier inox et acier 316 et a pour but d'améliorer les



propriétés de frottement de ces matériaux. Les collaborations s'établissent par l'intermédiaire de contrats qui se déroulent de la façon suivante. L'industriel nous pose un problème technologique particulier que nous essayons de résoudre par des techniques nouvelles comme celle que nous proposons. Après concertation, la partie fondamentale de l'étude est réalisée au laboratoire et parallèlement l'industriel met au point l'application, réalisant ainsi le transfert technologique. La recherche fondamentale est ainsi toujours présente dans les travaux du laboratoire,

même quand il s'agit de répondre aux demandes des industriels et, dans le cas particulier de notre technique, la connaissance théorique des phénomènes physiques intervenant dans le processus est à peine ébauchée et nécessite un nombre important d'expériences pour être complétée. Ainsi, les deux aspects sont complémentaires et s'enrichissent mutuellement. La confidentialité des études réalisées est assurée et la publication des résultats ne se fait qu'en plein accord avec les industriels contractants. En ce qui concerne le volume de notre action, nous sommes à l'heure ac-

tuelle sous contrat avec cinq grands groupes industriels français. Nous intervenons également avec quelques PME, mais sur des travaux beaucoup plus ponctuels qui ne conduisent pas toujours à une étude fondamentale.

■ Jacques Delafond, professeur, Laboratoire de métallurgie physique (UA 131 CNRS), Université de Poitiers, 40, avenue du recteur Pinon, 86022 Poitiers Cedex

## L'atout titane

Cinq laboratoires et cinq entreprises industrielles s'associent dans un groupement scientifique avec pour objectif de maintenir la France dans le peloton de tête des nations qui utilisent un métal clé : le titane.

■ Richard Penelle

**M**atériau nouveau des années 50-60 pour l'aéronautique et des années 70 pour d'autres industries, le titane connaît depuis une quinzaine d'années une utilisation en croissance de plus de 5 % par an.

La consommation actuelle est d'environ 8 500 tonnes par an en Europe, dont plus de 2 500 tonnes en France, avec une proportion moyenne de 60 % pour les applications aéronautiques et de 40 % pour l'utilisation en eau de mer et pour les applications industrielles.

Ce matériau est stratégique. L'industrie aéronautique française en a un besoin vital, et il est important de maintenir et de développer une position française et européenne suffisante face à la concurrence japonaise et américaine.

Actuellement, l'étude est menée sur un alliage TA6V, afin de créer une méthodologie et un réseau de compétences complémentaires entre les différents partenaires. Un des objectifs visés est d'optimiser sa mise en forme par forgeage afin de réduire la dispersion des valeurs de ténacité et d'augmenter la limite de fatigue pour des microstructures apparemment identiques. Dans un second temps, l'étude sera centrée sur le nouvel alliage français élaboré

par Cezus, le Bêta-CEZ, alliage complexe à haute résistance pour température intermédiaire destiné aux futurs moteurs d'avions comme le M88, qui va équiper l'avion Rafale et l'Airbus A320. Ces recherches de base sont menées à l'aide des techniques les plus avancées :

- pour la caractérisation de la microstructure et de la microtexture : analyse d'images, diffraction de neutrons, diffusion aux petits angles à l'aide du rayonnement synchrotron, diffraction des électrons rétrodiffusés et des rayons X, microscopie électronique à transmission, analyse chimique locale par spectrométrie des pertes d'énergie des électrons transmis...

- pour la détermination des traitements thermomécaniques et des caractéristiques mécaniques : essais de traction, de compression, de torsion à chaud, de forgeage, de fatigue...

Cette action coopérative CNRS-Université-Industrie représente une formidable concentration de moyens en hommes et en équipements avec un budget global de 20 millions de francs : elle permettra à la France de garder sa place de tout premier plan dans l'industrie européenne et mondiale.

Cinq industriels, l'Aéronautique, la Compagnie européenne de Zirconium (Cezus), la Compagnie française des forges et fonderies (CFF), la Société nationale d'étude et de construction de moteurs d'avions (SNECMA) et Turboméca, se sont associés avec cinq laboratoires universitaires, le Laboratoire de métallurgie structurale (LMS) de l'Université Paris Sud (Orsay, UA CNRS 1107) ; le Laboratoire de science et génie des matériaux métalliques (LSG2M, UA CNRS 159 de l'École des mines de Nancy) ; le Centre de mise en forme (CEMEF, UA CNRS 852) de l'École des mines de Paris ; le Département de matériaux de l'École des mines de Saint-Étienne ; le Laboratoire de métallurgie du Conservatoire national des arts et métiers (CNAM), pour constituer, sous l'égide du CNRS et de la Direction des recherches, études et techniques (DRET) du Ministère de la défense, un groupement scientifique consacré à l'étude de ce métal et de ses alliages.



Alliage de titane bêta-CEZ, après traitement de mise en solution puis deux revenus à 820°C et 620°C. Microscopie électronique à balayage, grossissement  $\times 3000$ . (© SNECMA)



Alliage de titane bêta-CEZ. Essai de forgeage isotherme au-dessous du transus après maintien en température au-dessus du transus. On observe deux zones représentatives de la microstructure. Grossissement  $\times 500$ . (© SNECMA)

■ Richard Penelle, directeur de recherche au CNRS, Laboratoire de métallurgie structurale (UA 1107 CNRS), Université Paris-Sud, bât. 413, 91405 Orsay Cedex.

## Les aubes du progrès

Pour concevoir ses turbo-réacteurs, la SNECMA s'est toujours appuyée sur la recherche fondamentale.

Aujourd'hui, une quarantaine de laboratoires explorent les thèmes qu'elle leur a proposés.

■ Jean-François Chevalier

Après avoir fait appel à l'ONERA (Office national d'études et de recherches aéronautiques) depuis sa création, aux Laboratoires de combustion de l'Ecole centrale dès 1960, au Centre des matériaux dès son installation à l'Ecole des mines, en 1966, la SNECMA (Société nationale d'étude et de construction de moteurs d'avions) a élargi, depuis 1970, le champ de ses coopérations à la recherche fondamentale.

En 1980, une communauté de 30 laboratoires, pour la plupart affiliés au CNRS, lui apportaient son appui. Cette communauté vivante s'est encore élargie. Aujourd'hui, 40 laboratoires explorent 60 thèmes SNECMA.

Pour dépasser les liaisons bilatérales que nos ingénieurs entretenaient avec les chercheurs, nous avons mis en place, en 1982, le Groupe de prospective combustion CNRS-SNECMA avec lequel nous avons fait une analyse de l'état de l'art et des évolutions prévisibles, identifié les points faibles, et élaboré un programme de recherches cohérent qui permette de maîtriser les chambres de combustion de la nouvelle génération de nos moteurs.

Le CNRS a ainsi lancé, en 1987, l'Action de recherche concertée sur les chambres de combustion (AR3C), à laquelle coopèrent neuf laboratoires CNRS ou affiliés. Les Groupements scientifiques du CNRS qui font coopérer des laboratoires couvrant tous les aspects d'un même problème, groupés ou non en GRECO, avec les industriels ayant des objectifs communs, sont un moyen privilégié de notre coopération.

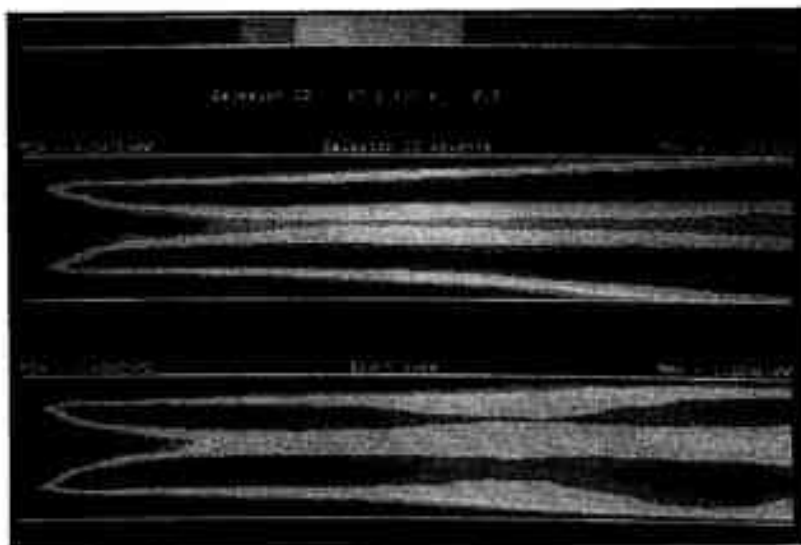
Pour la maîtrise du matériau utilisé sous forme monocristalline dans nos nouvelles aubes de turbine, le CNRS a mis en place deux Groupements scientifiques successifs, en 1982 puis en 1987. Six laboratoires y explorent trois domaines clés : les équilibres de phase, la stabilité des microstructures, la nature et les mécanismes d'action des dislocations.

Il est de la plus grande importance que la communauté scientifique qui s'est forgée par de telles actions concertées puisse continuer à travailler avec nous.

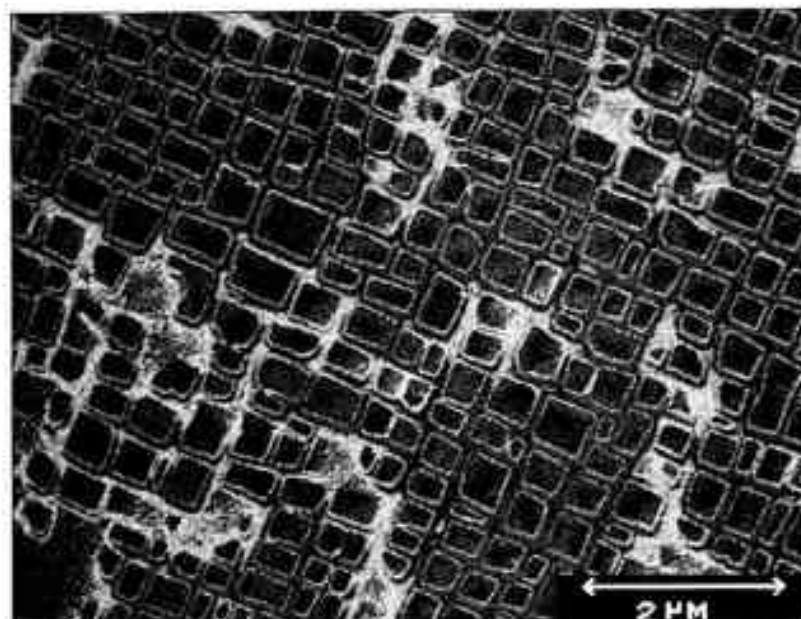
C'est ce qu'ont fait les laboratoires de mécanique et de matériaux qui forment le GRECO "Grandes déformations et endommagement", et qui ont coopéré avec nous dans les GIS "Rupture à chaud et mise en forme". Et nous sommes particulièrement fiers d'avoir créé ensemble MECAMAT, Groupe français de mécanique des matériaux, commun à l'As-

sociation universitaire de mécanique et à la Société française de métallurgie. Trois séminaires internationaux organisés par MECAMAT ont déjà fait rayonner la valeur de l'Ecole française de mécanique des matériaux.

■ Jean-François Chevalier, Conseiller du directeur technique pour la préparation du futur, SNECMA, Villaroche, 77550 Moisy Cramayel



Taux de dégagement de chaleur dans une flamme turbulente stabilisée.



Microstructure d'une aube de turbine monocristalline en alliage AM1.



## Encore un verre...

**Les transmissions par fibres optiques sont actuellement limitées par la transparence des verres employés. L'utilisation de verres fluorés, potentiellement beaucoup plus transparents, permettront de franchir sans régénération du signal des distances supérieures au millier de kilomètres.**

■ Jean-Pierre Dumas

La Compagnie générale d'électricité se situe, au travers d'ALCATEL, au deuxième rang mondial des sociétés industrielles du secteur des télécommunications. La position du groupe, dans le domaine des liaisons par câbles sous-marins, est excellente. Cette position, acquise dans le passé grâce à la maîtrise des câbles métalliques coaxiaux et de régénérateurs immergés à transistors, a pu être maintenue et même amplifiée par un effort important de recherche-développement lorsque l'apparition des guides optiques à faibles pertes a ouvert la voie à une nouvelle génération de liaisons par câble mettant en œuvre des fibres optiques et des lasers semi-conducteurs. Ces fibres, à base de verre de silice, possèdent une transparence remarquable qui permet de transmettre le signal sans régénération sur de grandes longueurs pouvant atteindre quelques centaines de kilomètres. Les verres de silice possèdent toutefois une limite théorique d'atténuation actuellement presque atteinte, qui ne peut être franchie qu'en faisant appel à des verres de compositions très différentes, en particulier les verres fluorés découverts par les chercheurs du Laboratoire de l'unité mixte CNRS - Université de Rennes.

Ces verres possèdent des limites théoriques d'atténuation très faibles qui, dans la mesure où elles pourront être approchées, autoriseraient la transmission de signaux optiques sans régénération sur des distances dépassant le millier de kilomètres. Leur élaboration à des niveaux de pureté suffisants - un atome d'impuretés par milliard -, et leur mise en œuvre sous forme de fibres, posent des problèmes de base auxquels sont confrontés les grands laboratoires des sociétés industrielles.

Il nous est apparu déterminant de nous associer à plusieurs laboratoires du secteur de la chimie, pour disposer des meilleurs outils :

- Laboratoire de chimie et cristallochimie d'éléments de transition (LA 040254 - Université de Rennes),
- Laboratoire des fluorures (UA 449 - Université du Maine),

- Laboratoire de réactivité et mécanisme en chimie inorganique (LA 331 - CEA/CEN Saclay),

- Laboratoire de thermodynamique et physicochimie métallurgiques (LA 040029 - Institut national polytechnique de Grenoble).

Nos partenaires ont parfaitement pris conscience de nos objectifs industriels. Les programmes de recherches sont définis en commun ; les équipes du CNRS prennent en charge les problèmes à caractère plus fondamental, portant en particulier sur la compréhension des mécanismes ; l'équipe industrielle traite des problèmes technologiques de mise

en œuvre des verres et des caractérisations associées à l'application.

Des réunions fréquentes, environ tous les trois mois, permettent de juger de l'avancement des recherches. Ces discussions sont l'occasion d'échanges d'informations. Elles se situent à un excellent niveau scientifique et donnent en général naissance à des idées nouvelles ouvrant largement le champ des investigations.

Cette collaboration permet d'aborder les problèmes avec des éclairages différents, enrichissant de notre point de vue pour les deux partenaires :

- ouverture pour l'industriel vers une plus large prise en compte des aspects fondamentaux,

- possibilité pour le chercheur du CNRS d'orienter une partie de ses travaux de recherche vers un objectif industriel finalisé.

■ Jean-Pierre Dumas, directeur de la division Energie et matériaux au Centre de recherche de la Compagnie générale d'électricité, Laboratoires de Marcoussis, Route de Nozay, 91460 Marcoussis

## Elaboration magnétique

**Faire jouer la pluridisciplinarité en conjuguant le savoir de spécialistes de mécanique des fluides, de l'électromagnétisme et de la métallurgie avec les exigences de l'industrie, tel est l'objectif atteint par MADYLAM. Le résultat est là : sept millions de ressources annuelles, vingt brevets pris en dix ans et un procédé la « coulée 4C » aux applications multiples et à diffusion internationale.**

■ Marcel Garnier

Dès sa création en 1978, le Groupement d'intérêt scientifique MADYLAM (Magnétodynamique des liquides, applications à la métallurgie) affichait clairement ses intentions avec les deux dernières lettres AM de son nom. Il annonçait ainsi sa détermination d'intégrer dans sa démarche scientifique des préoccupations d'ordre finalisé. Pour ce faire, il misait sur la pluridisciplinarité avec deux objectifs : faire naître une compétence scientifique originale et l'appliquer à la conception de nouveaux procédés pour l'élaboration des matériaux.

MADYLAM a mis en place, dès 1982, un « Club de partenaires » dont les membres, moyennant une cotisation

annuelle, avaient accès à certaines prestations de recherche et pouvaient dialoguer avec les chercheurs du laboratoire au cours de tables rondes organisées à leur intention. Il s'est parallèlement soucié du transfert de connaissances, outil essentiel du dialogue et de la collaboration, en organisant annuellement une session de formation pour les ingénieurs du secteur industriel concerné par son activité. Les échanges très riches qui en résultent sont une source abondante qui alimente les recherches de base.

MADYLAM s'inspire des sociétés industrielles avec lesquelles il est en relation pour se doter des moyens adaptés à ses ambitions : ainsi, pour concrétiser sa volonté de regrouper ses chercheurs dans des locaux adaptés à son activité, MADYLAM a financé en trois ans, sur



La « coulée 4C » permet de recycler les copeaux d'alliage de titane produits lors de l'usinage de pièces pour l'aéronautique. (©JIMAGINE, Grenoble)

ses fonds propres, 65 % du coût de 13 millions de francs du bâtiment qu'il occupe désormais.

MADYLAM tire le meilleur profit des aides apportées par le CNRS à la valorisation. Ainsi M. Serge Bercovici (Direction de la recherche et du développement du groupe Pechiney) est directeur de recherche associé à MADYLAM; il en résulte des relations très fructueuses entre le laboratoire et le groupe Pechiney grâce à une interaction dynamique qui permet d'associer de façon étroite des aspects de stratégie in-

dustrielle et des éléments de prospective scientifique. Ceci apporte une très grande richesse de collaboration qui mêle de façon intime les aspects scientifiques les plus purs aux aspects technologiques les plus avancés. L'affectation d'un ITA de valorisation a permis une première mondiale dans le cadre de la collaboration Pechiney-MADYLAM par la mise au point de la « coulée 4C » autorisant le recyclage des copeaux produits lors de la fabrication des pièces en alliage de titane pour l'aéronautique (95 % du poids du lingot de départ se

retrouve en copeaux). Cette collaboration a permis le succès là où les centres de recherches américains ont échoué après des années d'efforts coûteux. La société Cezus (Compagnie européenne de zirconium) négocie actuellement la vente des licences aux USA et au Japon.

Les collaborations s'adressent également aux PMI, avec dans ce cas un apport beaucoup plus important de MADYLAM, mais, en contrepartie, des résultats spectaculaires: ainsi la collaboration avec la société Gladel, de la région lyonnaise, qui, au lendemain d'un dépôt de bilan, s'est adressée à MADYLAM et qui dispose désormais d'une technologie nouvelle et conquiert des marchés qui lui étaient inaccessibles auparavant.

Des collaborations aussi développées avec le secteur industriel imposent un souci constant de ne pas aller trop loin dans le processus de transfert de technologie. MADYLAM s'appuie sur deux sociétés qui réalisent l'interface avec les sociétés industrielles: la société SERI, créée par un ancien technicien du CNRS, et la société DT2I, filiale de l'INPG, créée par un ancien chercheur de MADYLAM. La première transfère les procédés, la seconde les produits logiciels mis au point à MADYLAM.

L'objectif d'équilibre recherche fondamentale-recherche finalisée, la volonté d'intégrer dans une démarche scientifique des considérations d'ordre économique ou technologique, le souci de la rentabilité des travaux de recherche, aussi bien que le respect des contraintes de délais imposés par la concurrence industrielle internationale, sont à l'origine d'une dynamique nouvelle et d'une motivation exceptionnelle qui se traduit rapidement en résultats concrets.

*Laboratoire de l'Institut national polytechnique de Grenoble (INPG) associé au CNRS depuis 1988 (URA 1326). MADYLAM a des relations exceptionnellement développées avec le secteur industriel: en 1978, 10 % du budget hors salaire était alimenté par des contrats industriels; en 1988, plus de 90 % de ce même budget provient de contrats.*

*Ses principaux partenaires sont: Pechiney aluminium, Pechiney électrometallurgie, Cezus, SNECMA, Renault, Michelin, CEA, Saint-Gobain, IRSID, Usinor-Sacilor, Rhône-Poulenc,*

■ **Marcel Garnier**, directeur de recherche au CNRS, directeur du Laboratoire de magnétohydrodynamique des liquides applications à la métallurgie (URA 1326 CNRS), BP95, 38402 Saint-Martin-d'Hères Cedex

## Supraconducteurs en ruban

Rhône-Poulenc et la CGE se sont associés avec quatre laboratoires pour créer un groupement scientifique sur les nouveaux supraconducteurs, destiné à la mise au point d'un fil (ou d'un ruban) utilisable en électrotechnique.

■ Jean-Yves Dumoussieu

Depuis la découverte, il y a maintenant un peu plus de deux ans, des nouveaux oxydes supraconducteurs, de nombreux industriels se sont intéressés à ces produits et à leurs applications. Rhône-Poulenc, en tant que groupe chimique français, s'est préoccupé dès le début de réaliser la synthèse de ces matériaux. Il a ainsi pu mettre rapidement sur le marché des poudres supraconductrices  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ .

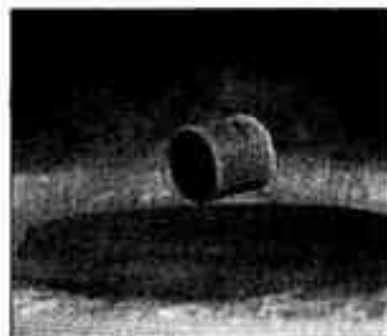
Né disposant pas d'équipe travaillant sur les basses températures ni en physique du solide, Rhône-Poulenc a cherché des partenaires. Il s'est, dès le début, associé avec un industriel de l'aval (CGE). Puis, sous l'égide du CNRS, un

groupement scientifique a été créé pour quatre ans afin d'élaborer les problèmes de recherche fondamentale.

Ce groupement réunit, outre les deux industriels Rhône-Poulenc et CGE, quatre laboratoires : le Laboratoire de cristallographie et sciences des matériaux (CRISMAT, Caen), le Laboratoire de chimie du solide (Bordeaux), le Centre de recherches sur les très basses températures (Grenoble) et le Laboratoire de cristallographie (Grenoble).

Ce groupement scientifique est consacré à l'électrotechnique. Il aura atteint son but s'il permet de réaliser des conducteurs massifs (fils ou rubans) qui puissent transporter de forts courants (1 million d'ampères par centimètre carré) sans résistance électrique, à la température de l'azote liquide.

Les travaux réalisés par les différents



Lévitait d'un aimant au-dessus d'une céramique supraconductrice. (© Rhône-Poulenc)

partenaires ont déjà permis à la CGE (Laboratoire de Marcoussis) de fabriquer des conducteurs massifs à partir de matériau Rhône-Poulenc permettant de transporter plus de 1000 ampères par centimètre carré).

■ Jean-Yves Dumoussieu, Rhône-Poulenc Chimie, responsable du développement des poudres céramiques, « Les Miroirs », 18, avenue d'Alsace, Courbevoie La Défense 3.

## Traitements par laser

La Compagnie générale d'électricité (Laboratoire de Marcoussis) s'est associée en juin 1988 à neuf laboratoires du CNRS, des universités et des grandes écoles au sein d'un groupement de recherche « Traitement des matériaux par laser de puissance ». Ce dernier prend la suite d'un autre groupement de recherche CALFETMAT qui travaillait sur ce sujet depuis 1984, mais qui ne comprenait pas d'industriel.

■ Pierre-François Gobin

Les lasers de puissance, qu'ils soient au gaz carbonique (rayonnement à 10,6 microns) ou YAG (rayonnement à 1,06 micron), sont utilisables pour usiner et traiter les matériaux au plan industriel. Pour chaque usage, un contrôle précis de la source et des conditions d'utilisation est nécessaire. Les principales possibilités sont la découpe, le perçage, la soudure et les traitements de surface. Dans ce dernier cas, il est possible de recouvrir le matériau d'une couche microcristalline ou même amorphe par trempe ultrarapide du matériau fondu en surface, et de rén-

ouveler en surface un alliage ou un revêtement différent du matériau massif. Le bimatiériau ainsi obtenu peut combiner la ductibilité du matériau de base (par exemple l'aluminium) et les bonnes propriétés de frottement de l'alliage de surface (mélange d'aluminium et de nickel). Si la base est un acier doux, il peut être rendu inoxydable par ajout superficiel de chrome ou de nickel. Les qualités des matériaux traités par ce procédé dépendent beaucoup des contraintes résiduelles dans les couches superficielles qui ont été ainsi créées. Un des buts du groupement est de trouver le moyen d'optimiser ces contraintes afin de les répartir de façon optimale sur la pièce traitée.

Le Groupement de recherche « Traitement des matériaux par laser de puissance » rassemble, outre le Centre de recherche de Marcoussis de la Compagnie générale d'électricité, le GEMPPM (Groupe d'étude de métallurgie physique et de physique des matériaux) installé à l'Institut national des sciences appliquées (INSA) de Lyon, l'équipe corrosion du Laboratoire de physico-chimie industrielle de l'INSA de Lyon, une équipe de recherche sur la soudure de l'Université de Lyon I, le Centre d'étude de chimie métallurgique de Viterbo, le Laboratoire de sciences et de génie des matériaux métalliques de Nancy, le Laboratoire de métallurgie physique de Poitiers, le Laboratoire des céramiques nouvelles de Limoges, le Centre de recherche sur la physique des hautes températures d'Orléans et l'Équipe interaction laser-matière de l'Institut de mécanique des fluides de Marseille.

Le CALFETMAT (Centre d'application des lasers de forte énergie à la transformation des matériaux) regroupe des laboratoires de la région lyonnaise : le GEMPPM, les laboratoires de recherche sur la soudure et de physico-chimie industrielle de l'INSA déjà cités, le département de métallurgie du Centre d'études nucléaires de Grenoble, le GRASP (Groupe de recherche de système et productique) et le LEPP (Laboratoire d'étude des procédés de fabrication) de l'INSA.

■ Pierre-François Gobin, CALFETMAT (CS 85 CNRS), INSA, 20, avenue Albert Einstein, 69621 Villeurbanne Cedex



## Au diable les lunettes

Les amétropies, ou défauts de convergence de l'œil pour la vision lointaine, sont généralement corrigées par le port de verres correcteurs ou de lentilles cornéennes. On peut penser qu'à l'avenir ces prothèses pourront être remplacées par une opération chirurgicale où un laser sera utilisé en guise de bistouri.

■ Jean Bouineau, Alain Azema et Patrick Mayolini

**L**a myopie, l'hypermétropie et l'astigmatisme peuvent dès aujourd'hui être corrigés par voie chirurgicale. Une correction de myopie, par exemple, peut être obtenue en diminuant la courbure de la cornée par kératotonomie radiaire (incisions au diamant sur le pourtour de la zone optique de la cornée afin d'en modifier les contraintes mécaniques internes). De même, la kératomiféussis permet le remodelage direct de la zone optique de la cornée par usinage d'un greffon surgelé, en y incorporant éventuellement un fragment de collagène. Ces méthodes présentent cependant des inconvénients spécifiques, qui les rendent peu propices à une médecine de masse.

Plus récemment ont été proposées des méthodes photochirurgicales dans lesquelles le bistouri est remplacé par une onde lumineuse, le tissu cornéen étant « volatilisé » par la lumière d'un laser. Dès 1983, l'intérêt du rayonnement ultraviolet émis à la longueur d'onde de 193 nm par les lasers à mélange excimère Argon-Fluor a été souligné : parfaite aseptie de l'intervention, excellent état post-opératoire des surfaces traitées (et donc conditions très favorables pour la cicatrisation), intervention à la fois beaucoup plus précise, légère et rapide qu'en chirurgie manuelle.

La méthode PKM, actuellement en cours de mise au point dans les laboratoires du groupe Synthelabo Biomédical, consiste à illuminer la cornée par un rayonnement ultraviolet selon une loi variant d'un point à un autre, en fonction de la correction à effectuer.

Le dispositif, entièrement contrôlé par microprocesseur, a en charge quatre fonctions distinctes :

- le calcul de la loi d'illumination correspondant à la correction préalablement prescrite par le médecin,
- le conditionnement dynamique du faisceau ultraviolet lui donnant les caractéristiques nécessaires,
- le contrôle en temps réel de la modification de forme induite par la photoablation,

- l'interruption éventuelle de l'intervention en cours si l'un des critères relatifs à la sécurité n'est plus rempli.

L'intervention proprement dite ne dure que quelques dizaines de secondes.

Bien que cette étude ne soit pas achevée, les principales incertitudes sont aujourd'hui levées, et une maquette fonctionnelle a été réalisée. Les résultats de l'expérimentation menée sur le lapin et le singe sont très prometteurs. Lorsque des conditions d'illumination bien précises sont remplies, la cicatrisation (tout particulièrement la reconstitution de l'épithélium cornéen) s'effectue rapidement, dans de bonnes conditions, maintenant tout à la fois la transparence de la cornée et la modification de courbure. La maquette actuelle, déjà proche de ce que sera le prototype d'expérimentation clinique en voie d'achèvement, est testée dans un laboratoire spécialement

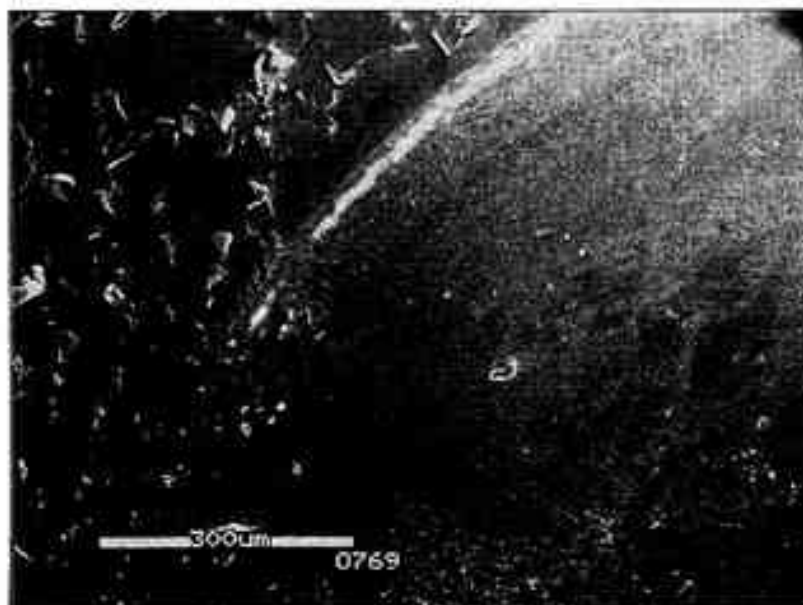
aménagé par le groupe Synthelabo Biomédical à Sophia-Antipolis.

Après des expérimentations préliminaires menées dès 1984 au Laboratoire de spectrométrie physique de Grenoble, des moyens matériels et humains à la mesure de l'enjeu furent rapidement dégagés par la direction de Synthelabo Biomédical, premier groupe français de matériel médical. L'équipe ainsi constituée put entreprendre les développements nécessaires à la validation du projet. Une étroite collaboration entre des physiciens de la recherche publique et l'équipe de Synthelabo Biomédical a permis, en trois ans, d'obtenir une très importante moisson de résultats scientifiques et techniques, plaçant cette équipe à l'extrême pointe de la recherche mondiale.

■ Jean Bouineau, chargé de recherche au CNRS, Laboratoire de physique de la matière condensée (URA 190 CNRS).

■ Alain Azema, professeur à l'Université de Nice, Laboratoire de physique de la matière condensée (URA 190 CNRS), Université de Nice, parc Valrose, 06034 Nice Cedex.

■ Patrick Mayolini, conseiller scientifique de la direction générale de Synthelabo Biomédical, directeur du centre de recherche de Synthelabo Biomédical, Z.A.C. n°1 des Bouillides, « Les Cardoulines », Sophia-Antipolis, 06560 Valbonne.



Correction des amétropies par photochirurgie réfractive. Vue en microscopie électronique à balayage du bord de l'attaque immédiatement après photoablation sur un quadrant de cornée. On note la qualité de l'interface épithélium-stroma et la faible rugosité de la zone traitée. (© Synthelabo Biomédical)



## Voir les sons

Chacun d'entre nous contrôle inconsciemment, par l'audition, les sons qu'il émet. Les sourds, bien évidemment, n'ont pas cette faculté. Aussi éprouvent-ils souvent de grosses difficultés pour parler d'une manière compréhensible. SIRENE, en visualisant sur l'écran d'un micro-ordinateur les caractéristiques de la parole, permet au sourd d'autocontrôler son élocution et de la rendre satisfaisante.

■ Marie-Christine Haton

**L**es éducateurs des enfants sourds éprouvent souvent de grandes difficultés à faire comprendre à leurs élèves ce qu'ils attendent d'eux. SIRENE propose une représentation visuelle sur écran, en temps réel, de différents paramètres de la parole. L'enfant peut ainsi « voir » ce qu'il dit.

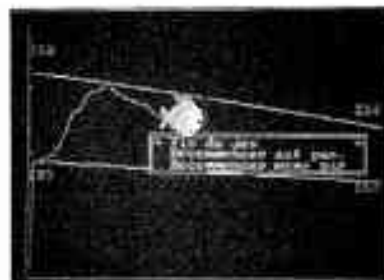
La performance vocale de l'élève est ainsi guidée et sanctionnée par le retour visuel et par des messages d'appréciation.

Les données vocales, captées en temps réel à l'aide d'un microphone, sont traitées de façon numérique pour extraire essentiellement :

- la fréquence fondamentale de la voix,
- la succession dans le temps de spectres à court terme répartis dans la zone informative de la parole,
- l'intensité totale du signal.

Le système comprend deux modules de jeux principaux. Le premier concerne les « paramètres prosodiques ». Les exercices permettent de s'intéresser aux paramètres phonatoires : hauteur et mélodie, intensité, durée, rythme. Le second est orienté vers les « paramètres fréquentiels ». Ce sont les phénomènes d'ordre articuloiratoire qui sont étudiés. Il est par exemple possible de présenter les caractéristiques du spectre à court terme qui donne une image du timbre du son.

Une première maquette a été conçue et réalisée au Centre de recherche en informatique de Nancy (CRIN) par M.-C. Haton. Un prototype industriel de faible coût est en cours de mise au point grâce à une aide ANVAR faisant intervenir, outre le CRIN, la société ECM de Nancy-Brabois pour la réalisation matérielle du système et la société Cognitech de Paris pour l'étude de marché et la commercialisation ultérieure.



Système micro SIRENE : exercice de modulation de l'intonation.  
(© INRIA)

Dans cette version, SIRENE est implanté sur une carte utilisée comme périphérique d'un micro-ordinateur. Cette carte comprend notamment un processeur rapide TI TMS 320-20 assurant l'ensemble des fonctions d'acquisition, à partir d'un microphone externe, et de traitement numérique du signal vocal.

Il est envisagé d'étendre l'utilisation de SIRENE à l'apprentissage de la prononciation des langues étrangères par des personnes douées de facultés auditives normales mais qui éprouvent des difficultés à parler correctement.

■ Marie-Christine Haton, maître de conférences, Centre de recherche en informatique de Nancy, BP 239, 54506 Vandœuvre-les-Nancy Cedex

## De l'os à la pilule

Le chirurgien, pour consolider un os fracturé, le fixe souvent avec une plaque et des vis métalliques. Une opération est, la plupart du temps, nécessaire pour enlever ce matériel quand l'os est consolidé. L'usage d'un produit biorésorbable évite d'avoir à recourir à cette phase pénible du traitement. Un polymère hydrosoluble peut, de son côté, être employé comme vecteur d'un principe actif.

■ Michel Vert

**E**n 1974, un chercheur de l'INSERM est venu nous voir. Il souhaitait trouver de l'aide pour étudier la réhabilitation de structures moléculaires poreuses par du tissu osseux. Un après-midi a suffi pour faire le tour du problème et pour prendre conscience de l'intérêt que présentait notre connaissance des polymères optiquement actifs. Après quelques tâton-

nements, nous nous engageons dans la voie des polyesters aliphatiques biorésorbables dérivés de métabolites, comme les acides glycolique et lactique.

Un ensemble pluridisciplinaire délocalisé, comprenant chimistes, biologistes et chirurgiens orthopédistes, est constitué en 1975 et reçoit plusieurs soutiens financiers successifs de la DGRST (Direction générale de la recherche scientifique et technique). Malgré un tissu de brevets étrangers dense, deux brevets sont déposés (INSERM/

ANVAR et CNRS/ANVAR). Le premier concerne l'association de phosphate de calcium avec les polymères biorésorbables pour diminuer les réactions tissulaires après implantation et avant dégradation. Le second concerne un matériau composite entièrement éliminable de l'organisme car constitué d'un renfort fibreux et d'une matrice, tous les deux thermoplastiques et biorésorbables. En 1981, l'intérêt des éléments biorésorbables pour le remplacement de l'appareillage métallique de fixation interne des fractures osseuses est bien perçu. Les demandes d'échantillons arrivent et dépassent les possibilités de production d'un laboratoire universitaire. Il faut passer au stade du pré-développement. Là, le chercheur est en face de deux solutions : fonder une entreprise ou transférer à l'industrie. C'est la seconde solution qui est choisie, après un contact établi par hasard avec un jeune industriel, Alain Tormier, qui veut investir pour diversifier les activités de son entreprise spécialisée dans le maté-

## Dans l'attente d'un acheteur

Une étude *a priori* intéressante ne trouve pas toujours preneur. Par exemple, la complexation de polyamides de type nylon par certains minéraux rend ces matières infusibles et très résistantes au feu. Après avoir été financée, à plusieurs reprises par la DGRST, l'invention est brevetée en 1971. En 1975, le procédé est étendu aux polyuréthanes linéaires. A ce jour, aucun industriel n'a essayé d'en apprécier l'intérêt commercial, bien que les produits correspondants présentent de grands avantages pour la tenue au feu et en particulier pour la sécurité.



Propriétés d'isolation et de résistance au feu d'un polyamide-6 complexé par du chlorure de calcium (35 % en poids). 1 cm de mousse protège le doigt de l'expérimentateur d'une flamme d'un chalumeau gaz/oxygène. Le polymère s'érode lentement sans brûler ni fondre. (Gliché INSA/Rouen)

► riel prothétique à base métallique. Nous sommes en 1982. Une jeune ingénieure de l'Ecole de chimie industrielle de Rouen, Mlle J. Olivier, est engagée sur contrat et mise en formation au Laboratoire des substances macromoléculaires de l'INSA. Elle acquiert le savoir-faire directement au contact des inventeurs, puis quitte le laboratoire pour prendre la tête de la Société PHUSIS, spécialement créée par A. Tornier. En trois années, elle parfait le transfert, notamment en dominant la mise en œuvre au niveau industriel et en définissant des produits commercialisables. PHUSIS devient licenciée de l'ANVAR et du

CNRS et atteint le stade nécessaire pour un début de commercialisation, dès 1987. Pendant ce temps, les inventeurs sont retournés à leurs recherches et ont fait fructifier le concept de polymères biorésorbables dans d'autres domaines, notamment dans celui de la pharmacologie.

Pour être absorbés, les principes actifs des médicaments ont souvent besoin d'un support. Un polymère qui reste hydrosoluble, quel que soit son degré de substitution par un principe actif hydro-

phobe, est un vecteur de choix. En 1981, un travail fondamental est engagé qui amène, 6 ans après, à des polymères inédits. Une thèse doit être soutenue, mais les chercheurs soumettent à SANOFI le principe de breveter l'invention à son compte en échange d'une participation à la suite des travaux nécessitant une évaluation biologique toujours très coûteuse. L'ANVAR et le CNRS donnent leur accord. La thèse est soutenue confidentiellement, le brevet est déposé par l'industriel et la recherche est poursuivie par le docteur pris comme post-doctorant en cofinancement CNRS/Industrie. La suite logique serait une embauche du chercheur par SANOFI.

Le bilan valorisation actuel comprend une dizaine d'inventions : polyamides infusibles et résistants au feu (1971), polymères biorésorbables pour des applications thérapeutiques temporaires (brevets ANVAR/CNRS - 1976 et 1978), procédé de solubilisation en milieu aqueux de substances hydrophobes réputées insolubles dans l'eau (brevet ANVAR/CNRS - 1983), polymères fonctionnalisés hydrosolubles et biorésorbables (Brevets Research Corporation/ANVAR - 1982 et SANOFI - 1988).

■ Michel Vert, directeur de recherche au CNRS, directeur du Laboratoire des substances macromoléculaires (URA 500 CNRS), Institut national des sciences appliquées de Rouen, BP 08, 76131 Mont-Saint-Aignan Cedex.

## Un nouvel antitumoral

L'arsenal de la chimiothérapie du cancer va prochainement bénéficier de l'apport d'une nouvelle molécule, la Navelbine, fruit de la collaboration de l'Institut des substances naturelles du CNRS, du Laboratoire Pierre Fabre et du Laboratoire de pharmacologie et toxicologie fondamentale de Toulouse.

■ Alain Herrera

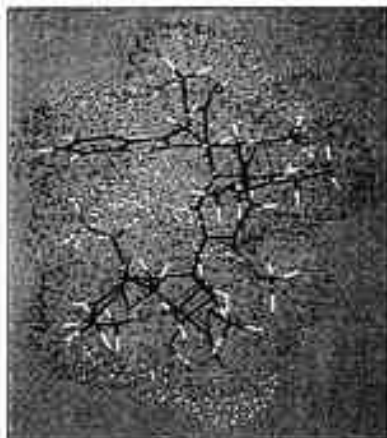
Parmi les 350 000 molécules dont les propriétés antitumorales ont été étudiées depuis plus de 20 ans par le NCI (National Cancer Institute), une quarantaine seulement sont aujourd'hui utilisées.

Si ces médicaments permettent d'obtenir des guérisons ou un allongement de la survie dans certains types de cancers, trop nombreux sont encore les cas où leur efficacité est insuffisante. C'est dire l'importance de la découverte de nouvelles molécules actives sur des tumeurs jusque-là chimiorésistantes. La collaboration entre le CNRS et le Labo-

ratoire Pierre Fabre a commencé par la signature d'un accord de licence selon lequel Pierre Fabre s'engageait à développer une nouvelle molécule, la Navelbine, synthétisée en 1976 à l'Institut de chimie des substances naturelles du CNRS à Gif-sur-Yvette par P. Potier et son équipe.

A cette époque, le Centre de recherche Pierre Fabre n'avait encore jamais développé d'anticancéreux, et c'est donc tout naturellement que ses chercheurs se sont tournés vers les équipes les plus performantes du CNRS dans ce domaine.

Le mécanisme d'action de la Navelbine a ainsi pu être précisé par D. Guénard et F. Zavala (CNRS - Gif-sur-Yvette) en utilisant un test à la tubuline. Pendant ce temps, le Laboratoire de pharmacologie et de toxicologie fondamentales du CNRS à Toulouse (Professeur Cros et son équipe) définissait le



Représentation de la Navelbine et de son environnement électronique grâce au logiciel « MAD » (Molecular Advanced Design) développé au Centre de recherche Pierre Fabre par R. Lahanna, chimiste informaticien venu du CNRS. (© CRPF)

spectre d'activité antitumorale. L'utilisation de xénogreffes de tumeurs humaines chez la souris nude a notamment permis d'établir l'efficacité de la Navelbine sur certaines tumeurs, pulmonaires en particulier, orientant ainsi les premières étapes du développement clinique.

Aujourd'hui, cette collaboration se poursuit et s'intensifie avec notamment le développement d'une forme orale du médicament, la mise au point d'un logiciel de modélisation moléculaire et le développement d'une nouvelle famille d'anticancéreux.

La Navelbine (vinorelbine) vient d'être commercialisée en France et devrait prochainement l'être dans les autres pays de la Communauté Européenne, pour le traitement des cancers du poumon non à petites cellules.

Parallèlement, des études cliniques se poursuivent en Europe dans d'autres indications: les cancers du sein notamment, mais aussi la maladie de Hodgkin, les cancers de l'ovaire...

Enfin, son développement clinique a démarré il y a quelques mois au Japon et commencera très prochainement aux Etats-Unis.

■ Alain Herrera, directeur de Pierre Fabre Oncologie, Pierre Fabre Médicaments, 192, rue Lecourbe, 75015 Paris.

## Les bactéries au travail

La production de protéines par des cellules en culture est une réalité industrielle dont le poids économique est croissant. Mais quel micro-organisme choisir? Dans les premiers temps, personne ne faisait la fine bouche. Dès qu'un laboratoire mettait une souche convenable au point, elle était employée. Aujourd'hui, le programme CHVP « couples hôte-vecteur performants » fait passer à l'étape suivante: l'adoption du meilleur micro-organisme pour une production donnée.

■ Gérard Nominé

**I**l est possible, depuis quelques années, de faire produire des protéines étrangères par des cellules en introduisant dans ces cellules (les hôtes) une information génétique (les gènes) grâce à un plasmide, un virus, etc. (les vecteurs). Au début de l'ère du génie génétique, les hôtes étaient choisis par les chercheurs suivant leur facilité à être manipulés. Rapidement, les industriels ont souhaité que les critères de choix soient établis suivant les nécessités de la production: absence de risque toxique, facilité de culture, économie de la production, etc. Grâce à ces critères, les industriels ont choisi, avec l'aide des chercheurs, cinq hôtes préférentiels qui définissent les cinq thèmes du programme CHVP: *Bacillus subtilis*, corynébactéries, levures, streptomyces, cellules animales.

Chaque thème est piloté par un groupe de travail, animé par un industriel assisté d'un conseiller scientifique désigné par le Ministère de la recherche. Ce groupe de travail est constitué des responsables de laboratoires de recherche publics, dont certains du CNRS travaillant sur le thème, et des industriels intéressés; il suit l'avancement des recherches, s'assure du respect des objectifs, décide des inflexions à donner suivant les résultats obtenus et détermine le moment opportun pour le dépôt des brevets et des publications scientifiques. Le comité scientifique harmonise la conduite du travail entre les thèmes et prend les décisions importantes concernant le programme. Chaque année, un colloque scientifique réunit tous les participants autour des chercheurs qui exposent leurs travaux.

Les résultats appartiennent au laboratoire qui les a obtenus, et c'est l'organisme dont il dépend qui prend les brevets. Les industriels contractants ont un droit préférentiel à une licence d'exploitation de ces résultats moyennant redevance. Ils peuvent alors utiliser les cou-

### Le programme CHVP

Le programme CHVP, « couples hôte-vecteur performants » a démarré en septembre 1986 à l'initiative des Ministères de la recherche et de l'industrie pour une durée de 18 mois renouvelables. A l'approche de la fin de la 3<sup>e</sup> année, les partenaires viennent de décider de le prolonger pour deux ans.

Son budget annuel est de l'ordre de 6 millions de francs dont la moitié est assurée par le FRT (Fonds de la recherche et de la technologie du Ministère de la recherche), et l'autre moitié répartie également entre sept industriels: Centre national de la transfusion sanguine, Institut Mérieux, Laboratoire Cayla, ORSAN, Rhône-Poulenc Santé, Roquette, Roussel-Uclaf. Il faut noter qu'un apport industriel « en nature », travaux effectués dans l'entreprise, peut remplacer l'apport financier. La participation du FRT est destinée au fonctionnement et à l'équipement de treize laboratoires, tandis que le financement industriel assure principalement les rémunérations des chercheurs (thésards ou post-doctorants) engagés sur le programme au titre d'un contrat à durée déterminée de formation par la recherche. Ce financement industriel est géré par Organibio, organisation nationale interprofessionnelle des bio-industries.

ples hôte-vecteur en y insérant les gènes qui les intéressent pour leur faire produire leurs propres protéines.

■ Gérard Nominé, président de Organibio, 28, rue Saint-Dominique, 75007 Paris.



## Gastronomie à la romaine

La collaboration insolite du CNRS et de la société Comtesse du Barry nous permet de déguster des plats à base de sanglier, de canard ou de saumon cuisinés selon des recettes romaines authentiques, vieilles de 2000 ans.

■ *Françoise Tristani*

L'aventure a commencé sur le site archéologique de Saint-Bertrand de Comminges (Haute-Garonne) grâce à la complicité de Marie-Thérèse Marty, ingénieur au CNRS, archéologue à ses heures, et de Renzo Pedrazzini, chef restaurateur du Restaurant de Comminges, avec le concours de l'APAMP (Association pour la promotion de l'archéologie et des musées archéologiques en Midi-Pyrénées).

L'idée était de contribuer à l'intérêt touristique du site et à son animation en offrant aux visiteurs une cuisine romaine authentique. Pour élaborer cette cuisine, une source d'information privilégiée : les 499 recettes d'Apicius, célèbre cuisinier romain du I<sup>er</sup> siècle (25 avant J.-C. - 37 après J.-C.), contemporain de l'empereur Tibère et bien connu pour ses extravagances culinaires. Il devait, d'ailleurs, finir par se suicider, préférant mourir plutôt que de réduire son niveau de vie et les dépenses inconsidérées qu'il consacrait à sa passion.

Malheureusement, au cours des siècles et des éditions successives, les recettes d'Apicius se présentent avec de nombreuses lacunes : il y a bien la liste des ingrédients, mais aucune indication sur les proportions ni sur les temps de cuisson. Or, la cuisine d'Apicius se caractérise essentiellement par un mélange de sucré-salé et de saveurs aigres-douces. Si les ingrédients de base sont assez simples - miel, huile d'olive, poivre, garum (sorte de Nuoc-mâm remplaçant le sel) -, il n'en est pas de même pour les épices et les plantes aromatiques dont plus de 60 variétés sont conseillées, depuis le cumin jusqu'au gingembre, en passant par la cardamome, le myrte, le céleri ou la coriandre. A l'époque, ces saveurs étaient destinées à relever la fadeur des aliments, généralement bouillis, après avoir été préalablement conservés dans la saumure. Actuellement, ce mélange de saveurs peut être détonnant s'il n'est pas savamment dosé.

Devant ce casse-tête romain, le créatif chef cuisinier, Renzo Pedrazzini, préféra expérimenter ses recettes pendant deux ans et les tester sur des spécia-

listes en s'entourant d'avis scientifiques avant de les proposer à la clientèle de son restaurant, ce qu'il fit durant l'été 1988. Plus de 1000 personnes ont ainsi pu goûter, entre deux visites archéologiques, aux « cucumeres ovicati » (concombres aux œufs), à l'« agnus tarpeius » (côtelettes d'agneau à la Tarpeius), à la « perna apruna » (cuisson de sanglier) ou à la « palina de piris » (flan de poires), le tout arrosé de vin miellé aux épices.

La société Comtesse du Barry - qui a déjà à son actif la nourriture du futur puisqu'elle fournit aux cosmonautes « les grands petits plats de l'espace » - a très vite réagi à cette expérience venue du fond des siècles et a demandé, en octobre 1987, une étude de faisabilité pour la commercialisation de certaines de ces recettes romaines. La recherche, conduite par M.-T. Marty et R. Pedrazzini, a abouti à la sélection de trois plats qui, aux termes d'une convention récemment signée entre la société et le CNRS, sont commercialisés en conserves sous vide prêtes à la consommation.

Mais qu'Apicius se rassure : ses secrets continueront d'être bien gardés, et les précieux dosages ne seront pas divulgués.

■ *Françoise Tristani, chargée de mission au CNRS, Département des sciences de l'homme et de la société, 15, quai Anatole-France, 75007 Paris*

## Plein gaz ! ça conserve

Il n'y a plus de saisons. De bonnes pommes et de nombreux autres fruits ou légumes garnissent les tables toute l'année. Différents procédés modernes de conservation par le froid associé à des adjuvants gazeux prolongent la vie commerciale d'une multitude d'aliments frais ou congelés. D'autre part, des méthodes de cryoconservation permettent de stocker à très long terme le matériel génétique de production qui a pu être sélectionné par l'horticulture.

■ *Pierre Soudain et Daniel Fath*

Le Laboratoire de physiologie des organes végétaux après récolte a été créé anciennement avec un objectif appliqué : la recherche des « meilleures conditions d'utilisation du froid et des gaz en vue de la conservation des végétaux ». L'évolution des

études a conduit à un développement important des recherches fondamentales sur les mécanismes physiologiques et biochimiques de survie, d'abord des organes entiers, puis des cellules elles-mêmes. La collaboration avec des industriels n'a pas disparu pour autant, comme le prouvent les liens étroits entretenus en particulier avec l'Air Liquide.

La conservation par réfrigération dans des atmosphères contrôlées, comprenant un faible taux d'oxygène et un certain enrichissement en gaz carbonique, augmente considérablement la durée de survie de nombreuses espèces fruitières, comme les pommes ou les poires, ou d'espèces légumières. Des atmosphères gazeuses modifiées peuvent être directement mises en œuvre au niveau des emballages des produits sous des films plastiques perméables aux gaz respiratoires (fig. 1). Par ailleurs, en parallèle avec le ralentissement du métabolisme, une action très efficace sur le développement des attaques fongiques est obtenue avec de fortes doses de gaz carbonique en traitement de courte durée, par exemple pour les avocats, les kiwis, les asperges et les poivrons. Un enrichissement en anhydride sulfureux à très faible teneur s'oppose aussi aux pourritures du raisin. Mais l'utilisation pratique de ces derniers gaz reste délica-



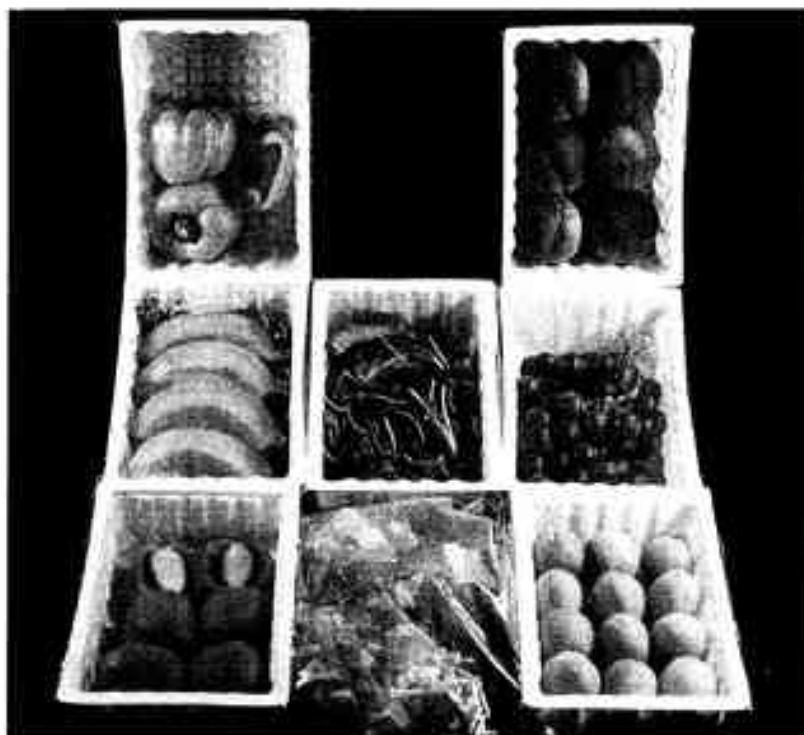


Fig. 1 - Emballages de fruits sous membrane plastique sélectivement perméable aux gaz ; mise en place d'un environnement gazeux de composition déterminée (dispositif Air Liquide).

te, en raison d'une sensibilité variable des produits conservés en fonction de la variété ou du stade d'évolution.

Aussi, l'orientation actuelle suivie par le laboratoire et L'Air Liquide concerne l'application de nouvelles espèces gazeuses manifestant des actions physiologiques et fongistatiques positives, et non toxiques pour le végétal ou pour l'homme.

Pour la conservation par congélation à  $-18^{\circ}\text{C}$  des fruits et légumes, les traitements gazeux sont jusqu'ici limités à l'utilisation de gaz inertes, comme l'azote, pour prévenir le brunissement des produits sensibles aux oxydations enzymatiques et qui ne peuvent pas être traités par blanchiment : pommes, pêches, abricots ou champignons.

Le blanchiment doit s'appliquer normalement à la plupart des légumes verts, en préalable à la congélation. Ce traitement thermique à  $100^{\circ}\text{C}$  par l'eau ou la vapeur inactive les enzymes pouvant être à l'origine de la détérioration de la qualité sensorielle des végétaux en cours de stockage. Cependant, il en résulte des pertes en éléments nutritifs solubles et des modifications de consistance. C'est pourquoi le laboratoire et L'Air Liquide s'intéressent actuellement aux conditions d'application de gaz ayant une action inhibitrice sur ces

enzymes, en substitution au blanchiment dans l'industrie de la surgélation des légumes.

La cryoconservation du matériel végétal à  $-196^{\circ}\text{C}$  dans l'azote liquide pose des problèmes technologiques très différents. Elle s'applique en effet à des cultures cellulaires, des cals, des embryons ou des méristèmes destinés à la micropropagation végétative de variétés végétales sélectionnées. Ceci doit aboutir bientôt à la mise en place de banques de souches pour la constitution de collections, et contribuer à la préservation des génotypes. La société L'Air Liquide y est intéressée pour la diffusion d'appareillages de refroidissement, de congélation et de conservation par l'azote liquide.

Les premières études ont déjà permis de mettre au point des procédés de conservation de grand intérêt pratique et économique, par exemple pour des méristèmes de poirier, de pomme de terre ou d'aillet (fig. 2) ainsi que pour des embryons somatiques de palmier à huile et de caféier. D'autres recherches portent sur la cryoconservation d'embryons encapsulés (enrobage constitué d'alginate et de substances nutritives). Ces « semences artificielles » devraient jouer un grand rôle dans la dissémination par semis direct de varié-

tés produites par génie génétique et présentant une très grande conformité.

■ Pierre Soudain, ingénieur de recherche au CNRS, Laboratoire de physiologie des organes végétaux après récolte (POVAR) (UPR 1501 CNRS), 4ter, route des Gardes, 92100 Meudon.

■ Daniel Faÿ, ingénieur à L'Air Liquide, Service d'applications des gaz en agriculture et alimentation, Centre de recherches Claude Deleorme, BP126, 78350 Les Loges-en-Josas.

Fig. 2 - Régénération d'un méristème d'aillet après conservation dans l'azote liquide : (A) survie des zones méristématiques après décongélation ; (B) reprise de croissance de l'apex ; (C) croissance de la pousse *in vitro* avant le passage en serre.



## Le mariage après quinze ans de fiançailles

Le Laboratoire de chimie organique physique et de cinétique chimique appliquée de l'Ecole nationale supérieure de chimie de Montpellier (ENSCM) collabore depuis quinze ans avec ELF ERAP dans le domaine du pétrole. Il étend maintenant cette association à la totalité de son activité de recherche dans le domaine des applications des zéolithes.

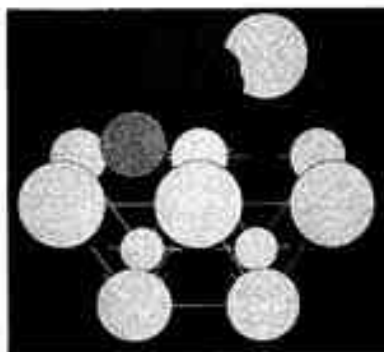
■ Patrick Geneste

Le Laboratoire de chimie organique physique et de cinétique chimique appliquée de l'ENSCM a commencé en 1975 sa collaboration avec la société ELF ERAP (Entreprise de recherches et activités pétrolières). Cette dernière avait alors – bousculant les habitudes – proposé publiquement aux universités, grandes écoles et centres de recherches, deux préoccupations de recherche particulièrement importantes : la première sur les problèmes posés par la récupération assistée des hydrocarbures, la deuxième sur la valorisation des fractions lourdes du pétrole et les problèmes d'hydrotraitement.

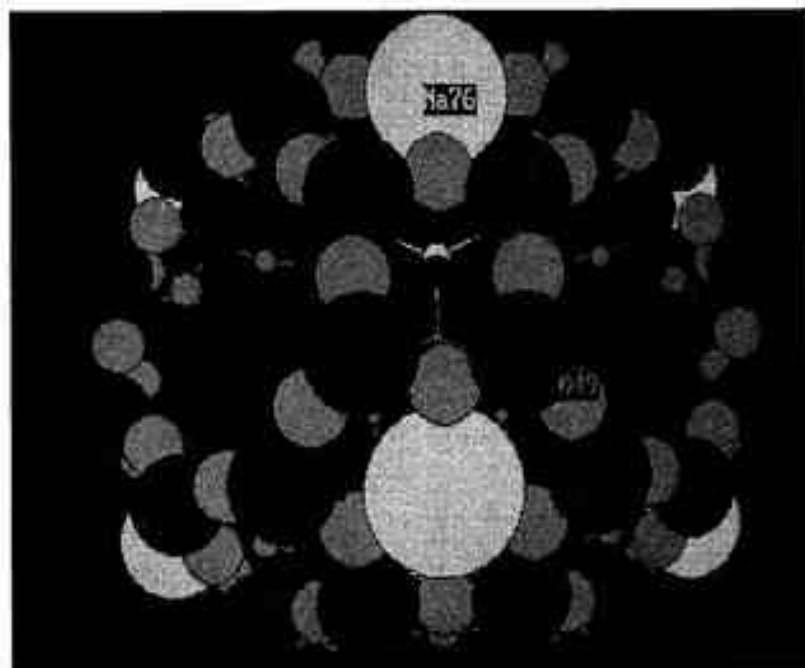
Le premier sujet a permis au laboratoire de développer une technique de marqueur cinétique en milieu micellaire permettant une meilleure connaissance des phénomènes de catalyse dans ces milieux.

Le développement du deuxième sujet «hydrotraitement» se poursuit encore car il est lié à la protection de notre environnement. Il est intégré à un programme européen Brite, après avoir été successivement soutenu par le Ministère de la recherche, plusieurs actions thématiques programmées du CNRS, un Groupement d'intérêt scientifique, etc. Cette action a permis, avec nos partenaires industriels et universitaires, de constituer dans le domaine un pôle d'excellence mondial et de mettre au point une nouvelle formule de catalyseur industriel dont les applications sont actuellement étudiées par l'Institut français du pétrole (IFP) et Elf France.

A côté de ces deux actions s'est développée, depuis 1979, une collaboration plus spécifique dans le domaine de la préparation de nouveaux catalyseurs zéolithiques applicables au raffinage et en pétrochimie. Il s'agit là encore d'une opération exemplaire qui a permis de développer deux applications intéressantes utilisant une offretite originale mise au point au sein de notre équipe de recherche. Deux catalyseurs nouveaux



Préparation de nouveaux catalyseurs zéolithiques applicables au raffinage et en pétrochimie. Modélisation par la chimie quantique d'un catalyseur de type zéolithe (offretite). (© ENSCM, J. Joffre)



Modélisation de l'interaction entre une molécule soufrée (le thiophène) et un catalyseur d'HDS à base de sulfure de molybdène. (© ENSCM, J. Joffre)

sont en phase de développement après des études qui ont conduit à 12 thèses de doctorat, 4 brevets CNRS/ELF et IFP et 1 brevet CNRS. On peut espérer, à partir de l'ensemble de ces travaux, une augmentation de l'indice d'octane dans les procédés de craquage catalytique et une amélioration des propriétés physicochimiques des gazoles par un meilleur rendement en hydrodéazotation.

Ces succès ont conduit la Société nationale Elf-Aquitaine à proposer l'élargissement du programme aux activités chimiques du laboratoire. Une telle opération, véritable «OPA amicale», est rendue possible par la coexistence dans notre laboratoire de compétences complémentaires rarement toutes réunies dans une même équipe de recherche : synthèse minérale, cinétique et catalyse, chimie fine organique. Un autre atout est notre localisation au sein d'une Grande école dont la réputation en chimie organique n'est plus à faire et dont la vocation d'ouverture en direction des entreprises se traduit par un volume de contrats très important. N'est-elle pas leader dans des programmes européens de recherche tels que Brite ou Delta ou des programmes européens de formation tels que Erasmus, Ects et Comett ?

■ Patrick Geneste, professeur à l'Université Montpellier, directeur de l'Ecole nationale supérieure de chimie, directeur de l'U.A. 418 du CNRS, 8, rue de l'Ecole normale, 34075 Montpellier Cedex 2

# Pure, pure la fonte

Pour fabriquer de l'acier de haute pureté, il est préférable de partir de fonte très pure dont la teneur en silicium, soufre et phosphore est non seulement basse, mais contrôlée. Un groupement scientifique CNRS-IRSID a étudié les phénomènes fondamentaux de l'élaboration de la fonte dans les hauts-fourneaux. Des améliorations substantielles ont déjà été obtenues dans les usines Usinor-Sacilor, entraînant notamment une diminution sensible des coûts.

■ Paul Riboud

La fonte est obtenue en réduisant le minerai par le carbone et l'oxyde de carbone qui résultent de la combustion partielle du coke. Cette réduction se fait en plusieurs étapes. L'hématite ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) devient magnétite ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) puis wüstite ( $\text{FeO}_{(s)}$ ) avant de devenir fer. La réduction des oxydes de fer s'accompagne de celle des autres composés présents et en particulier de la silice ( $\text{SiO}_2$ ) qui peut parvenir à l'état de silicium dissous dans la fonte.

Pour diminuer la proportion finale de silicium, il faut réduire le moins possible la silice, donc travailler dans un milieu le moins réducteur possible (mais cependant assez réducteur pour réduire les oxydes de fer). Le résultat peut être obtenu en contrôlant de très près le fonctionnement du haut-fourneau.

Le Laboratoire associé 159 du CNRS à Nancy a travaillé sur l'agglomération des minerais, opération préliminaire qui joue un rôle crucial dans la qualité de fonctionnement du réacteur à contre-courant gaz-solide que constitue la cuve du haut-fourneau. Il a procédé à une analyse expérimentale et théorique de certains phénomènes comme les phases de séchage du mélange à agglomérer. Les résultats ont été intégrés dans un modèle mathématique qui se révèle particulièrement efficace : à l'heure actuelle, ce modèle permet de calculer en tout point du lit d'agglomération, et à tout instant, la température et la composition des solides et des gaz, ainsi que la fraction d'oxydes liquides formée ; il permet aussi de prédire la qualité d'un aggloméré à partir des données sur les produits crus et sur le fonctionnement de la chaîne.

Les mécanismes de réduction des oxydes de fer dans la cuve du haut-fourneau ont été étudiés en mettant l'accent sur deux étapes importantes :

- la fissuration des cristaux qui est susceptible de se produire lors de la réduction de l'hématite en magnétite ;
- la formation des "whiskers" de fer lors de la réduction de la wüstite en fer.

Les mécanismes qui gouvernent le transfert du silicium des oxydes vers le métal, dans les zones voisines des tuyères, sont déterminants pour la teneur en silicium de la fonte. Le gaz  $\text{SiO}$  est le vecteur essentiel de ce transfert entre les impuretés siliceuses du coke et le métal liquide qui ruisselle dans le bas du haut-fourneau. La cinétique des réactions d'émission et d'absorption de  $\text{SiO}$  par les phases condensées a été étudiée à l'échelle du laboratoire, puis intégrée à l'échelle de l'appareil industriel.

Des mesures d'activité thermo-dynamique des constituants du laitier par spectrométrie de masse et une modélisation mathématique des transferts de masse aux interfaces ont permis de mieux maîtriser ces réactions métal-laitier en vue d'obtenir la composition de la fonte visée.

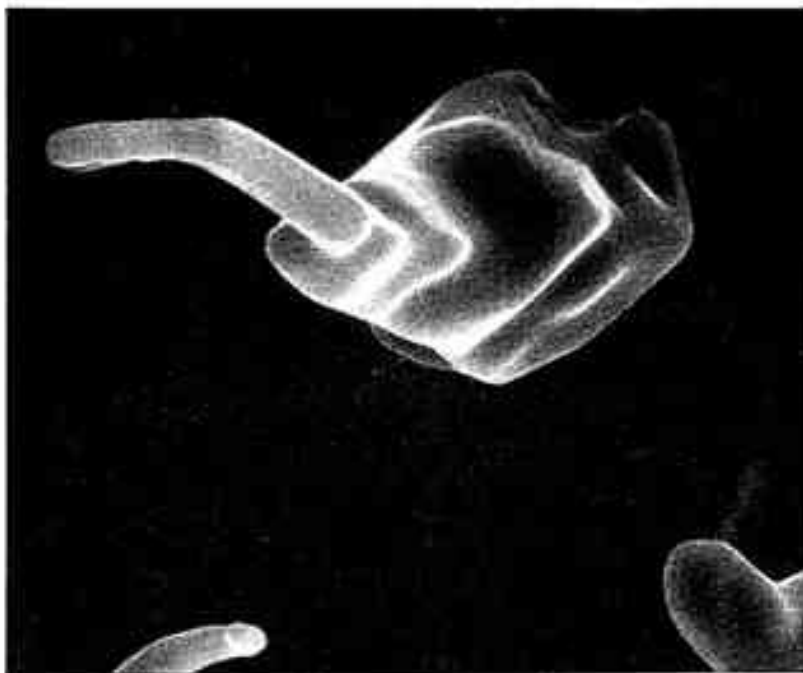
La progression simultanée des diffé-

rents partenaires de ce projet, tant pour les connaissances de base que pour les perfectionnements techniques, a déjà permis des améliorations substantielles des résultats au cours des processus d'élaboration de la fonte dans les différentes usines Usinor-Sacilor. Des teneurs en silicium nettement plus basses et moins dispersées peuvent maintenant être obtenues au haut-fourneau : il en résulte des gains notables sur le coût des enfournements aussi bien au haut-fourneau que dans les convertisseurs qui traitent la fonte correspondante pour en faire de l'acier.

Le Groupement scientifique CNRS-IRSID a rassemblé au sein d'un même projet des ingénieurs travaillant directement à l'amélioration des procédés au sein des usines de Sillac à Fos-sur-Mer et Dunkerque, avec quatre équipes CNRS chargées d'étudier des phénomènes fondamentaux, particulièrement critiques pour le progrès technique : les Laboratoires de sciences et génie des matériaux métalliques (Nancy), de thermodynamique et physico-chimie métallurgiques (Grenoble), de chimie du solide minéral (Nancy), de métallurgie extractive (Ecole centrale).

Le rôle de l'IRSID a été, d'une part, de développer un certain nombre de recherches appliquées constituant le ciment des différents apports, et, d'autre part, de faire en sorte que les deux types d'intervenants soient informés et tirent profit des progrès au fur et à mesure, sans avoir à sortir de leur mission principale.

■ Paul Riboud, directeur technique de l'Institut de recherches de la sidérurgie (IRSID), BP 320, 57214 Maizières-les-Metz Cedex.



"Whisker" de fer (croissance cristalline sous forme de fibre) à la surface d'un oxyde dans les conditions du haut-fourneau. (© IRSID).



## Synthèse organique par électrochimie

L'Equipe Génie chimique du Laboratoire des sciences du génie chimique (LSGC) de Nancy a collaboré avec la société Oril de Bolbec pour mettre au point une installation pilote de synthèse de l'acido 1-méthyl-2-indoline par électrochimie; les études fondamentales et technologiques faites à cette occasion sont transférables à d'autres synthèses.

■ Alain Stoeck, Gérard Valentin

L'électrosynthèse organique par voie directe ou indirecte constitue une alternative intéressante aux voies chimiques traditionnelles. Parmi ses avantages, on peut citer: la propreté d'une technique utilisant le vecteur électricité; des conditions opératoires de pression et de température généralement douces; une possibilité de sélectivité réactionnelle élevée lorsque la maîtrise du comportement du réacteur est suffisante; la substitution éventuelle de réactifs coûteux (hydrures d'hydrogénation par exemple) par l'électricité; dans certains cas, la réduction du nombre d'étapes d'un procédé.

C'est dans ce contexte général et sur la base de recherches préliminaires menées à l'Université de Rennes par R. Jacob, pour le compte de la société Oril, qu'a été mis en œuvre un projet de collaboration entre l'équipe «Génie électrochimique» du LSGC et Oril SA dans le cadre d'un contrat de l'appel d'offres «Procédés de fabrication de produits chimiques» du Ministère de la recherche et de l'industrie.

Il s'agissait de préparer l'acido 1-méthyl-2-indoline pour électroréduction de la nitroso 1-méthyl-2-indoline en milieu aqueux.

Deux attitudes étaient *a priori* envisageables:

- mener des campagnes d'expériences préparatives en «aveugle» en utilisant une cellule de laboratoire classique, fonctionnant en mode discontinu; avec un peu de chance et de flair, un procédé électrochimique aurait peut-être vu le jour;

- entreprendre une analyse systématique expérimentale et théorique de l'ensemble des phénomènes mis en jeu afin de déduire un modèle suffisamment fiable et général pour être applicable à de nombreuses configurations géométriques et hydrodynamiques, et assez complet pour permettre de déterminer la structure de cellule et les conditions opératoires optimales.

Il est clair que la première démarche, même si elle était susceptible de «gagner» du temps, ne présentait que peu d'intérêt pour un universitaire, alors que la seconde avait l'avantage d'une démarche scientifique qui générerait des connaissances nouvelles et pouvait être étendue à d'autres cas de synthèse.

Parfaitement consciente de cet enjeu, la société Oril opta pour la seconde attitude.

L'une des principales originalités de la démarche utilisée réside dans le va-et-vient permanent entre des campagnes d'expériences menées au sein d'un réacteur de laboratoire et la mise sur pied de modèles de plus en plus précis et suffisamment généraux pour être utilisables dans d'autres configurations hydrodynamiques et géométriques.

Le succès de cette expérience, réalisée de septembre 1983 à janvier 1987, n'a été possible que grâce à une collaboration effective entre les deux partenaires ainsi qu'avec le chercheur de l'Université de Rennes qui avait effectué les expériences préliminaires montrant la faisabilité de la synthèse à l'échelle du laboratoire.

Le partenaire universitaire, dont l'action aurait pu être limitée à une simple prestation de service, a pu, à cette occasion, non seulement valider ses compétences en génie électrochimique, mais aussi faire progresser la connaissance des systèmes réactionnels complexes. A l'heure actuelle - et c'est le seul point d'ombre de cette expérience -, la conjoncture est telle que le produit fabriqué semble avoir perdu son importance commerciale. Mais l'utilisation de l'installation (actuellement localisée chez l'industriel) pourra être envisagée pour d'autres synthèses organiques.

■ Alain Stoeck, Laboratoire des sciences du génie chimique.

■ Gérard Valentin, Laboratoire des sciences du génie chimique, CNRS-ENSIC (Ecole nationale supérieure des industries chimiques), 1, rue Grandville, BP 451, 54001 Nancy Cedex.

## Le génie de Nancy à votre service

■ Jacques Villermay

Les études fondamentales de génie des procédés ne trouvent leur sens véritable que dans les applications industrielles. Une structure spécifique de transfert, PROGEPI, se charge de la tâche délicate de faire passer dans les usines le savoir-faire acquis au laboratoire. PROGEPI (Centre de promotion du génie des procédés dans l'industrie) est un service du Laboratoire des sciences du génie chimique. Une équipe réduite de deux permanents peut, à tout moment, mobiliser chercheurs, enseignants, ingénieurs et techniciens du laboratoire autour de la résolution d'un problème industriel.

Ce service a pour orientation de collaborer avec les autres Centres de transfert de technologie régionaux. Si la vocation première est de s'adresser aux grands groupes régionaux, il joue un rôle d'appui fondamental aux PMI. Il est par exemple le Centre de transfert de l'Institut lorrain des chimistes spécialisés (ILCS) récemment mis en place par les universités lorraines. Il constitue aussi un des éléments sur lesquels pourra s'appuyer le futur Institut européen de génie des procédés (IEGP) que les équipes de génie des procédés de Nancy s'efforcent actuellement de créer.

■ Jacques Villermay, professeur à l'Ecole nationale supérieure des industries chimiques, directeur de PROGEPI, Laboratoire des sciences du génie chimique du CNRS-ENSIC-INPL (Ecole nationale supérieure des industries chimiques, Institut polytechnique de Lorraine), 1, rue Grandville, BP 451, 54001 Nancy Cedex.



# Le pétrole à la mer

Que deviennent les matières organiques déversées dans la mer ? De la réponse à cette question dépendent non seulement les conséquences des pollutions pétrolières, mais aussi la mise au point de méthodes d'épuration de certains déchets.

■ Jean-Claude Bertrand et  
François Blanc

Les conséquences écologiques et économiques de l'échouage des super-pétroliers (Torrey-Canyon, Amoco Cadiz, Exxon Valdez), de l'explosion des efflorescences planctoniques et des multiplications d'algues qui ont ravagé ces deux dernières années les côtes atlantiques du Portugal à la Norvège, rendent évident et obligatoire le développement d'une stratégie permettant d'assurer la protection d'un environnement marin côtier soumis à des pollutions chroniques et accidentelles de plus en plus nombreuses. La mise en place de mesures préventives et curatives nécessite, entre autres, une connaissance accrue des mécanismes de transformation des polluants, la définition des seuils de tolérance admissibles par les biotopes marins (quel est le réel pouvoir auto-épuration du milieu ?), l'établissement de tests écotoxicologiques et la construction (à partir d'études de dynamique côtière) de modèles capables de prévoir quantitativement le devenir d'un polluant.

L'activité de notre laboratoire est axée sur la genèse et le devenir de la matière organique en milieu marin. Il a été en contact avec de nombreux industriels, soit pour le traitement biologique des déchets, soit pour l'étude de la toxicité et du devenir de produits qui pourraient y être rejetés.

Dans la première catégorie, nous pouvons citer l'étude faite sur le traitement biologique de déchets accumulés dans des cuves de stockage d'hydrocarbures (contrat IFREMER pour la société SOMAFER). Ces produits ont pu être solubilisés par des molécules qui possèdent des propriétés tensio-actives, excrétées en continu par une communauté bactérienne se développant sur le pétrole brut. A partir de 1986, une collaboration plus large et de longue durée (3 ans) sur les problèmes de pollution a vu le jour. Un Groupement scientifique a été créé pour mettre en œuvre une coopération entre disciplines complémentaires (biologie, biochimie, microbiologie, physico-chimie) afin d'acquies une meilleure connaissance du devenir de la matière organique - quelle

que soit son origine - en milieu marin. Ce Groupement scientifique auquel participe la société Elf-Aquitaine s'appuie essentiellement sur deux formations de recherche : le Laboratoire de structure et évolution des milieux marins (UA 41 CNRS) et le Laboratoire de chimie moléculaire et pétrochimie (UA 126 CNRS). Le Laboratoire de microbiologie marine (ER 223 CNRS) et le Service de microbiologie de l'Université d'Aix-Marseille III participent à la réalisation de certains aspects du programme. Dans l'eau, les études concernent notamment l'évolution des différentes espèces de composés organo-stanniques (éléments de base des peintures anti-salissures). Dans les sédiments, l'activité est centrée sur le devenir des hydrocarbures et de leurs produits de dégradation, ainsi que sur celui de biodépôts (provenant d'une exploitation mytilicole). Ces études sont entreprises simultanément dans le milieu naturel (microcosmes implantés *in situ*) et au laboratoire (systèmes à flux continu et chémostats).

A partir des données ainsi acquises dans le cadre d'un programme de recherche de type fondamental, la société nationale Elf-Aquitaine sera à même d'innover ou d'améliorer certaines (bio) technologies de lutte *in situ* contre les pollutions pétrolières, de fabriquer ou de reformuler des produits qui soient à la fois efficaces et acceptables pour le milieu marin (ex. : dispersants), produits dont la toxicité (éventuelle) sera établie, non pas sur simple présomption, mais à partir de connaissances scientifiques (ex. : peintures anti-salissures).

Pour terminer, nous ajouterons que le développement de biotechnologies destinées à la protection et à l'épuration des systèmes aquatiques devra certainement faire appel au génie génétique. L'application de ces techniques en matière de dépollution *in situ* reste encore très incertaine. Elle n'a pas abouti dans le cas de la biodégradation du pétrole. Mais on peut envisager de les utiliser sur des molécules plus simples, en systèmes contrôlés (chémostats).

■ Jean-Claude Bertrand, professeur à l'Université Aix-Marseille 2, Centre d'océanologie de Marseille.

■ François Blanc, professeur à l'Université Aix-Marseille 2, directeur du Centre d'océanologie de Marseille, Faculté des sciences de Luminy, case 901, 13288 Marseille Cedex 09



Echouement du porte-conteneur Kinkorsten sur une plage normande en janvier 1987. (© CEDRE).

## Le CRIM organise l'intelligence (artificielle)

Les systèmes experts s'appuient sur des connaissances qui sont fournies à l'ordinateur par des spécialistes. Un groupement scientifique s'est créé en Languedoc-Roussillon pour le développement de l'intelligence artificielle. Deux champs d'applications immédiats : la médecine et la chimie-biologie.

■ Jean Sallantin

Un groupement\* (sorte de laboratoire sans mur comportant une quarantaine de personnes) a été créé en juillet 1985 à Montpellier pour aider au développement de l'intelligence artificielle dans la région. Il est animé par l'équipe Intelligence artificielle du CRIM (Centre de recherche en informatique de Montpellier) et rassemble les partenaires industriels et universitaires (CNRS-INSERM) qui se sont engagés à coordonner leurs moyens matériels et leurs ressources.

Trois sujets ont été retenus :  
- l'acquisition des connaissances : il s'agit de fournir à l'expert humain qui détient le savoir un outil simple pour organiser et énoncer ses connaissances d'une manière compréhensible par l'ordinateur ;  
- la construction d'objets complexes : il s'agit de produire un système proposant à un expert des plans de fabrication d'un objet qui respectent des contraintes obligatoires de validité et qui optimi-

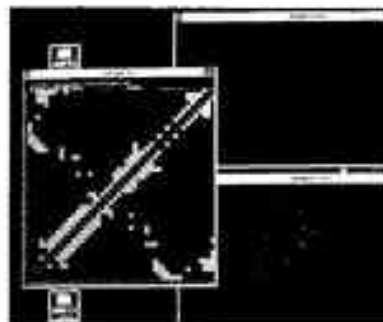
sent la satisfaction d'un ensemble de préférences ;

- l'apprentissage à partir d'exemples : il s'agit de concevoir une machine capable d'apprendre à partir d'exemples. Un tel système doit en particulier s'améliorer en examinant les raisons de ses succès et de ses échecs.

Le travail est actuellement organisé autour de deux projets (soutenus par la Communauté européenne) :

- la conception d'un outil de suivi thérapeutique et de formalisation des protocoles de chimiothérapie en cancérologie. Un système d'acquisition de connaissance DILEM réalisé par le CRIM est couplé avec un système de planification MITIC réalisé par le Département recherche et développement de Framentec. La réalisation va être mise en test dans plusieurs services hospitaliers ;

- la mise au point d'un poste de travail Biostation intelligent, consacré à l'aide à la découverte et à la suggestion d'expériences en biologie moléculaire. Une réalisation est en test dans différents laboratoires du groupement.



Détermination de la forme tridimensionnelle de macromolécules. À l'aide de techniques d'apprentissage, le biologiste peut construire des modèles de sites particuliers dans des protéines par exemple. La fenêtre sur fond bleu est une représentation en deux dimensions mettant en évidence les proximités entre amino-acides de la protéine, éditable. Les fenêtres noires représentent le modèle 3D proposé de la zone étudiée (en vert), comparé à la réalité cristallographique (en bleu).

\*Les formations de recherche participant au Groupement sont, outre le CRIM, pour le secteur public :

- le Centre de recherche en biologie macromoléculaire,
  - le Centre CNRS/INSERM de pharmacologie-endocrinologie,
  - le Département d'information médicale du CHU,
  - le Centre national universitaire Sud de calcul.
- Pour la partie industrielle :
- la Société Sanofi pour le compte de la Société nationale Elf Aquitaine,
  - la société Framentec.

■ Jean Sallantin, Centre de recherche en informatique (ERA 815 CNRS), 880, route de Saint-Piast, 34100 Montpellier.

## Une mémoire qui fait des bulles

La SAGEM, le LETI et quatre laboratoires du CNRS (Orsay, Meudon et Grenoble) ont décidé à la fin de 1988 d'unir leurs efforts pour mettre au point une technologie de mémoire à ligne de Bloch. Objectif : un circuit intégré de 64 millions de bits par centimètre carré dans cinq ans.

■ Michel Poirier

La SAGEM (Société d'application générale électrique et mécanique) produit déjà depuis plu-

sieurs années des puces mémoires à bulles magnétiques, d'une capacité de 1 Mbits, dans lesquelles l'information est codée par la présence ou l'absence de bulles magnétiques, à un endroit de la puce matérialisé par un chevron de

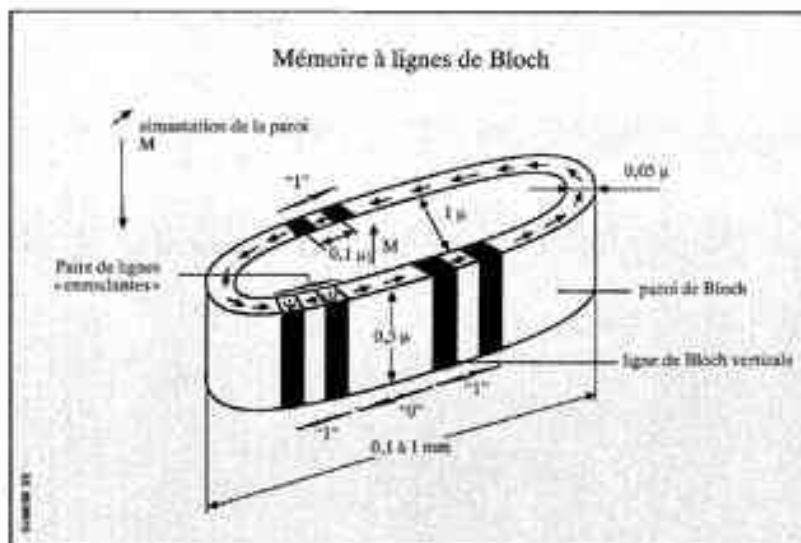
fer nickel de quelques microns de longueur. Dans la nouvelle technologie de mémoire à ligne de Bloch, objet de la collaboration, chaque bulle magnétique constitue elle-même un registre circulant dont la capacité peut être de quelques milliers de bits. L'information y est alors codée par la présence ou l'absence de paires de lignes de Néel dans une paroi de type Bloch. Les positions d'équilibre des paires de lignes (bits) sont matérialisées par l'intersection de la paroi avec un réseau de lignes en matériau magnétiquement dur (CoPt). La faible épaisseur des parois (cinq centièmes de micron) aussi bien que la faible distance des lignes dans une paire (environ un demi-micron) font penser qu'avec cette

technologie, il sera possible d'atteindre des densités de stockage d'information très élevées (1 milliard de bits/cm<sup>2</sup>).

En ce qui concerne l'accès (écriture/lecture) à l'information stockée, il est possible de transformer des bulles en paires de lignes et vice-versa. Ceci offre l'énorme avantage de ne pas remettre fondamentalement en cause l'électronique déjà développée pour faire fonctionner les mémoires à bulles et, d'autre part, de faire appel à des moyens connus pour déplacer les bulles.

La première partie de la collaboration CNRS, LETI (Laboratoire d'électronique et de technologie de l'informatique), SAGEM consiste à vérifier la faisabilité à faible densité d'une puce à ligne de Bloch.

Pour cela, il est nécessaire de mettre au point des matériaux dans lesquels les lignes soient stables et puissent se déplacer sans entrave. D'autre part, le déplacement de lignes par champ pulsé met en œuvre non seulement la statique, mais aussi la dynamique des lignes. Pour mieux comprendre les phénomènes en jeu, il est nécessaire de simuler (mise en œuvre de moyens lourds), mais aussi d'expérimenter et donc de visualiser les lignes. Malheureusement, les dimensions extrêmement faibles des éléments à visualiser limitent les possibilités de l'expérimentation. Toutefois, une méthode originale, mettant en œuvre la diffraction de la lumière par les



Mémoire à ligne de Bloch. La bulle magnétique constitue un registre circulant. L'information y est codée par la présence ou l'absence de paires de lignes de Néel dans la paroi.

lignes, a été mise au point à Orsay et donne de bons résultats sur des puces sans gravure. Par contre, l'observation de lignes dans un dispositif réel avec gravure risque d'être toujours très difficile.

Si la faisabilité d'une puce de 1 kbits est démontrée dans les deux ans à venir, une puce non volatile de capacité 64

Mbits/cm<sup>2</sup> devrait pouvoir être fabriquée d'ici cinq à six ans.

■ Michel Poirier, ingénieur, responsable des études mémoires à bulles, Division mémoires à bulles magnétiques, SAGEM, BP 51, 95612 Cergy Cedex.

## L'histoire de Gaz de France

Une équipe de l'Institut d'histoire du temps présent écrit, depuis août 1987, l'histoire de Gaz de France de 1946 à nos jours. Elle conjugue la rigueur d'une démarche professionnelle à une absence d'a priori, fait caractéristique des méthodes historiques.

■ Alain Beltran

On peut distinguer plusieurs types de « produits » historiques qui, en fait, ne répondent pas tous aux mêmes critères. Souvent les commanditaires ne retiennent l'approche historique que pour la confection de « plaquettes » commémoratives où les principales étapes de la croissance d'une firme sont évoquées à grands traits et avec un œil peu critique. Si ce type de recherche demande du soin et un évident savoir-faire, il reste limité dans les usages et ne peut ressortir d'un label

scientifique, car il n'est pas soumis à la critique de la communauté historique qui, par ses exigences, sert de garde-fou et de contre-pouvoir face aux possibles pressions d'un commanditaire.

Une demande comme celle de Gaz de France s'avère plus ambitieuse. La présidence et la direction de la communication souhaitent que le résultat des recherches puisse conjuguer une information sûre, parce que scientifiquement rassemblée, avec la possibilité d'une diffusion vers un large public qui ignore pratiquement tout d'une entreprise qui a connu une véritable révolution depuis une trentaine d'années. Cette histoire

demandée à des professionnels (qui engagent donc leur crédibilité), est censée être objective et s'éloigner de récits partisans (quelle que soit leur tendance). La mise en perspective historique, la diversité des points de vue, les comparaisons sectorielles ou internationales sont d'ailleurs autant d'éléments qui permettent à ces monographies de prendre une réelle valeur scientifique. Cet élargissement des approches reste aussi le meilleur moyen de convaincre nos partenaires que l'Histoire est bien plus qu'une chronologie mais, après la reconstitution chronologique des faits, une analyse fine et globale des crises et des conflits, des adaptations et des blocages, une compréhension des interactions entre les potentialités internes et les défis externes, enfin une dialectique étroite entre le présent et le passé. Si cet aspect pédagogique permet d'accroître le rôle que l'historien peut jouer dans la société, il y trouve aussi le moyen d'explorer un champ de recherche original, indispensable à la compréhension des évolutions contemporaines. D'ail-





Terminal de Montoir-de-Bretagne : à quai, le navire méthanier Edouard L.D. (© Gaz de France, cliché Ciné/Concept).

quelle des équipes pluridisciplinaires pourraient s'attaquer - mais toujours dans une vision à long terme - essaierait de répondre à des questions complexes comme la capacité d'un groupe à réagir aux défis technologiques, la réalité d'une culture interne et ses modifications, l'évolution de l'image externe, l'efficacité des modes de gestion successifs... Ce genre d'études ne se prête pas vraiment à une diffusion en dehors de l'entreprise mais peut servir de base de réflexion aux responsables de tous niveaux. L'Histoire, peu normative et fondamentalement empirique, mettrait ici un peu de relativité dans des schémas explicatifs stéréotypés et servirait à même de dégager les tendances lourdes ou les virages « historiques ». Face à un avenir par définition incertain, elle est un des éléments de réflexion pour des hommes engagés dans des paris audacieux et qui ne disposent pas en général d'analyse à long terme des capacités d'adaptation de leur firme. L'histoire d'entreprise se doit donc d'être une réponse scientifique à une demande sociale complexe. Mais c'est une attente qu'il convient de ne pas décevoir.

► leurs, certains schémas explicatifs, autrefois répandus, ayant été affaiblis, l'entreprise peut aujourd'hui être abordée avec un minimum d'a priori (même

si aucun historien ne peut affirmer être totalement exempt d'idées préconçues).

Enfin, un autre type d'approche à la-

■ Alain Beltran, chargé de recherche au CNRS, Institut d'histoire du temps présent, 44, avenue de l'Amiral Mouchez, 75014 Paris

## Avec Aerospatiale, collaboration tous azimuts

Le CNRS et l'Aerospatiale collaborent depuis très longtemps. Avant même la création de l'entreprise, le CNRS était en rapport avec les sociétés dont le rassemblement l'a constituée. La signature d'un accord cadre en 1986, et son renouvellement en 1989, ne sont donc que la consécration administrative d'un état de fait très ancien.

■ Jacques Balazard

L'effort croissant de recherche de l'Aerospatiale s'accompagne actuellement d'une augmentation de la collaboration avec le CNRS dans tous les domaines, et principalement dans ceux qui concernent trois départements : mathématiques et physique de base, sciences physiques pour l'ingénieur et chimie.

Pour des raisons historiques, plus de la moitié des collaborations ont trait aux

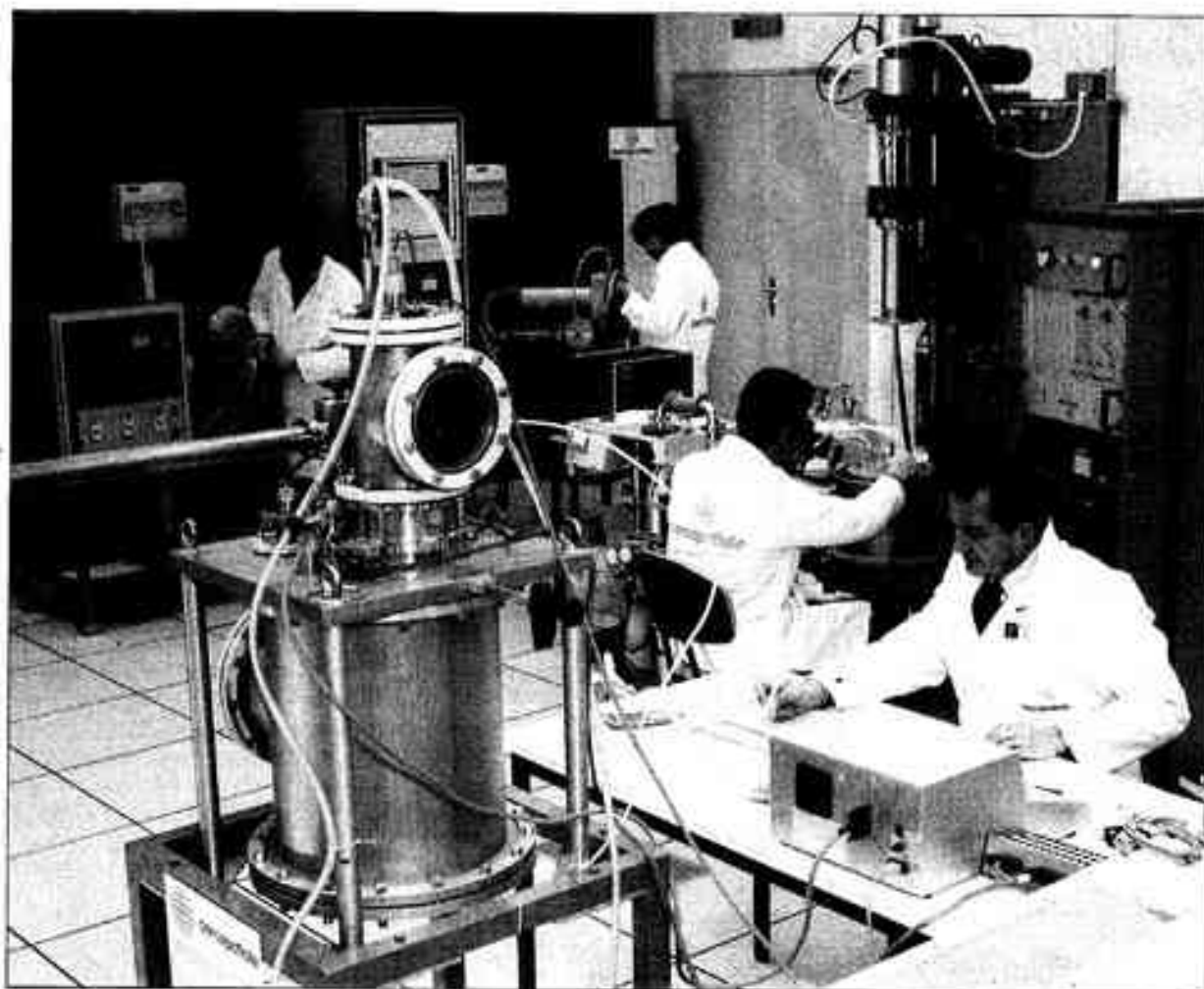
matériaux. Les études sur les matériaux composites sont les plus importantes. Elles font intervenir la chimie (relation structurepropriétés ; ensimage et revêtement des fibres ; vieillissement des matières organiques), la mécanique, les techniques d'essai (en particulier le contrôle non destructif par tomographie) et de calcul (GRECO calcul de structure, comportements non linéaires). Les autres matériaux (allages légers, aciers, polymères, etc.) font l'objet de collaboration sur des thèmes comme la fissuration en fatigue, les mé-

canismes de déformation, le collage, etc.

Bien d'autres activités, couvrant les domaines les plus divers, ont fait l'objet d'études conjointes. Citons, par exemple, les calculs aérodynamiques sur ordinateur, l'étude des instabilités de combustion, des mesures optiques et radioélectriques (interféromètre, connectique de fibres optiques) sans oublier des expériences embarquées sur satellites (cristallogénèse en microgravité) ou la fabrication de grands miroirs. Ces collaborations dépassent le cadre strict des techniques « dures » puisqu'elles ont été étendues à des sujets comme l'étude ergonomique de la conception des cabines de pilotage d'avion.

Les formes que peuvent revêtir ces collaborations sont diverses. La plupart se traduisent par des contrats d'études sur des sujets précis, à la demande spécifique d'Aerospatiale ou dans le cadre d'études en liaison avec d'autres partenaires. Elles conduisent la plupart du temps à une soutenance de thèse. Des participations communes à des Groupements scientifiques s'établissent. La première à s'être concrétisée est le Pôle





■ Laboratoire du Pôle de recherche Aquitaine pour les matériaux dans l'espace (PRAME). (© Aerospatiale Aquitaine)

de recherche aquitain pour les matériaux dans l'espace (PRAME), qui nous permettra de développer conjointement les activités « Microgravité » dont l'enjeu économique peut être considérable dans quelques années. Ce laboratoire est intégré dans les locaux d'Aerospatiale Aquitaine, ce qui permet aux chercheurs CNRS qui y travaillent d'être en contact direct avec l'industrie. La nomination de quelques ingénieurs d'Aerospatiale comme directeurs de recherche au CNRS marque une nouvelle approche de la collaboration.



■ Etude de la fissuration par délaminage de matériaux composites carbone/epoxy. (Laboratoire des matériaux acoustiques - CNRS Marseille et Clinique Clairval de Marseille). Cliché de tomographie au scanner : endommagement du composite en front de délaminage.

■ Jacques Balazard, directeur, Direction centrale technique d'Aerospatiale, 37, boulevard de Montmorency, 75781 Paris Cedex

## Quand les chercheurs organisent l'entreprise

Faire appel à une équipe de recherche pour organiser une usine, voilà qui n'est pas banal. L'expérience menée par l'ERIHST (Equipe de recherche interfaces hommes-systèmes de travail) et la société Manducher montre que la méthode est efficace : gains de productivité, mais aussi amélioration de la qualité de la vie sont au rendez-vous.

■ Raymond-Pierre Bodin

En 1986, dans le cadre d'une recherche sur le changement social dans les PME financée par le Ministère du travail, les chercheurs de l'ERIHST (sociologues, psychologues, ergonomes) s'intéressent au secteur de transformation des matières plastiques et particulièrement à la société Manducher (1,2 milliard de chiffre d'affaires, 2000 salariés dans sept unités de production). Cette dernière décide alors de faire appel à eux pour une étude pluridisciplinaire sur son organisation.

L'analyse développée par les chercheurs met à jour des dysfonctionnements dans tous les domaines : gestion de production, gestion des approvisionnements et traitement des rebuts, suivi qualité, etc., et permet d'identifier trois problèmes clés : l'organisation de la production (gestion des flux), l'organisation du travail (qualification des opérateurs, formation) et l'aménagement du temps de travail (trois huit, équipes de suppléance). Les conclusions de la recherche sur le temps de travail sont utilisées par la direction et les syndicats qui signent un accord d'entreprise en juillet 1987.

Après ce premier succès, une recherche finalisée sur l'organisation de la production aboutit à la décision, en 1988, de réimplanter totalement une des usines de production (coût : 2 millions de francs, amortis en 12 mois). Les résultats de la recherche sont pris en compte dans la conception d'une nouvelle usine qui ouvrira en 1990.



Usine de la société Manducher ayant fait l'objet d'une étude d'organisation par les chercheurs de l'ERIHST. L'atelier d'injection thermoplastique.

Une recherche fondamentale sur l'évolution des qualifications et les nouveaux métiers dans la transformation des matières plastiques, prévue pour 18 mois, est actuellement en cours.

Les premières recherches ont été totalement financées par l'entreprise ; les recherches actuelles sont cofinancées par le CNRS - Programme interdisciplinaire de recherche sur les technologies, le travail, l'emploi et les modes de

vie (PIRTTEM), le Ministère de la recherche et de la technologie et le Conseil régional de Rhône-Alpes.

■ Raymond-Pierre Bodin, professeur, directeur de l'Equipe de recherche interfaces hommes-systèmes de travail (GDR 895 CNRS), UFR Sciences de l'homme et de la société, Université des sciences sociales, 47X, 38040 Grenoble Cedex

## Une suite logique

L'équipe de logique du CNRS (Université Paris VII) a collaboré une première fois avec la Division logiciels avancés du Centre de recherche de Bull à la préparation d'un projet européen dans le cadre du programme ESPRIT. Une nouvelle convention leur permet de prolonger cette collaboration, en dehors du programme européen, en liaison avec le Laboratoire d'informatique de l'Ecole normale supérieure et le groupe FORMEL de l'INRIA (Institut national de recherche en informatique et en automatique).

■ Richard Lassaing

Après avoir travaillé ensemble à l'élaboration du projet ESPRIT sur la conception d'un environnement de programmation déclarative, la division « Logiciels avancés » du Centre de recherche Bull (Louvenciennes) et l'Equipe de logique poursuivent conjointement une recherche à carac-

tère logique sur les problèmes de typage posés par les langages fonctionnels.

Dans les langages de programmation classiques qui possèdent un système de typage, tels PASCAL ou ADA, la vérification des types effectuée à la compilation assure une correction partielle du programme. Dans un langage fonctionnel, tout programme représente une fonction, en un sens général, et on peut lui associer un type exprimant sa nature,

suyant le genre de structures de données sur laquelle elle opère (entiers, listes, arbres...). Ces langages permettant une forme de programmation déclarative, l'objectif de la recherche entreprise est l'étude des *systèmes de types* adaptés.

La première composante d'un environnement de programmation utilisant un tel système est un langage dans lequel on peut exprimer la *spécification* d'un programme sous la forme d'*équations fonctionnelles*.

La seconde est basée sur le *lambda-calcul*, qui est le modèle général de représentation fonctionnelle: ce formalisme fournit un codage pour les programmes, pour lequel il existe une interprétation très directe en langage machine.

La dernière composante est un *système logique* permettant d'exprimer les

types sous forme d'énoncés et de faire des preuves sur ces énoncés. Ce cadre possède une propriété remarquable qui est celle de la correspondance entre *preuves* et *programmes*: un terme du lambda-calcul peut être considéré comme la trace d'une preuve mathématique dans ce système, précisément la preuve de l'énoncé correspondant au type. Cette propriété fournit la correction du programme considéré, relativement à sa spécification.

Le principal système de types, possédant ces différentes caractéristiques, a été élaboré par J.-L. Krivine, directeur de l'Equipe de logique.

L'objet de la convention de recherche avec le CRG Bull est constitué par deux études.

La première concerne la réalisation d'un *prototype d'éditeur de preuves* et de *vérificateur de types*: il permettra en ef-

fet de réaliser de nombreuses expérimentations sur les classes de programmes fonctionnels, pour déterminer les classes de preuves correspondant aux méthodes habituelles de programmation fonctionnelle, ainsi que celle fournissant des algorithmes efficaces.

La seconde est la comparaison des systèmes existants qui intègrent dans un même cadre les approches fonctionnelles et de *programmation logique* (PROLOG): celle-ci est actuellement l'autre forme représentative de programmation déclarative et pose également des problèmes de typage, qui sont loin d'être résolus.

Richard Lavoigne, maître de conférences à l'Université Paris 7, Equipe de logique (UA 753-CNRS), Tour 45-55, UFR de mathématiques, 2, place Jussieu, 75251 Paris Cedex 05.

## Observateurs dans l'entreprise

Le Groupement d'intérêt public « Mutations industrielles » est une structure originale par sa composition: quelques grands groupes privés et publics se sont associés au CNRS pour développer des recherches économiques et sociologiques sur les mutations industrielles en cours.

Laurence Coutrot

Rassemblant depuis 1985 des acteurs hétérogènes dans une structure de partenariat, le Groupement « Mutations industrielles » a su donner à la recherche un statut nouveau: la définition commune des thèmes et des objectifs de la recherche assure dès le départ les conditions nécessaires à la valorisation de ses résultats.

Parmi les « pères fondateurs », on trouve Thomson, Bull, Rhône-Poulenc, Sacyr et la Direction générale des télécommunications (DGT). Ces entreprises sont adhérentes, c'est-à-dire qu'elles participent à la fois à l'élaboration du programme de recherche et à son financement, ce qui n'exclut nullement le développement d'activités plus ponctuelles avec d'autres entreprises. Les rencontres inter-adhérents permettent une mise en présence des expériences industrielles et des acquis théoriques et pratiques élaborés dans les recherches. Une fertilisation mutuelle constante en résulte.

Les chercheurs impliqués dans ce programme ont aujourd'hui fait la preuve de la pertinence de leurs travaux pour l'entreprise, non seulement auprès des responsables de ressources humaines mais également auprès des opérationnels.

Parce que les objectifs de la recherche sont définis en coopération avec les responsables d'entreprise, la diffusion des résultats est organisée d'une façon efficace, plus abordable, plus continue, moins académique que de coutume. La présence, au cœur de l'entreprise de chercheurs de sciences sociales est l'occasion pour les responsables d'une réflexion sur l'analyse et la théorisation de leurs expériences professionnelles. Confrontés à la nécessité d'inventer de nouvelles formes d'organisation du travail, les responsables ont trouvé dans la présence d'observateurs, extérieurs mais non étrangers à l'entreprise, une opportunité pour les aider à concevoir de nouvelles formes d'automatisation qui prennent en compte les contraintes socio-techniques et à élaborer des systèmes d'hypothèses quant aux différents modèles possibles.

Le programme de recherche concerne les nouvelles déterminations de la production et l'évolution des relations industrielles. Il vise à mettre en lumière les éléments constitutifs et la portée des ruptures intervenues depuis les années soixante-dix. Ramener l'évolution des structures industrielles aux conditions de rentabilité et aux transformations de la concurrence et de la demande exigerait l'analyse des mutations internes à la production qui fut l'objet d'approches séparées et éclatées entre disciplines.

Le programme a pour but d'établir les rapports qui se nouent entre les transformations conjointes des techniques productives, de l'organisation et du contenu du travail, des pratiques et des représentations du travail, de la production et des structures industrielles. L'analyse de la dynamique productive dans son ensemble peut permettre de jeter des passerelles entre l'économie industrielle, les sciences sociales du travail et l'histoire des sciences et des techniques. Elle inclut l'étude de l'évolution des relations industrielles, notamment des stratégies et de l'action des organisations syndicales de salariés et des organisations patronales face et à travers les mutations techniques, économiques et sociales actuelles.

Laurence Coutrot, chargée de mission au Département des sciences de l'homme et de la société, CNRS, 15, quai Anatole-France, 75007 Paris

# LES UNITÉS MIXTES CNRS/ENTREPRISES

**L**orsque des compétences se trouvent à la fois dans une entreprise et dans des laboratoires du CNRS, leur complémentarité peut être exploitée par la création d'un laboratoire commun CNRS/Entreprise. Un tel laboratoire s'appuie le plus souvent sur des collaborations antérieures et résulte de la définition d'un projet scientifique élaboré en commun et destiné généralement par ses retombées à faire franchir une étape technologique. Le premier laboratoire mixte créé avec une entreprise date de 1984. Actuellement, il en existe quatorze (voir encadré), certains engageant également des universités, voire même des régions.

Entreprise	Date	Titre
ROUSSEL UCLAF	06/84	Synthèse de produits bioactifs
RHONE-POULENC	03/86	Précurseurs polymériques de matériaux
SAINT-GOBAIN	04/86	Matériaux métalliques amorphes
ELF	05/86	Génie catalytique. Réacteurs de raffinage
RHONE-POULENC	06/86	Physiologie et biologie cellulaires végétales
AGROCHIMIE		
INSTITUT FRANCAIS DU PETROLE	11/86	Génie catalytique. Fabrication des catalyseurs
RHONE-POULENC	02/87	Réacteurs catalytiques en milieu triphasique
SOCIETE EUROPEENNE DE PROPULSION	01/88	Composites thermostucturaux
BIO MERIEUX	03/88	Chimie et biochimie moléculaire
INSTITUT FRANCAIS DU PETROLE	07/88	Polymères spéciaux thermostables
BRUKER	10/88	Résonance magnétique nucléaire
MATRA	10/88	Interface homme-système (ARAMIHS)
SYNTHELABO	01/89	Conception d'analogues de biomolécules : application aux anti-viraux.
ETCA	06/89	Interaction laser-matériau

## Une première réussie

Le laboratoire mixte CNRS/Roussel Uclaf, créé en 1984, est le plus ancien laboratoire associant dans un même lieu chercheurs du CNRS et de l'industrie. Son efficacité montre sans équivoque l'intérêt de ce type de collaboration. Premier du genre, il peut servir de modèle à ceux qui ont été mis en place plus récemment.

■ Robert Lett

**L**e laboratoire mixte CNRS/Roussel Uclaf a été créé en janvier 1984 à l'initiative de Pierre Papon et du Docteur Sakiz. Il rassemble un groupe de synthèse organique et un groupe de biochimie sous la responsabilité scientifique de P. Potier. Il est implanté en milieu industriel au centre de recherche de Roussel Uclaf à Romainville.

Lorsqu'il m'a été proposé en mars 1983 d'être responsable de l'équipe de synthèse au sein de ce projet, j'ai accepté d'emblée car j'y voyais de nombreux avantages. En plus d'un financement plus large et d'une infrastructure plus solide que ceux que j'aurais pu trouver dans un milieu strictement universitaire, nous devions bénéficier de la large expérience acquise par Roussel Uclaf dans des synthèses multistades. Par ailleurs, nous allions avoir l'occasion

d'être en contact plus étroit avec les chercheurs impliqués dans les autres étapes de l'élaboration d'un médicament.

La création d'une équipe impliquait aussi la formation de jeunes chercheurs, avec le recrutement de jeunes ingénieurs dont la thèse serait cofinancée par le CNRS et l'entreprise. Elle permettait donc d'envisager un renouvellement des personnes dans une configuration moins figée que celle imposée par les statuts de carrière des personnels CNRS ou de l'enseignement supérieur, et d'aboutir plus ou moins rapidement à un équilibre dans une équipe comprenant un tiers de BDIE\*, un tiers de post-doc et un tiers de chercheurs confirmés. Les jeunes thésards y auraient notamment l'occasion de mieux cerner les divers métiers envisageables pour un organicien de l'industrie pharmaceutique et l'occasion d'y trouver du travail une fois leur thèse passée. Mes espoirs n'ont pas été déçus.



Nos travaux ont porté, dès le début, sur la synthèse totale de la forskoline que nous terminons actuellement. Cette molécule possède des propriétés pharmacologiques remarquables (liées notamment à sa capacité à activer l'adénylate-cyclase). Ce travail nous a conduit à étudier particulièrement les époxydations tungstiques (recherche qui s'est traduite par une thèse). Ils se poursuivent avec les synthèses en cours du radical et de la monocilline I.

De 1985 à 1987, B. Delpech et moi-même, nous nous sommes associés à A. Jacot pour des actions de formation interne dispensées dans l'entreprise pour l'enseignement de la synthèse organique (cours et travaux dirigés) et nous avons bien entendu participé aux forums de la chimie Roussel Uclaf ainsi qu'aux conférences du Centre de recherche.

Les faits ont confirmé le bien fondé de la conception qui a conduit à la création de l'unité mixte : il faut profiter de la complémentarité des hommes dans les recherches pluridisciplinaires et ne pas vouloir faire jouer directement à un chercheur du CNRS un rôle d'industriel. Cette remarque se traduit, sur le plan intellectuel, par la constatation qu'une synthèse totale destinée à donner l'accès à des composés qui ne peuvent pas être préparés — ou très difficilement — à partir du produit naturel ne doit pas être confondue avec une synthèse industrielle. De même, une première voie d'accès à ces composés dont on veut étudier les propriétés pharmacologiques doit le plus souvent s'affranchir de considérations d'optimisation de procédés, de problèmes de coût ou d'industrialisation de la synthèse.

Le respect des accords CNRS-Entreprise et de la règle de confidentialité n'empêche pas la publication, même si cela peut retarder (à regret bien sûr) celles concernant certains travaux (problèmes relatifs aux synthèses totales qui doivent être achevées pour la prise de brevets, ou aux propriétés pharmacologiques).

En fait, la contrainte n'est pas plus forte que lors d'une collaboration extérieure avec un industriel. Au contraire, le fait d'être installé au sein même de l'entreprise favorise la concertation avec le service des brevets.

*\*Bourses de docteur ingénieur cofinancées par les entreprises.*

■ Robert Lett, Laboratoire CNRS/Roussel Uclaf, BP 9, 102, route de Noisy, 93230 Rosny-sous-Bois.

## Lorraine : une volonté de faire

La création du laboratoire mixte CNRS/Saint-Gobain à Pont-à-Mousson remonte à 1986. Il est né de la volonté des deux partenaires d'accroître le potentiel scientifique de la Lorraine. Sa spécialité est la recherche sur les matériaux (en particulier métalliques) dont les propriétés interfaciales sont prépondérantes.

■ André Thomy

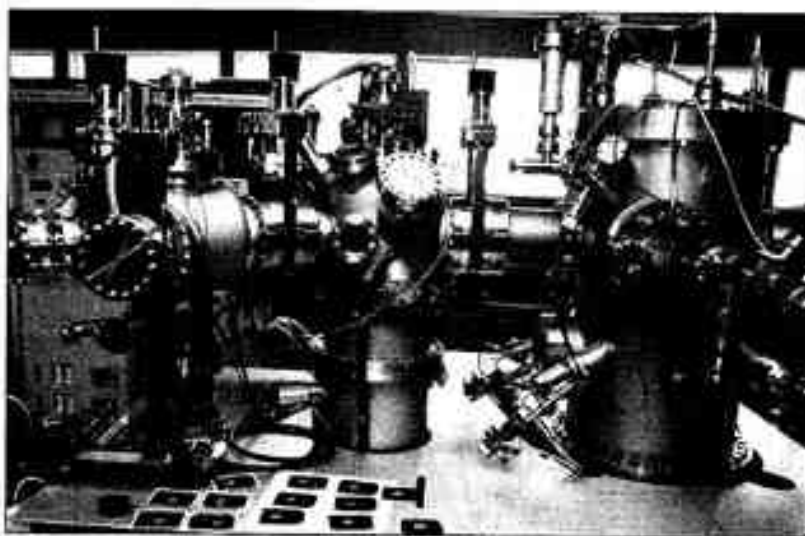
La vocation du laboratoire mixte CNRS/Saint-Gobain est l'étude de matériaux amorphes ou microcristallins obtenus par trempe rapide, de couches minces à structure modulée (multicouches, super-réseaux métalliques), et de poudres métalliques ultrafines (grains inférieurs au micron).

Les équipements initialement prévus sont actuellement tous opérationnels, le montant des investissements étant de l'ordre de 15 millions de francs. La pièce maîtresse est un ensemble d'élaboration et d'analyse sous ultra-vide de super-réseaux métalliques (banc d'épitaxie par jets moléculaires avec diffraction d'électrons à haute énergie, spectroscopie d'électrons Auger et de photoélectrons). Avec cet appareil, le laboratoire a synthétisé des super-réseaux originaux constitués de couches alternées de fer et de ruthénium de périodicité très stricte. Leur particularité réside dans le fait que les couches de fer ont, parce qu'elles sont en épitaxie sur celles de ruthénium, une structure hexagonale

dilatée qui n'est pas la structure normale du fer. De tels matériaux suscitent un vif intérêt, car ils peuvent présenter des propriétés magnétiques, électroniques, chimiques..., exceptionnelles par rapport aux constituants élémentaires. Ce sont également des systèmes modèles pour l'étude des interfaces.

Le laboratoire rassemble douze permanents venant du CNRS, de l'Université et de Saint-Gobain, et deux jeunes ingénieurs en formation (convention CIFRE). Il a déjà à son actif une quinzaine de publications et communications. Il collabore étroitement avec les autres centres de recherche de Saint-Gobain, notamment avec le Centre de recherche de Pont-à-Mousson où il est implanté, ainsi qu'avec de nombreux autres laboratoires aussi bien lorrains (Institut lorrain des métaux) qu'extérieurs à la région (LURE à Orsay, Institut Laue Langevin à Grenoble).

■ André Thomy, directeur de recherche au CNRS, directeur du Laboratoire mixte CNRS/Saint-Gobain (UMR 37 CNRS), BP 109, 54704 Pont-à-Mousson Cedex.



Ensemble pour l'élaboration et l'analyse de super-réseaux métalliques. De droite à gauche, les trois parties de l'appareil (enceinte d'élaboration, chambre d'analyse, sas d'introduction des échantillons) sont nettement visibles.

## Fortifier le bon grain, détruire l'ivraie

Pour détruire les végétaux par les herbicides, les moyens employés actuellement sont assez grossiers : les molécules efficaces ont été découvertes empiriquement. Les recherches fondamentales de physiologie végétale menées au centre de la Dargoire près de Lyon par un laboratoire mixte CNRS/Rhône-Poulenc devraient conduire à la mise au point d'une nouvelle génération d'herbicides spécifiques d'un grand intérêt.

■ Roland Douce

Actuellement, la méthode la plus efficace pour découvrir des herbicides nouveaux est le criblage systématique, c'est-à-dire l'examen de l'action de nouvelles molécules sur des plantes cultivées en serre ou sur le terrain. À côté de ce criblage aveugle, mais qui a fait ses preuves, il est important de développer un criblage plus élaboré, sur des cibles biochimiques bien définies. Il faut pour cela mieux connaître les voies métaboliques qui font l'originalité des végétaux. C'est à l'approfondissement de ces connaissances que se consacre le Laboratoire mixte de physiologie cellulaire végétale CNRS/Rhône-Poulenc (Rhône-Poulenc Agrochimie, Centre de recherches de la Dargoire, Lyon).

Le métabolisme de la cellule végétale se caractérise par une très grande flexibilité qui autorise la plante à s'adapter aux variations de son environnement. Cette flexibilité lui permet d'intégrer les composés minéraux (gaz carbonique, nitrates, sulfates...) dans des molécules organiques indispensables à leur croissance et à leur développement. Si les grandes voies du métabolisme cellulaire végétal menant à la synthèse des molécules organiques complexes (glucides, protéines, lipides...) sont assez bien connues, il n'en est généralement pas de même pour les voies de biosynthèse conduisant à la formation des précur-

seurs indispensables : aminoacides, vitamines. Or, la biosynthèse de ces précurseurs est souvent une priorité caractéristique du règne végétal et des micro-organismes. Les enzymes impliquées constituent donc des cibles potentielles pour des herbicides spécifiques et de faible toxicité vis-à-vis de l'environnement.

Le laboratoire mixte CNRS/Rhône-Poulenc procède en conséquence à une recherche fondamentale sur quelques enzymes choisies parce qu'elles occupent des positions-clés dans la biosynthèse des acides aminés. Cette étude nécessite des approches variées : préparation d'organites (plastides, mitochondries...) intacts, purification d'enzymes, utilisation des outils de la biochimie, de la physiologie et de la biologie moléculaire végétale. Elle demande avant tout une solide connaissance de la cellule végétale. Cette connaissance est apportée par l'étroite relation qui existe avec l'URA CNRS 576 (Centre d'études nucléaires et Université Joseph Fourier de Grenoble).

Si le Laboratoire mixte de la Dargoire se consacre à la recherche fondamentale, il est en interaction constante avec la recherche finalisée.

Les outils biochimiques qu'il développe sont directement utilisables pour le criblage d'herbicides potentiels, augmentant considérablement les chances de découverte de produits nouveaux. En étudiant des voies de biosynthèse inconnues et les enzymes qui y sont impliquées, le laboratoire aide les chimistes à la synthèse des meilleurs inhibiteurs. La connaissance du site actif de ces enzymes ouvre la voie à de nouvelles molécules pouvant les prendre pour cible. Il devrait en résulter une augmentation de la sélectivité de l'action sur les cultures et les adventices.

■ Roland Douce, professeur à l'Université Joseph Fourier de Grenoble, directeur de laboratoire (URA 576 et UM 34 CNRS), Centre d'études nucléaires, DRP/PCV 85 X, 38041 Grenoble Cedex.

## ELF craque pour vous

La production de carburants à partir du pétrole brut dans les raffineries utilise une importante réaction de « craquage » au cours de laquelle les fractions lourdes sont coupées en molécules plus petites. Le rendement de cette opération dépend fortement des catalyseurs employés. Une unité mixte ELF/CNRS travaille depuis plus de trois ans à leur amélioration.

■ Jean-René Bernard

L'objectif de l'unité mixte 35 créée en janvier 1986 à l'initiative de ELF et des directions de la Chimie et des Sciences physiques pour l'ingénieur du CNRS est de mieux comprendre et d'améliorer la mise en œuvre des catalyseurs de craquage des coupes lourdes du pétrole pour produire des carburants. Il s'agit d'un procédé clé de la valorisation des raffineries. Les écarts de rendement entre l'unité industrielle et le test de laboratoire sont suffisamment grands pour justifier une telle étude.

Ce craquage se réalise en quelques secondes lorsque la charge pétrolière de

quelques centaines de tonnes/heure vient au contact de plusieurs centaines de tonnes/heure d'un catalyseur pulvérulent, circulant en lit fluidisé entre le réacteur et le générateur.

Les travaux concernent l'étude directe des unités industrielles pour prendre en compte l'effet de taille, paramètre important pour les lits fluidisés (les résultats sont comparés à ceux de pilotes de taille intermédiaire), la détermination en laboratoire des lois cinétiques du craquage et l'étude en pilote des transferts de matière et de chaleur. La comparaison de ces deux derniers points est faite par modélisation sur ordinateur. Elle permet de déterminer quels sont les facteurs importants dans la mise en œuvre industrielle.

## Des exigences complémentaires

L'unité mixte 35 est installée dans les locaux du Centre de recherches Elf de Solaize, près de Lyon. Avec sept ou huit chercheurs et techniciens à temps plein, sa petite taille et sa composition équilibrée en font une équipe homogène. Ses objectifs sont fixés en commun par ses deux créateurs, ce qui permet de travailler sur un programme pluriannuel amendable selon les prévisions économiques. Comme les autres équipes Elf, elle est cliente des services du Centre, analyse, informatique, documentation, services généraux.

Les chercheurs d'origine CNRS ont dû s'adapter à de nombreux changements : sujets et quelquefois discipline, interventions en usine tenant compte des contraintes de la production, dialogue avec l'ingénieur ou le contremaître de fabrication, obligation de travailler sur des phénomènes complexes non simplifiables...

Ils ont su se faire apprécier de leurs collègues industriels : il suffit d'observer avec quelle attention, ils sont écoutés tant en usine qu'en recherche. L'image du chercheur fondamental isolé dans sa tour d'ivoire a complètement disparu.

Tout n'est cependant pas toujours facile. Les exigences des deux partenaires diffèrent souvent. L'un attend une amélioration des performances de ses instal-



Prélèvement de mélange réactionnel dans un craqueur industriel. (Cliché J.-R. Bernard).

lations, tandis que l'autre désire produire de la bonne science, évaluable par la communauté scientifique. Il faut donc, à tout moment, équilibrer les activités appliquées et fondamentales qui sont de toute manière complémentaires

et se nourrissent l'une de l'autre.

Jean-René Bernard, Laboratoire de génie catalytique des réacteurs de raffinage (UMR 35 CNRS), Société Elf Solaize, BP 22, 69369 Saint-Symphorien d'Ozon.

## Le génie du réacteur

**Comprendre et maîtriser les mécanismes détaillés des réactions triphasiques où interviennent simultanément gaz, liquide et solide est l'objectif des recherches de l'unité mixte CNRS/Rhône-Poulenc**

Jean Jenck

**I**ndustrialiser un procédé chimique dont le principe a été reconnu prometteur, c'est d'abord savoir extrapoler le réacteur qui met en œuvre les réactions chimiques, cœur du procédé.

Extrapoler le réacteur, c'est savoir le dessiner, le dimensionner, l'équiper, trouver un matériau convenable afin d'en prédire la productivité et les coûts. Tous ces objectifs renvoient à des questions de recherche fondamentale : il faut savoir prendre en compte simultanément et maîtriser les mécanismes réactionnels et catalytiques, le génie du réacteur.

Or, les réactions catalytiques en milieu triphasique (gaz, liquide, solide) sont très complexes. Actuellement, les réactions industrielles reposent encore sur des bases en grande partie empiriques. D'où les difficultés éprouvées lorsqu'on veut extrapoler une nouvelle réaction, changer radicalement les conditions, ou augmenter le rendement.

Seul un travail scientifique et pluridisciplinaire rigoureux peut permettre d'avancer dans ce domaine de façon significative et donner des bases sûres pour l'extrapolation. C'est l'objectif de travail de l'unité mixte CNRS/Rhône-Poulenc.

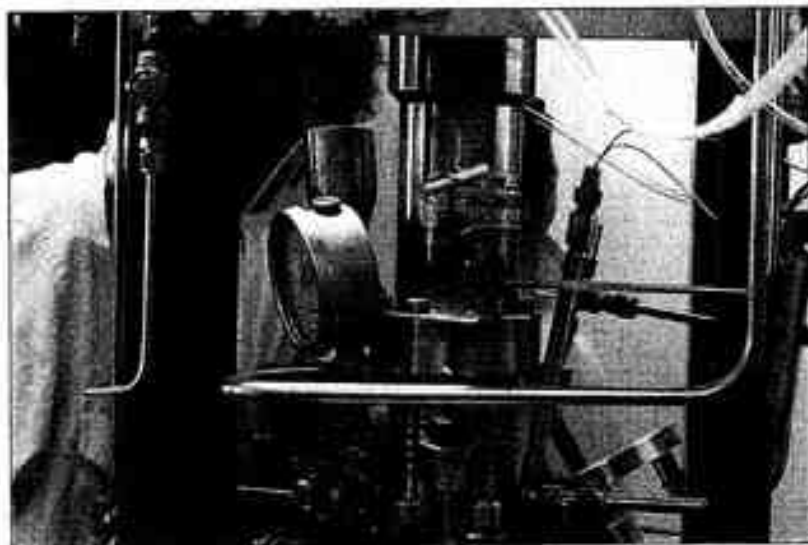
Ce travail prend appui sur de grandes

réactions industrielles, notamment l'hydrogénation et l'oxydation, mises en œuvre grâce à des catalyseurs variés (métaux disposés sur supports, métaux divisés, etc.) et dans des réacteurs de conceptions très diverses.

Pour apprécier la complexité du problème posé, il faut savoir que même en le schématisant, une réaction triphasique comporte un minimum de huit étapes. Une première approche consiste à repérer l'étape limitante puis à apprécier les conséquences de cette limitation sur les autres étapes qui se trouvent, de ce fait, modifiées tant du point de vue cinétique que de l'énergie d'activation.

L'analyse de ces systèmes, complexe, n'est pas encore suffisamment avancée pour voir émerger des concepts simples, comme le sont les critères de Thiele et de Hatta, le facteur d'efficacité pour les réactions catalytiques fluide-solide. Un des objectifs majeurs de la recherche dans ce domaine est donc de développer une méthodologie d'étude de ces réactions, pour définir des paramètres d'extrapolation déterminants dans la conception du réacteur industriel.





Réacteur différentiel d'hydrogénation sous pression. (© CNRS-LRCMT, cliché J. Forest).

La définition des réactions-test, permettant d'accéder en termes de productivité et de sélectivité aux performances d'un catalyseur, la mise en œuvre d'une même réaction dans différents types de réacteurs intrapolés d'appareils industriels, la définition de réacteurs de laboratoire font partie des objectifs de recherche principaux pour aboutir à une méthodologie de choix objectif de réacteurs industriels.

La confrontation et la collaboration permanentes de spécialistes de catalyse hétérogène, de chimie organique et de génie chimique est ainsi une condition *sine qua non* de la réussite dans nos objectifs.

Jean Jenck, directeur de l'Unité mixte 45 CNRS/Rhône-Poulenc, Rhône-Poulenc Industrialisation, BP 166, 24, av. Jean-Jaurès, 69151 Décines-Charpieu Cedex.

## L'industrie, le CNRS et l'université entrent en résonance

Une collaboration qui dure longtemps, plus une aide de la région : est-ce la bonne recette pour créer une unité mixte CNRS, université, industrie ? En Alsace, la société Bruker, le CNRS et l'université Louis Pasteur s'associent pour développer des appareils d'instrumentation et des méthodes en résonance magnétique nucléaire.

Pierre Granger

L'entreprise Bruker a pour vocation la fabrication d'instruments scientifiques, principalement des systèmes magnétiques, des appareils de résonance magnétique nucléaire (RMN) et de résonance paramagnétique électronique (RPE) de très haute sophistication. Elle a eu pendant longtemps comme client principal la recherche publique, ce qui implique de bonnes relations avec ce milieu et, en conséquence, elle est très au courant des besoins de ses clients potentiels.

Depuis très longtemps, notre laboratoire collabore avec elle. Des travaux en

commun ont été publiés à plusieurs reprises. Chacun a donc pu juger. La collaboration s'amplifiant et devenant de plus en plus étroite, il est devenu nécessaire d'institutionnaliser cet état de fait de façon à lui donner une nouvelle dimension et un nouvel élan qu'elle n'aurait pu acquérir sans le soutien et la reconnaissance du CNRS et de l'Université. Nous avons ainsi décidé de créer une unité mixte grâce, notamment, au soutien financier de la région.

Nous n'allons pas en quelques années révolutionner le domaine de la résonance magnétique nucléaire. Les progrès dans cette discipline très évoluée se font lentement par la réunion des idées de tous les spécialistes du domaine.

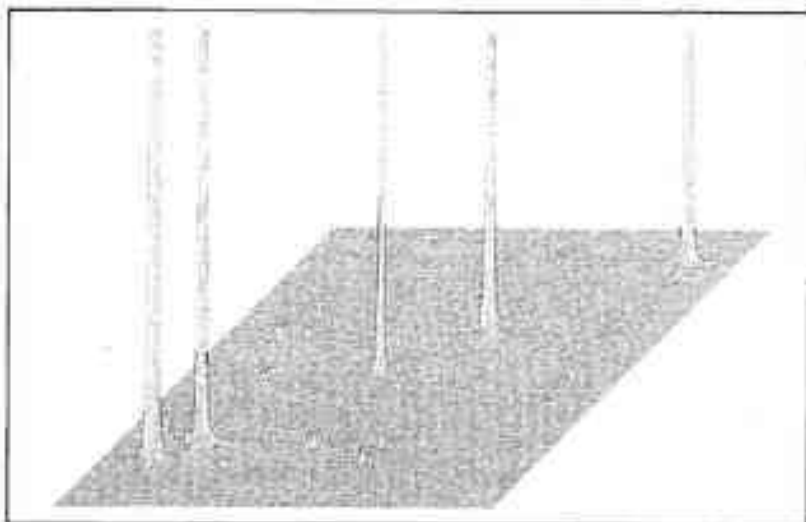
Mais notre alliance sera bénéfique

pour de multiples raisons. Citons-en deux : la littérature fourmille d'une multitude de nouvelles idées dont certaines impliquent des améliorations instrumentales. Il est bon, après avoir effectué les transformations et les avoir testées sur des cas simples, de vérifier la généralité et les potentialités des méthodes dans la vie quotidienne d'un laboratoire où les échantillons n'ont pas toujours les qualités de ceux utilisés pour les tests. L'essai en vraie grandeur est important avant toute commercialisation. Seule une entreprise alliée à un laboratoire peut le faire.



Appareil de résonance magnétique nucléaire (RMN) type MSL 300 permettant l'observation de tous les noyaux quel que soit leur état physique.





Ce spectre à deux dimensions a permis pour la première fois d'établir de façon absolue la structure de certains polytungstates en solution grâce à la RMN du tungstène 183. Les petits pics hors diagonale établissent les corrélations entre les différentes résonances.

La mise au point de réseaux informatisés entre les spectromètres des utilisateurs, soit pour envoyer de nouveaux programmes, soit pour aider l'expérimentateur, soit pour réparer à distance les pannes les plus courantes, demande des essais préalables en conditions d'utilisation réelles. Il faut donc disposer de relations privilégiées avec un laboratoire d'un niveau technique suffisant en vue d'effectuer les tests de mise au point indispensables avant commercialisa-

tion.

Notre collaboration n'est évidemment pas limitée à ces deux aspects. Nous espérons notamment que la mise en commun de moyens importants permettra le développement de nouvelles techniques plus fondamentales, en particulier dans le domaine de l'observation des métaux de transition en solution ou en phase solide.

Une des caractéristiques de l'entreprise Bruker est de posséder des cadres

issus de l'université et qui n'ont pas perdu la forme d'esprit des universitaires. Ils connaissent donc bien les ressources, les potentialités et les caractères du milieu avec lequel ils vont travailler. Ils ne considèrent pas la recherche universitaire comme la vache à lait où l'on peut faire faire des expériences coûteuses à des prix défiant toute concurrence.

Certaines universités comme l'Université Louis Pasteur sont passées à l'âge adulte des rapports avec les industriels, et demandent à être considérées comme des partenaires à part entière et non pas comme des sous-traitants. Une solide amitié entre les contractants et le respect des compétences de chacun à condition qu'elles se situent à un niveau équivalent, sont le gage du succès de l'opération.

Un autre point important est la proximité géographique des deux parties. La distance de soixante kilomètres entre Wissembourg, où est établie la société Bruker, et l'Université de Strasbourg permet des échanges en moins d'une heure : le fait de pouvoir, en une demi-journée, faire modifier une partie d'un instrument, évite tous les problèmes de transports habituels et permet à l'expérimentateur d'avoir un dialogue direct avec le personnel responsable dès que cela devient nécessaire.

**Pierre Granger**, professeur à l'Université Louis Pasteur Strasbourg I, directeur du Laboratoire de résonance magnétique et modélisation moléculaire (UM 050 CNRS), Institut de chimie, BP 29608, 67008 Strasbourg Cedex.

## Des matières plastiques résistantes à la chaleur

En 1988, l'Institut français du pétrole (IFP) et le CNRS ont mis sur pied une unité de recherche mixte consacrée aux études fondamentales sur les matières premières commercialisées par le CEMOTA, un groupement d'intérêt économique créé en 1983 par l'IFP et l'Institut national de recherche chimique appliquée (IRCHA) pour valoriser les connaissances des deux organismes dans ce domaine.

**Bernard Sillion**

À la fin des années soixante-dix, le marché des matières plastiques résistantes aux hautes températures s'est ouvert. L'IFP décide alors de se doter d'une structure de valorisation pour exploiter ses très nombreux brevets et son savoir-faire en créant, en association avec l'Institut national de recherche chimique appliquée (IR-

CHA) en 1983, un groupement d'intérêt économique, le CEMOTA.

Ce GIE à vocation industrielle et commerciale, est implanté en Amérique du Nord par l'intermédiaire d'une filiale américaine de l'IFP et, depuis peu, en Extrême Orient par un bureau IFP à Singapour.

Le CEMOTA a une activité consacrée à l'électronique (70 %), aux matériaux structuraux (20 %), au pétrolier : développement de polymères pour

membranes de séparation, protection de l'électronique de fond... (10 %). Ces actions sont couvertes à 70 % par des ventes de produits, principalement à l'exportation, et à 30 % par des ventes de services (contrats et marchés d'études).

Implanté à Vernaison, le CEMOTA coopère avec les industries, les universités et les centres de recherche en région Rhône-Alpes et s'efforce d'être présent dans la compétition internationale très

► vive dans le domaine de ces produits qui peuvent permettre des percées technologiques importantes.

Cependant, cette nécessité implique un effort de recherche important qui ne pouvait être pris en compte uniquement par le CEMOTA. Dès les années 1984-85, le CNRS avait affecté des chercheurs au CEMOTA sur ces thèmes de recherche et, en 1988, le CNRS et l'IFP ont décidé d'augmenter cet effort en créant une unité mixte dont la mission est d'assurer la recherche fondamentale dans le domaine des matériaux organiques thermostables à un niveau compétitif au plan international. Ce laboratoire comprend maintenant trois

chercheurs CNRS, deux ingénieurs et trois techniciens IFP ainsi que deux élèves de thèse.

Au programme de cette unité mixte on trouve :

- la recherche de nouvelles macromolécules alliant une grande stabilité thermique à des propriétés diélectriques utilisables dans une large gamme de température ;
- la synthèse de nouvelles résines pour composites avec les fibres de carbone ;
- les études sur les mécanismes de polymérisation en solution à l'état solide et la détermination des lois de comportement de ces nouveaux matériaux linéaires, réticulés ou multiphasés.

Au plan scientifique, la coopération CNRS-IFP a produit depuis 1984, dix brevets et trente publications et ouvrages.

Sur le plan de la valorisation des résultats, ces travaux trouvent des applications dans les domaines de l'électronique (fabrication de circuits et leur assemblage), de l'électrotechnique (isolants pour conducteurs) et de l'aérospatiale (mousses isolantes, composites et adhésifs structuraux pour navette spatiale et engins).

■ Bernard Sillion, directeur de l'UMR 302 CNRS-IFP, BP 3, 69390 Vernaison.

## Main dans la main avec l'ordinateur

Prendre une décision, parfois rapidement, au vu des indications fournies par un ordinateur, rien n'est plus banal. Mais rien n'est plus difficile. Quelles seront, sinon les meilleures, du moins les plus adaptées des interfaces entre l'homme et la machine ? Telle est la question que se pose ARAMIHS (Action recherche et applications MATRA-IRIT en interface homme-système), laboratoire mixte qui rassemble le CNRS, Matra Espace et l'IRIT (Institut de recherche en informatique de Toulouse).

■ Jean-Paul Denier

Les progrès technologiques ont permis une plus grande sophistication des grands systèmes opérationnels, en particulier spatiaux. L'informatique y règne en maîtresse. Mais ce n'est pas elle qui prend les décisions ultimes. En bout de chaîne, on trouve l'homme, qui, en fonction des données que lui fournit le système, décide des mesures à prendre. Comment faire pour limiter les possibilités d'erreurs humaines ? Quel est le degré d'automatisation à adopter, notamment au niveau des postes de pilotage, des centres d'opération ou de contrôle ? Comment l'homme réagit-il aux indications qui lui sont fournies par le système ? Ne risque-t-il pas de voir en elles une « boîte noire » dénuée d'intelligence et de souplesse ?

Il convient d'étendre les capacités d'interaction entre les utilisateurs et le système, afin de les rendre les plus conviviales et les plus performantes possibles, notamment en situation de crise



Ingénieurs de MATRA et chercheurs de l'IRIT devant des stations graphiques, à la fois outils de l'actuel travail de recherche et prototypes de futurs postes-opérateurs.

quand la connaissance précise et complète de l'état d'un système est, avec les moyens actuels, difficile à obtenir dans des délais opérationnels courts.

L'objectif d'ARAMIHS est de créer, à partir de la conception des sys-

tèmes, des modèles de référence à utiliser comme support à la formation des opérateurs et comme outil d'aide à la décision en utilisation nominale, situations de crise, évolution et maintenance.

### Les acteurs d'ARAMIHS

La durée de convention, signée fin 1988, est de quatre ans. Elle pourra être prolongée d'un commun accord. L'équipe est composée pour un tiers d'ingénieurs de MATRA, pour deux tiers de chercheurs de l'IRIT. Les effectifs de six personnes au départ atteindront douze personnes en régime de croisière. Les moyens matériels sont essentiellement fournis par MATRA. La région apporte une contribution qui représente 30 % du coût total du projet.

La réunion de partenaires comme MATRA et l'IRIT dans une même structure relève d'un esprit de défi ou de challenge dans la mesure où les deux organismes ont des pratiques, des cultures et des objectifs habituellement différents.

Mais la conviction des initiateurs du laboratoire, partagée maintenant par tous ses acteurs, est qu'ARAMIHS est un projet porteur et fécond qui allie la rigueur de la démarche industrielle avec les capacités d'innovation et d'invention propres à la recherche. La présence de quasiment tous les chercheurs sur le même site (bureaux côte à côte, même restaurant d'entreprise...) est destinée à obtenir une véritable cohérence technique et accroître le sentiment d'appartenance à une même équipe.

■ Jean-Paul Denier, ingénieur de recherche, directeur du Laboratoire ARAMIHS (UMR 115 CNRS/MATRA), Z.I. du Palay, 31, rue des Cosmonautes, 31077 Toulouse Cedex.

# LES ECHANGES PAR LES HOMMES

**P**our transférer dans l'industrie le savoir acquis au CNRS et à l'université, il existe plusieurs méthodes. La plus directe passe par les hommes. Le chercheur qui va, temporairement ou définitivement, travailler dans l'industrie emporte avec lui son savoir qu'il met à la disposition de son nouvel employeur. Le CNRS, très favorable à de tels transferts, facilite cette mobilité grâce à des modalités administratives adaptées : la mise à disposition et le détachement qui permettent au chercheur de revenir, s'il le désire, au CNRS après avoir passé un temps plus ou moins long dans l'industrie (voir encadré). Le CNRS a également prévu de permettre à un ingénieur de l'industrie de passer 20 % de son temps dans un laboratoire du CNRS en créant la fonction de Directeur de recherche associé. Celui-ci

peut bénéficier d'un environnement apte à l'aider à développer des recherches que lui a suggérées son expérience industrielle mais qu'il ne peut réaliser dans son entreprise. Les chercheurs peuvent également travailler à temps partiel pour les entreprises en tant que consultants.

Certaines entreprises, comme Elf, font de ces transferts une politique. Pour d'autres, il s'agit d'un événement accidentel, destiné, en principe, à ne pas se reproduire, et qui résulte d'un concours de circonstances. Mais on peut facilement imaginer que nombre de celles qui y ont goûté seront tentées de recommencer.

L'expérience la plus risquée mais certainement la plus motivante est, pour le chercheur ou l'ingénieur du CNRS, de créer son entreprise pour combler une lacune dans le tissu industriel national. Les cas

sont nécessairement rares, la logique économique n'est pas celle du chercheur et les métiers sont très différents. C'est pourquoi le CNRS veut aider ceux qui veulent tenter cette aventure en leur facilitant l'apprentissage de ce nouveau métier.

## MOBILITE VERS LES ENTREPRISES

### Mise à disposition :

Le CNRS est l'employeur.

Durée maximum trois ans.

Remboursement par l'entreprise du salaire au-delà de six mois.

La carrière se poursuit normalement au CNRS.

### Détachement :

L'entreprise est l'employeur.

Durée maximum cinq ans.

L'augmentation de rémunération est limitée à 30 %.

La carrière se poursuit normalement au CNRS.

### La mise en disponibilité pour études ou recherches :

L'entreprise est l'employeur.

Durée maximum trois ans, renouvelable une fois.

La rémunération n'est pas limitée.

La carrière au CNRS est interrompue (réintégration possible).

### La consultation ou expertise à titre personnel :

Limitée après autorisation du CNRS à 20 % du temps.

Contrat à titre personnel avec l'entreprise.

Cumuls de rémunérations possibles.

### Année sabbatique :

Le CNRS est l'employeur.

Durée un an après six ans ou moins d'ancienneté au CNRS.

L'entreprise est choisie par le chercheur.

La carrière se poursuit normalement.



Etude en soufflerie elliptique d'écoulements turbulents au voisinage de pales d'hélicoptère. (© CNRS - IMFM, cliché A. Soldeville).

## Les BDIE : le point de vue de l'industriel

■ Catherine Euvrard

**L**es bourses de docteur ingénieur cofinancées par les entreprises (BDIE) présentent, pour de multiples raisons, un très grand intérêt pour les industriels.

Tout d'abord, ce cofinancement « 50/50 » d'une thèse de doctorat entre le secteur public, représenté par un laboratoire du CNRS, et le secteur privé, représenté par une entreprise, est sans aucun doute le signe le plus apparent de leur volonté de travailler ensemble, puisque les deux partenaires acceptent, selon les termes du contrat, un partage équitable des dépenses. Par ailleurs, du seul point de vue de l'industriel, il faut reconnaître que les formalités administratives sont réduites à leur strict mini-

mum. D'autre part, en cas de prise de brevet, les dispositions relatives à la propriété industrielle et à l'exploitation des résultats sont clairement énoncées à l'avance.

Mais, bien au-delà de ces considérations matérielles, il faut évoquer en second lieu un partage de la responsabilité scientifique. En effet, le sujet de la thèse et le laboratoire d'accueil sont choisis d'un commun accord et le dossier de candidature est présenté conjointement. Les BDIE sont donc un moyen unique de concrétiser l'indispensable osmose qui doit avoir lieu entre la science et l'industrie.

Une troisième raison qui rend les BDIE attractives est que le CNRS assume toutes les responsabilités qui incombent à l'employeur (y compris le verse-

ment d'une indemnité pour fin de contrat). L'industriel ne comptabilise donc pas parmi ses effectifs les jeunes thésards. Néanmoins, il a la garantie absolue que la personne qui effectue un travail pour lequel il sera facile d'apporter la preuve d'un lien de subordination « intellectuelle », a un statut de salarié et bénéficie de toutes les couvertures indispensables à sa protection sociale.

Enfin, cette formule qui donne aux jeunes la possibilité d'apprendre le métier de la recherche dans d'excellentes conditions, permet à l'entreprise de constituer sans engagement une pépinière dans laquelle elle pourra puiser ses chercheurs de demain.

Pour toutes ces raisons, le Groupe Roussel-Uclaf, en plus de ses propres bourses d'études, participe chaque année, et ceci depuis leur création, au financement de plusieurs BDIE.

■ Catherine Euvrard, directeur de l'Institut scientifique Roussel, Roussel-Uclaf, 35 boulevard des Invalides, 75007 Paris.

## Les BDIE : le point de vue du directeur du Département chimie

■ Michel Fayard

**L**e cofinancement des bourses de docteur-ingénieur qu'a imposé le Département chimie à ses laboratoires en 1984 visait essentiellement à augmenter le nombre d'ingénieurs formés par la recherche et à tisser des liens plus efficaces avec le secteur économique.

Actuellement 200 ingénieurs passent chaque année une thèse dans les divers secteurs de la chimie (chiffre à comparer avec les 900 ingénieurs chimistes qui sortent chaque année des écoles). En cinq ans, 203 BDIE ont été mises en place par nous avec 70 industriels.

Je suis évidemment très satisfait de l'augmentation du nombre des BDIE qui atteindra 60 environ en 1989. Le recrutement de ces ingénieurs par l'industrie se fait avec un excellent rendement, supérieur à 90 %, mais il est utile de constater que le plus souvent ce n'est pas l'industriel qui a financé la bourse qui embauche l'ingénieur. Cela est peut-être lié au fait que les thèses sont trop fortement insérées dans l'activité contractuelle : même dans nos nom-

breuses unités mixtes, les thésards sont envisagés par l'industriel plus comme un appoint intéressant au potentiel de recherche que comme de futurs ingénieurs de sa société.

Cette insertion, excessive à mon

goût, de la formation par la recherche dans une activité de recherche contractuelle, fait qu'il est actuellement très difficile de former un ingénieur sur un sujet suscité par la dynamique interne de la science et donc pour des raisons fondamentales. Ce type de formation est pourtant le plus souvent considéré comme excellent par les industriels qui, paradoxalement, sont amenés à le financer sans notre aide.

■ Michel Fayard, directeur scientifique du Département chimie du CNRS, 15, quai Anatole France, 75007 Paris.

## Chercheur de têtes

Marie-Christine Gabillaud-Wolf a été détachée à la direction scientifique d'Elf Aquitaine pour attirer dans l'entreprise des chercheurs, notamment du CNRS. En trois ans, leur nombre a triplé, atteignant maintenant une quarantaine par an.

■ Marie-Christine Gabillaud-Wolf

**C**onvaincu que c'est par les hommes que les compétences se transmettent le plus efficacement, Elf Aquitaine a souhaité renfor-

cer sa coopération avec la recherche publique par un meilleur échange entre les acteurs de ces recherches.

C'est ainsi que, responsable au CNRS (DVAR) du bureau Mobilité vers les entreprises et CNRS-consultants, j'ai été sollicitée par la direction scientifi-



que d'Elf Aquitaine auprès de laquelle j'ai été détachée pour une durée de trois ans à compter du 1<sup>er</sup> juin 1985.

Mon intervention s'est traduite par une forte augmentation du nombre de chercheurs accueillis dans notre laboratoire : celui-ci a triplé de 1985 à 1988 passant de 13 à 39. Parmi eux, les chercheurs CNRS sont passés de 3 à 21.

Le Groupe accueille ainsi annuellement une quarantaine de chercheurs de la recherche publique, la plupart pour un an. Certains restent plus longtemps (jusqu'à trois ans), en particulier lorsqu'ils occupent des postes de responsabilité ou d'encadrement. Dans ce cas, un recrutement à titre définitif leur est proposé et l'on peut recenser, depuis 1982, 21 recrutements à durée indéterminée dont 16 chercheurs du CNRS.

Réussir une opération de mobilité n'est cependant pas chose facile. Un certain nombre de conditions doivent être réunies pour en assurer le succès. Il faut notamment :

- confier au chercheur un « bon » sujet, susceptible de donner lieu à des résultats mesurables, tels que des dépôts de brevets et à des publications ;
- s'assurer que ce sujet s'intègre de façon indiscutable dans la stratégie de recherche des branches industrielles ;
- veiller également à bien intégrer le chercheur au sein d'une équipe dont il doit être membre à part entière ;
- établir, à l'issue du détachement, le bilan des résultats que nous avons pu retirer de cette mobilité au plan scientifique et humain. En particulier, un rapport écrit permet aux instances chargées d'évaluer le chercheur de prendre en compte correctement le travail réalisé chez nous.

Le succès des opérations de mobilité s'explique par les très nombreux avantages réciproques qu'elles présentent tant pour les chercheurs « mobiles » que pour ceux de l'entreprise. Leur « immersion » au sein de nos équipes de recherche permet en effet d'établir un dialogue permanent et continu et d'assurer ainsi un transfert mutuel et une diffusion très efficace des connaissances. Notre potentiel de connaissances scientifiques s'en trouve accru. Réciproquement, le chercheur s'ouvre à nos préoccupations de recherche et développement ; il appréhende mieux les aspects économiques des applications éventuelles de ses recherches ; il trouve l'occasion de se « ressourcer » et de détecter éventuellement de nouveaux thèmes de recherche.

Des liens personnels se trouvent ainsi tissés, qui favorisent notamment l'apprentissage d'une politique de publication en commun et privilégient par ailleurs le maintien et la qualité du dialogue poursuivi ultérieurement, tant avec



C'est par les hommes que les compétences se transmettent le plus efficacement... (© Elf Aquitaine, cliché G. Houllbreque).

le chercheur lui-même qu'avec son laboratoire.

En dehors de ces aspects très qualitatifs, les opérations de mobilité présentent pour l'entreprise d'autres avantages non négligeables parmi lesquels :

- le bénéfice de la propriété industrielle des résultats des travaux de recherche ;
- la non exigence d'une contrepartie financière à verser à l'organisme, dans le cadre de la procédure de « mise à disposition » et ce, pendant une durée de six mois (qui peut dans certains cas aller jusqu'à un an) en ce qui concerne les chercheurs du CNRS. Cette mesure très incitative, renforcée par l'instauration récente de « l'année sabbatique », est hautement appréciable.

L'entreprise pour sa part :  
- finance le coût de l'environnement nécessaire à l'accomplissement de la mission du chercheur ;

- lui verse une indemnité complémentaire destinée à lui permettre de déménager, de se loger, etc.

La direction scientifique du groupe Elf Aquitaine finance, dans certains cas, des post-docs étrangers au profit des laboratoires qui acceptent de mettre à notre disposition certains de leurs meilleurs éléments. Cette dernière solution permet de renforcer nos liens avec ces laboratoires et favorise notre ouverture commune sur la recherche universitaire internationale.

■ Marie-Christine Gabilloud-Wolf, chargée de mission auprès du directeur scientifique, Elf Aquitaine, SNEA Cedex 45, 92078 Paris-La Défense.

## Connais-toi toi-même

**Seule une entreprise qui se connaît bien est capable d'agir et de réagir vite et convenablement dans un environnement très rapidement variable. Mais il n'est pas si facile de se connaître soi-même. Une méthodologie scientifique est indispensable pour ne pas tomber dans certains travers.**

■ **Alain Etchegoyen**

**L**e club CRIN «Problèmes internes de l'entreprise» s'est consacré à partir de 1980, sous la présidence de Michel Crozier, aux questions du statut du chercheur au sein de l'entreprise, tant du point de vue de sa fonction scientifique que d'un point de vue éthique et déontologique. Ses réunions régulières devaient conduire à l'énoncé de plusieurs propositions dont celle de la création du bureau CNRS-consultants qui fut mis en œuvre par la direction du CNRS.

Avec l'arrivée d'Alain Etchegoyen, le club s'est orienté vers une autre direction : la connaissance de l'entreprise elle-même. Plus une entreprise étaye ses actions internes et externes sur une claire connaissance d'elle-même, plus

elle met de chances de son côté : la connaissance de soi-même est un facteur de compétitivité. Les théoriciens de l'identité n'ont-ils pas mis en avant la relation fondamentale identité-stratégie ?

Mais comment parvenir à se connaître ?

Les dirigeants savent un certain nombre de choses sur le marché, sur leurs hommes et sur leur entreprise. Mais ils ne sont pas les mieux placés pour développer une connaissance objective. A l'inverse, l'extériorité d'un consultant ne suffit pas à valider son approche. Il faut trouver un moyen d'évaluer ses méthodes et les enjeux qui en découlent. En dépassant l'opposition du dirigeant omniscient et du chercheur rétif, l'industrie française a beaucoup à gagner. Des études récentes ont montré qu'il existait un hiatus entre les méthodologies proposées sur le marché et les

objectifs assignés par l'entreprise.

C'est pourquoi un débat – voire une confrontation – entre chercheurs et dirigeants d'entreprise s'avère indispensable. Il est sain que les chercheurs développent les aspects méthodologiques – sinon le CNRS ne serait pas le CNRS et les sciences humaines et sociales seraient ravalées au rang des approches irrationnelles qui sévissent actuellement – mais il est décisif que les entreprises ramènent sans cesse à l'opérationnel pour bien cadrer les développements de la théorie. Si la gestion des ressources humaines, la communication interne et la stratégie ne sont pas affaires d'astrologie, de numérologie ou autres «pseudo-logies», notre club «Problèmes internes de l'entreprise», est bien un des lieux cruciaux où les dirigeants d'entreprises peuvent trouver de quoi étayer leurs décisions les plus essentielles.

■ Alain Etchegoyen, président du club CRIN «Problèmes internes de l'entreprise», directeur général de SHS consultants, 7, rue de Phalsbourg, 75017 Paris.

## Au millième de milliardième de seconde

**Un laboratoire de Strasbourg met au point, grâce à l'ANVAR, une technique de métrologie pour des phénomènes ultrarapides. Une entreprise parisienne s'y intéresse et crée, en Alsace, une filiale pour l'exploiter. Plus qu'un exemple : un cas d'école.**

■ **Joseph-Albert Miehé**

**G**race à une aide à l'innovation de l'ANVAR, nous avons mis au point à Strasbourg une caméra à balayage de fente permettant la mesure d'impulsions lumineuses ultrabrèves à l'échelle du millième de milliardième de seconde. Nous avons ainsi réalisé deux prototypes industriels, fonctionnant au coup par coup et à des taux de répétition variables (jusqu'à 100 millions d'impulsions par seconde), qui comprennent un

circuit de balayage électronique ultrarapide, un tube transformant le flux lumineux pulsé en un paquet d'électrons donnant sur un écran luminophore une image exacte de la variation de l'intensité lumineuse au cours du temps, et un amplificateur de brillance associé à un analyseur numérique d'image.

Faute d'avoir pu nouer des relations avec une entreprise régionale pour effectuer le transfert de technologie, l'Association de développement du Bas-Rhin (ADIRA) a établi des contacts avec des entreprises de haute technolo-

gie de la région parisienne. La société Photonetics, connue pour son activité dans le domaine des lasers impulsifs et des capteurs à fibres optiques, et convaincue par la dynamique de développement de l'instrumentation de métrologie rapide, crée une filiale ARP (Applications de la recherche en photonique). L'occasion est donnée à la ville de Schiltigheim, en relation avec la région Alsace et la communauté urbaine de Strasbourg, de construire un Centre de transfert de technologie sur le campus du Centre de recherches de Strasbourg (IN2P3) : la société ARP est le premier occupant.

Cette création d'entreprise n'a pu véritablement se concrétiser à Strasbourg que du fait de la participation d'une société à capital risque Innovest et d'une banque strasbourgeoise BFCM. Par contrat entre CNRS-ANVAR et ARP, le CNRS concède une licence du savoir-faire dans le domaine de la métrologie des temps courts au moyen de caméras à balayage de fente.

Essentiellement connues pour leur utilisation dans la caractérisation des impulsions brèves des lasers, les caméras à fente jouent un rôle essentiel dans

les domaines de la recherche (physique, photophysique et chimie moléculaires, biologie,...) où l'analyse de la réponse lumineuse de systèmes à une impulsion laser ultra-brève est caractéristique des processus mis en jeu au moment de l'excitation. Ces dispositifs sont également indispensables pour examiner les propriétés spatio-temporelles du rayonnement X émis par les plasmas, et leur emploi est actuellement envisagé pour effectuer des télémesures par satellite.

Signe de la bonne étoile qui semble guider les pas: la récente commande par le CERN d'une caméra à balayage de fente fonctionnant en mode répétitif, utilisée à des fins de métrologie du faisceau d'électrons de l'accélérateur du LEP, par le truchement de la caractérisation du rayonnement synchrotron.

■ Joseph-Albert Miché, ingénieur de recherche au CNRS, responsable du Groupe d'optique appliquée du Centre de recherches nucléaires de Strasbourg (LP 2060-11 CNRS) (N2P3), 23, rue du Loess, 67037 Strasbourg Cedex.



■ Diagnostic d'un train d'impulsions lumineuses d'intensité croissante au moyen d'une caméra à balayage de fente. De gauche à droite: faisceau lumineux pulsé, optique d'entrée, tube de déflexion équipé du circuit de déclenchement électronique, amplificateur de brillance, analyseur numérique d'image et micro-ordinateur.

## Une collaboration laboratoire public-industrie

Michel Follet est responsable de la recherche et du développement d'une PME, Expansia. Pour parfaire les liens avec un laboratoire universitaire, il y occupe les fonctions de directeur de recherche associé.

■ Michel Follet

**L**a société Expansia, créée en 1962 pour assurer la production des principes pharmaceutiques du groupe Beaufour-Ipsen, s'est spécialisée dès 1978 dans la synthèse à façon d'intermédiaires de chimie fine. Elle s'est aussi spécialisée dans la mise au point industrielle de technologies faisant appel à des réactifs dits « de laboratoire ». Pour cela, il lui était nécessaire de maîtriser les derniers développements de la chimie organique.

Ceci ne présente pas de difficultés pour les sociétés de grosse taille qui possèdent leurs propres centres de recherche et, donc, leurs propres chercheurs.

Par contre, les entreprises de type PME ne peuvent pas se permettre d'investir de façon équivalente. La solution financièrement raisonnable qu'Ex-

pansia a retenue a été de faire appel aux organismes publics de recherche.

En tant que responsable recherche et développement à Expansia, j'ai donc été chargé de la mise en place de collaborations d'étude avec les laboratoires universitaires et propres au CNRS, en particulier avec le laboratoire du professeur Demaille à Montpellier.

Cette démarche a été très fructueuse puisqu'elle a permis la mise au point de réactifs de synthèses stéréospécifiques, solides et stables, dérivés du diborane, dont Expansia possède la maîtrise industrielle, et de nouveaux supports polyacryliques biocompatibles, permettant en particulier d'effectuer des synthèses peptidiques en phase solide.

Ces différentes inventions ont fait l'objet de dépôts de brevets.

Pour rendre les contacts avec les laboratoires publics encore plus fructueux, j'ai été amené à demander un poste de directeur de recherche associé au CNRS

au sein du laboratoire du professeur Demaille, afin de pouvoir, à terme, mettre à la disposition de chacun (industrie et CNRS) les compétences de l'autre, avec un double objectif: d'une part, familiariser le personnel du CNRS avec les contraintes et les méthodes de travail industrielles, en les accueillant périodiquement à Expansia pour collaborer sur des sujets communs en développement, d'autre part, faire effectuer des stages au personnel des laboratoires recherche et développement d'Expansia dans les laboratoires CNRS.

■ Michel Follet, directeur de recherche associé au CNRS, Centre de recherches de biochimie macromoléculaire (LP 6402 CNRS), directeur du Département recherche et développement de la société Expansia, BP 6, 30390 Aramon.

## Spécialité : généraliste

Les chercheurs du CNRS valorisent généralement dans l'industrie leur expérience dans une spécialité très pointue. Ce n'est pas le cas d'Annick Percheron-Guégan. La Direction de la recherche et du développement du Pechiney apprécie surtout sa très grande connaissance du milieu de la recherche en chimie. N'a-t-elle pas été pendant six ans chargée de mission à la direction du Département chimie ?

■ Yves Farge

Annick Percheron-Guégan passe, comme consultant, une journée par semaine chez Pechiney. Le reste du temps, elle travaille comme directeur de recherche sur les hydrures métalliques réversibles (pour le stockage de l'hydrogène) au Laboratoire de chimie métallurgique des terres rares à Bellevue. Mais ce n'est pas sa spécialité qui intéresse Yves Farge, directeur de la recherche et du développement de cette société. C'est sa connaissance du milieu. Annick Percheron-Guégan connaît en effet parfaitement tous les laboratoires français de chimie : elle a été, pendant six ans, chargée de mission à la section 14 du Département de chimie du CNRS et elle est encore directeur-adjoint du PIRMAT (Programme interdisciplinaire de recherche sur les matériaux).

Le groupe Pechiney sait qu'il ne peut vivre en autarcie et qu'il a souvent intérêt, quand un problème se pose, à le faire résoudre par un laboratoire public. Mais encore faut-il délimiter les problèmes et trouver les laboratoires compétents.

La direction de la recherche et du développement de Pechiney s'efforce en conséquence d'analyser les compétences dont ont besoin les différents laboratoires du groupe et d'identifier les laboratoires publics qui sont les mieux adaptés pour les aider. En effet, il revient à la recherche fondamentale de développer les connaissances de base et aux laboratoires industriels d'être en relation forte avec les laboratoires publics, non seulement pour bénéficier des connaissances les plus nouvelles, mais aussi pour faire connaître aux chercheurs fondamentaux les centres d'intérêt de l'industrie. Annick Percheron-Guégan joue un rôle important dans l'identification des sujets de recherche fondamentale qui pourraient intéresser Pechiney, elle facilite le transfert réciproque d'informations, aide à mieux évaluer les compétences des laboratoires du groupe, aussi bien leurs points forts que leurs points faibles.



Manipulation d'un lingot de titane (CELUS UGINE).

Ses compétences concernent essentiellement la partie de la chimie qui touche à l'élaboration des matériaux métalliques ou non métalliques, qui seront ensuite transformés dans le groupe. Les activités d'élaboration concernent l'hydrométallurgie (alumine, combustible nucléaire...), l'électrolyse (aluminium, HF, Na...) ou la pyrométallurgie (ferroalliages ou réfractaires). Avec le responsable plein temps du secteur chimie, elle va visiter les laboratoires et usines avec lesquels elle a créé des relations confiantes ; elle les assiste sur un certain nombre de sujets, leur fait des suggestions, les aide à évaluer leurs compétences et à se mettre en relation avec les meilleurs laboratoires extérieurs.

Pour optimiser l'efficacité de son action de conseil, il importe qu'Annick Percheron-Guégan ait une compréhension et une connaissance approfondies de l'entreprise, de ses différents départements opérationnels, de sa stratégie et de la politique de recherche et développement qui lui est fortement liée. C'est la raison pour laquelle elle consacre beaucoup de temps à Pechiney. Elle est, de ce fait, membre à part entière de l'équipe de direction de la recherche et du développement. Elle participe en conséquence à toutes les réunions importantes où se définit la stratégie de recherche du groupe.

■ Yves Farge, directeur de la recherche et du développement chez Pechiney, 23, rue Balzac, 75008 Paris.

## Embauche après une année sabbatique

Après une année sabbatique passée au Centre scientifique d'IBM France, Didier Pinchon est embauché par l'entreprise pour développer les utilisations du calcul formel sur ordinateur.

■ Didier Pinchon

Les ordinateurs sont généralement utilisés pour faire des calculs numériques. Mais ils sont aussi capables de faire des calculs formels, comme ceux qui sont pratiqués en algèbre traditionnelle où l'on utilise des symboles et non des nombres.

Mon thème de recherche au CNRS, « comment peut-on retrouver la forme d'un corps lorsqu'on connaît le champ de gravitation qu'il induit ? », m'avait conduit à m'intéresser aux systèmes de calcul formel. Parmi ceux-ci, Scratchpad était et est toujours incontestablement la vedette. Ce prototype est actuellement développé au centre de recherche d'IBM, à Yorktown Heights, près de New-York. Les responsables du





L'étude qualitative de modèles mathématiques est rendue accessible par le développement simultané des langages de calcul formel et de la puissance des ordinateurs. La station de travail reliée à un ordinateur central devient un outil standard de l'ingénieur mathématicien ou du chercheur pour simuler et tester ses modèles.

Centre scientifique de la compagnie IBM France m'ont offert de travailler avec Scratchpad pendant une année sabbatique (1987-1988). L'objectif dont nous étions convenus était de ne pas seulement tirer parti de l'accès à ce système pour mes propres recherches, mais, plus généralement, d'explorer de nouveaux domaines où le calcul formel permette de trouver des solutions à des

problèmes sur lesquels le calcul numérique traditionnel butte.

Pendant mon année sabbatique, le Centre scientifique m'a facilité de nombreux contacts avec les laboratoires de recherche et de développement de ses partenaires privés ou publics. Leurs ingénieurs m'ont présenté des problèmes pour lesquels il semblait que le calcul formel promettait un progrès.

L'expérience s'est révélée suffisamment concluante pour qu'IBM France me propose d'entrer dans l'entreprise et d'animer de façon permanente, au sein du Centre scientifique, une équipe de calcul formel, tournée vers les applications. Depuis le début de l'année, l'activité de cette équipe est centrée sur la réalisation de deux contrats d'étude: l'un, avec le Centre national d'études spatiales de Toulouse, concerne la mise au point de programmes plus performants pour la prévision de trajectoires de satellites artificiels de la Terre; le second est interne à IBM et porte sur l'implémentation des fonctions transcendantes sur un co-processeur mathématique.

Le lien avec la communauté scientifique et, en particulier, avec le CNRS est un objectif prioritaire du Centre scientifique. Pour le calcul formel, nous sommes partenaires d'études jointes avec le

Laboratoire d'informatique théorique et de programmation de l'Université Paris VI et avec l'Ecole polytechnique. En collaboration avec les responsables du GDR de Calcul formel du CNRS, sont organisées au Centre scientifique des séances de séminaire dont le public dépasse la communauté mathématique et s'élargit à des ingénieurs venant d'entreprises industrielles.

La constitution d'un Groupement scientifique sur le thème du calcul formel entre les départements Mathématiques et physique de base et Sciences physiques pour l'ingénieur d'une part, et IBM France d'autre part, est le signe d'une coopération qui ira en se renforçant.

Après quinze années d'activité au CNRS, c'est sans doute un autre métier que j'exerce, dont il me reste à découvrir toutes les facettes. Je pense que les nombreux contacts que je conserve avec mes collègues du CNRS seront un atout supplémentaire pour une coopération mutuellement profitable entre le CNRS et IBM.

Didier Pinchon, ingénieur de recherche à IBM France, 3/5, place Vendôme, 75021 Paris Cedex 01.

## Pour une collaboration à long terme

Mis par le CNRS à disposition de la société Immunotech pour un an, Jacques Barbet devient indispensable. Il y poursuit sa carrière dans une collaboration à long terme qui durera au moins aussi longtemps que le projet dont il a pris la direction.

Michel Delaage

Le temps où l'on opposait recherche académique et recherche industrielle est heureusement révolu. Toutes deux peuvent être «fondamentales», c'est-à-dire concerner les bases de notre savoir scientifique.

Il reste un autre préjugé à dissiper, celui d'une prétendue antinomie chercheur-industriel. Or les qualités qu'on demande au chercheur de haut niveau (compétence - sens du projet - sens de la compétition internationale - aptitude à diriger des collaborateurs - aptitude à

faire connaître ses résultats) sont exactement celles que l'on recherche pour l'industrie. C'est pourquoi le CNRS, première entreprise de recherche du pays, a vocation d'alimenter l'industrie en cadres de haut niveau, comme il alimente l'université en enseignants. Le cas de Jacques Barbet est à cet égard exemplaire.

Pour Immunotech, jeune entreprise à la taille encore modeste, il n'était pas évident d'aborder le domaine de l'immunoséologie, c'est-à-dire la détection des tumeurs chez l'homme par des isotopes émetteurs  $\gamma$  associés à des anticorps monoclonaux. Le projet s'annonçait long, difficile et coûteux, dépassant de loin les capacités scientifiques et

financières de la société. Or, aujourd'hui, une forte équipe est en place et le programme est lancé. Les éléments de ce revirement? La venue en provenance du CNRS de Jacques Barbet, DR2, et un montage financier original.

Polytechnicien (promotion 69), il choisit la recherche à la sortie de l'école et entre au Laboratoire de chimie organique de Bernard Roques, qu'il suit à la Faculté de pharmacie. Il entre au CNRS en 1975 et soutient sa thèse en 1978 sur «la synthèse et les études physico-chimiques et biochimiques de composés bisintercalants de l'ADN». Ce titre résume les lignes de force de sa carrière: physico-chimie et modélisation numérique, synthèse organique, relation structure-activité, impact des constructions organiques sur les cellules.

En octobre 1978, Jacques Barbet rejoint le Centre d'immunologie CNRS-INSERM de Marseille où il crée, avec Lee Leserman, les premiers liposomes armés d'anticorps monoclonaux et réalise les premières expériences de ciblage *in vitro*. Parallèlement, il développe les outils immunanalytiques pour la pharmacologie des agents anticancéreux. Il passe les années 84 et 85 aux Etats-Unis. ▶



► au laboratoire de Mathematical Biology du NIH, où il étudie la pharmacocinétique des anticorps monoclonaux et des fragments. A son retour, Jacques Barbet devient consultant d'Immunotech, puis est mis à la disposition de notre société par le CNRS, en mars 87, pour diriger un projet important: la détection des tumeurs et métastases *in vivo* par immunoscintigraphie. Ce projet très ambitieux combine plusieurs actions de recherche fondamentale:

- construction de sondes radioactives originales (brevet Immunotech) associant motifs antigéniques et groupement chélatant pour les isotopes de la scintigraphie (Indium 111);
- construction d'anticorps à spécificité hybride (tumeur-sonde radioactive);
- modèles mathématiques pour la distribution à l'équilibre et hors équilibre des partenaires réactionnels.

Le dispositif expérimental comprend, en outre, l'implantation de tumeurs humaines sur souris « nude » et leur visualisation par  $\gamma$ -caméra.

Le financement du projet est lui-même fort original, puisqu'il est assuré par une « Société en commandite par actions » qui est l'équivalent en droit français du « limited partnership » américain. L'équipe de cinq personnes affectée au projet a donc son financement assuré pour trois ans, situation rare dans la recherche publique.

Les résultats sont mieux qu'encourageants. Les premiers essais cliniques sur l'homme sont prévus fin 89.

Le rayonnement de Jacques Barbet dépasse largement le cadre de son équipe, et il fait partie du comité stratégique d'Immunotech. A la mise à disposition a succédé la prise en charge totale du chercheur par l'entreprise pour une collaboration à long terme, où Jacques Barbet sera amené à assumer des responsabilités supplémentaires au fur et à mesure du passage en phase industrielle du projet qu'il dirige.

La croissance des sociétés de haute technologie est aujourd'hui strictement dépendante du nombre de chercheurs seniors qu'elles peuvent s'associer. En France, c'est d'abord vers le CNRS que l'on se tourne. Le statut des chercheurs est maintenant bien adapté aux détachements de longue durée. Il reste à souhaiter que les réussites comme celle de Jacques Barbet soient mieux connues et prennent valeur d'exemple.

■ Michel Delaunay, directeur scientifique Immunotech S.A., Luminy, case 915, 13288 Marseille Cedex 9.

## Le faire soi-même

Quand il n'existe pas d'industriel capable d'exploiter une innovation, il reste une solution: créer une société. C'est ce qui est arrivé avec MES (Micro-ondes énergie systèmes) qui a atteint en moins de deux ans le seuil de rentabilité en exploitant trois brevets du CNRS.

■ André-Jean Berteaud

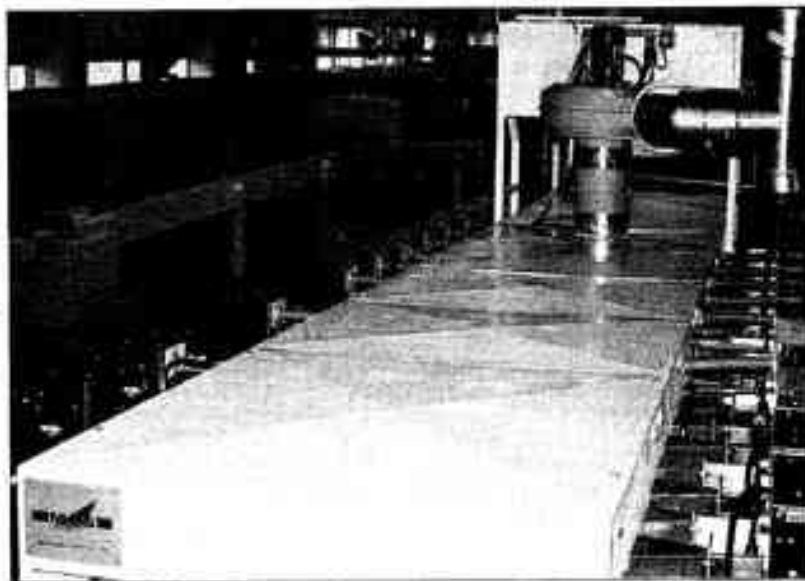
Ayant analysé le potentiel technologique que devait constituer l'association de l'énergie électrique en micro-ondes avec les matériaux diélectriques, le CNRS créait, en 1977, le groupe de recherche « Organisation moléculaire et macromoléculaire » (GR35) dont l'outil expérimental original allait être les micro-ondes. De constitution pluridisciplinaire, ce groupe de recherche a développé, pendant dix ans, l'étude des interactions micro-ondes-matière et celle de la physique de nombreux diffuseurs d'ondes originaux et brevetés.

La nécessité de transférer un savoir-faire technologique accumulé et l'adaptation insuffisante du tissu industriel susceptible de commercialiser ce savoir-faire ont conduit à la création de la société « Micro-ondes énergie systèmes » en 1986. Son objectif principal était de développer une technologie de systèmes micro-ondes, essentiellement basée sur les brevets et le savoir-faire du GR35, tant en matière de diffuseurs

d'énergie (applicateurs) que de traitement de matériaux hydratés, de polymères composites, de composants électroniques et micromécaniques.

Conformément à sa vocation, l'ANVAR a joué pleinement son rôle d'organisateur du transfert de savoir-faire: adaptation et mise en place des licences de trois brevets de base, aides à l'innovation, aides à l'embauche de chercheurs provenant du GR35, diffusion de l'information. Toutes ces actions, associées à celles du CNRS (mise à disposition de chercheurs notamment) ont permis un démarrage rapide de la société MES dont la rentabilité a été acquise dès la fin du second exercice budgétaire.

Ce résultat confirme, d'une part, l'existence d'une attente et d'un intérêt de l'industrie pour les technologies innovantes (MES réalise la quasi-totalité de ses équipements industriels à partir des trois brevets de base CNRS) et, d'autre part, l'efficacité du transfert de technologie lorsqu'il est mené par les hommes qui ont créé cette technologie. Les cadres techniques de MES ont tous travaillé au moins cinq ans au CNRS.



Machine micro-ondes montée en ligne de production pour réguler le profil d'humidité final d'un produit (matériaux hydratés, polymères composites, composants électroniques et micromécaniques).

L'arrivée du «micro-ondes» dans le grand public peut laisser à penser que cette approche de valorisation aurait pu se faire par une démarche de cession de licence classique où les chercheurs seraient restés dans leur laboratoire et intervenus, éventuellement, comme conseillers.

En fait, s'il est simple de commander par un ou deux boutons une enceinte micro-ondes grand public où les ondes sont diffusées au hasard, les contraintes de traitements industriels font appel à une tout autre technologie, où les champs électriques doivent être contrôlés en amplitude, en phase, en polarisation, et où les effets produits sur la matière doivent être homogènes, prédéterminés, reproductibles et donc parfaitement maîtrisés dans des maté-

riaux aussi divers que les liquides, les milieux organiques et biologiques, les composites, les céramiques, les poudres, etc.

L'expérience acquise sur les applications par MES a permis de déterminer plus précisément les domaines vers lesquels l'effort de recherche devait être maintenant orienté. Nous avons appris, par exemple, que la thermique dans les matériaux soumis aux micro-ondes reste à comprendre, que les céramiques et les polymères composites ont des interactions avec les micro-ondes encore peu étudiées au regard des applications attendues, que l'action sélective des micro-ondes sur les assemblages par collage apportera des solutions originales et efficaces quand on maîtrisera mieux les propriétés des matériaux concernés et

des applicateurs d'ondes.

Les micro-ondes constituent un outil technologique dont l'intérêt sur le plan industriel n'est apparu que récemment, mais ses domaines d'application sont très vastes. Leur mise en œuvre nécessite un savoir-faire qui a été longtemps sous-estimé, ce qui explique des échecs antérieurs. La valorisation directe des connaissances du CNRS telle qu'elle a été faite, dans le cas de la société MES, peut permettre d'occuper, à terme, une position industrielle dominante dans une technologie qui possède un fort potentiel de croissance.

■ André-Jean Berteaut, président de Microondes Énergie systèmes (MES), 15, rue des Solets, 91110 432, 91583 Rangis Cedex.

## Un robot qui s'adapte

Participer aux réunions d'utilisateurs d'un GRECO, héberger un stagiaire qui vient de faire sa thèse dans le laboratoire de l'entreprise, n'est-ce pas le meilleur moyen d'assurer le transfert des connaissances de la recherche publique vers le secteur industriel? C'est, du moins, ce que pense Renault Automation.

■ Rigobert Weber

Dès 1984, il nous est apparu que l'utilisation classique des asservissements est souvent insuffisante pour la réalisation de robots à haute performance, car il existe nombre d'effets non linéaires (frottements, variation d'inertie, accélération de Coriolis, etc.) qui ne peuvent pas être maîtrisés par ce type de méthodes. D'où l'idée de s'adresser aux techniques adaptatives où les commandes «s'adaptent» à tout instant à l'état dynamique dans lequel se trouve le robot.

Renault Automation est donc entré en contact avec le LAG (Laboratoire d'automatique de Grenoble) pour apprendre à maîtriser les nouveaux concepts qui accompagnent cette manière d'aborder les problèmes. Des contrats particuliers ont été passés, mais surtout Renault Automation a accueilli des stagiaires dans le cadre du GRECO «SARTA».

Ce type de collaboration a été bénéfique pour les deux parties :



Robot ACMA X58 de Renault Automation avec une charge de 60 kg.

- l'industriel a pu y acquérir rapidement un certain savoir-faire ;
- le chercheur y a trouvé une manière de poser les problèmes plus proche de la réalité industrielle.

Il demande cependant de prendre quelques précautions. Le rythme de la recherche n'est pas le même dans l'industrie et dans le milieu universitaire. Les délais sont imposés à l'industriel par la concurrence ; le cycle universitaire, au contraire, règle l'activité du stagiaire. Il faut donc prendre suffisamment d'avance pour les faire coïncider.

Notre appartenance au Club des utilisateurs du GRECO «SARTA» permet à l'industriel de proposer des thèmes de recherche (projet-pilote) qui l'intéressent. La probabilité d'un débouché industriel de la recherche s'en trouve accrue. Le Club des utilisateurs favorise les échanges entre industriels, entre chercheurs : les réunions de travail permettent aux industriels d'exposer leur problématique et donnent aux chercheurs une autre approche de la réalité.

■ Rigobert Weber, Renault Automation, DRAA/DP/Mesures, 21, avenue des Gros Chevaux, 95046 Cergy-Pontoise.



## Une SARL pour l'imagerie micro-onde

Grâce à une aide de l'Anvar, le Laboratoire des signaux et systèmes de l'université Paris-Sud a mis au point un appareil d'imagerie des micro-ondes (analogue pour les micro-ondes à ce qu'est la plaque photographique pour la lumière). Faute d'un appui industriel direct, il crée une SARL, la SATIMO, pour développer les applications.

■ Jean-Charles Bolomey

**A**u début des années 80, le Laboratoire des signaux et systèmes (unité mixte CNRS/Ecole supérieure d'électricité) a mis au point un procédé rapide et original d'enregistrement des micro-ondes. Il devient possible avec lui de faire des images avec les micro-ondes comme on en fait avec les rayons X ou la lumière visible. La simplicité du procédé lui confère un coût compatible avec son utilisation dans de nombreuses applications industrielles, scientifiques et médicales.

Trois domaines sont particulièrement intéressants :

- Les tests de matériaux soit transparents, soit opaques aux micro-ondes.

Ce domaine concerne particulièrement les militaires qui cherchent à disposer de radomes transparents aux ondes pour y placer les radars et qui veulent placer sur les mobiles des revêtements anti-radar. Les images micro-ondes permettent d'apprécier la qualité finale de ces dispositifs, en vraie grandeur.

- Le contrôle non destructif.

Il s'agit de faire l'équivalent d'une radiographie, mais en employant, au lieu de rayons X, des micro-ondes. Ces dernières sont en effet sensibles aux variations diélectriques des matériaux, et donc indirectement à tous les facteurs susceptibles de les modifier : teneur en eau, température, composition, etc.

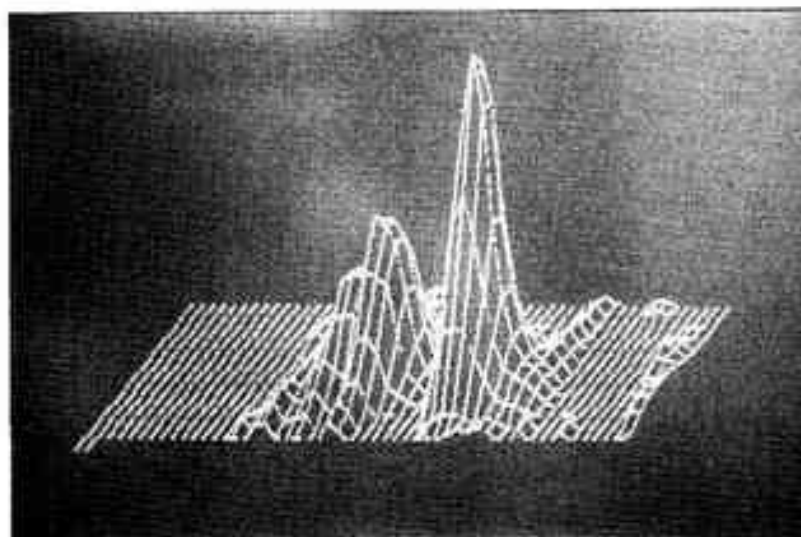
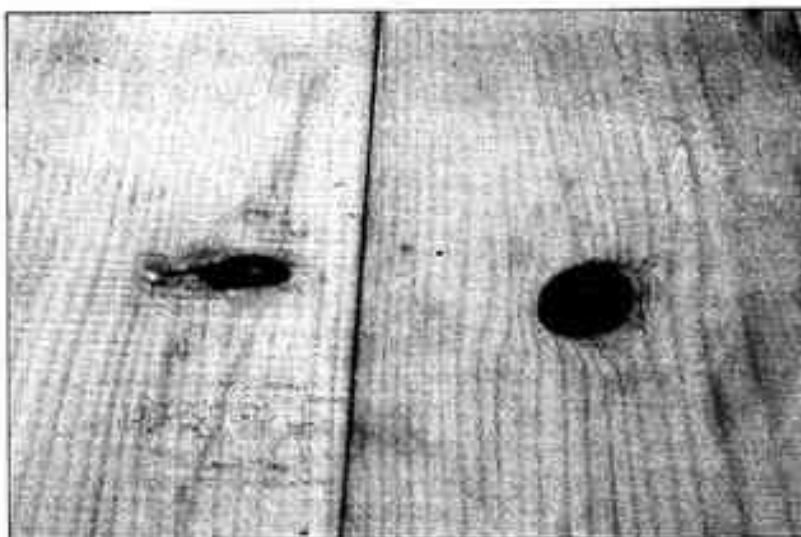
- L'imagerie médicale.

Les micro-ondes peuvent fournir des images de l'intérieur du corps et donner lieu à des images utiles pour le diagnostic. Une caméra fait l'objet d'évaluations dans des centres cliniques ; à l'Institut Curie par exemple, pour le contrôle non-invasif de l'hyperthermie profonde en cancérologie et pour le diagnostic précoce de fibroses après irradiation thérapeutique ou accidentelle.

Dans toutes ces applications, les micro-ondes fournissent un moyen d'investigation complémentaire aux modalités d'imagerie conventionnelles (gammagraphie, rayons X, IRM, ultrasons, ...), tant pour la spécificité du

contenu des images que pour des considérations d'ordre économique ou relevant de la commodité de mise en œuvre dans un contexte opérationnel donné.

Le développement de ces techniques dans le laboratoire même était impossible, en raison notamment du volume des études à réaliser. Faute de trouver dès le début un industriel intéressé, le laboratoire a été amené à créer une SARL, la SATIMO (Société d'applications technologiques de l'imagerie micro-onde). Provisoirement hébergée en 1987 par l'Ecole supérieure d'électricité, la SATIMO a été la première société à s'installer en octobre 1988 dans la première industrielle de la Ferme du



Les micro-ondes sont susceptibles de traverser des matériaux opaques, ce qui permet une détection par transparence des défauts éventuels. Ainsi les capteurs micro-ondes peuvent être utilisés pour le contrôle de planches de bois en défilement rapide en vue d'une optimisation de leur découpe. Des essais sont menés en commun avec le CTBA (Centre technique du bois et de l'ameublement).



Moulon aménagée par l'AES (Association des établissements scientifiques du Plateau du Moulon regroupant, entre autres, l'Université Paris-Sud, l'ESE, le CNRS, l'X, le CEA, Thomson,...). Au terme des deux premiers exercices, le personnel de la SATIMO se compose de six personnes à temps plein, dont deux ingénieurs, l'un d'eux ayant participé aux phases de pré-développement industriel de prototypes dans le cadre d'aides ANVAR au laboratoire. A ce personnel, il convient d'ajouter la participation de chercheurs et d'experts externes, français ou étrangers. Actuellement, le plus gros de la réalisation des

équipements fait l'objet de sous-traitances, le montage et le test étant réalisés à la SATIMO. La majeure partie de l'activité est encore orientée vers la faisabilité pour des clients qui sont, pour l'essentiel, de grands groupes, publics et privés (EDF, Aérospatiale, Centre d'études de Gramat, Lafarge-Coppée, Hutchinson,...), à la recherche de technologies nouvelles susceptibles d'améliorer la qualité de leurs produits dans des domaines très variés qui s'étendent des matériaux stratégiques jusqu'à l'agro-alimentaire.

La période actuelle est mise à profit pour définir la stratégie de développe-

ment de la société. A la recherche de financements et d'éventuels partenaires, s'ajoute le projet d'installation d'une structure-relais à Atlanta, dans le Centre de développement des technologies avancées (ATDC) qui est situé sur le campus de Georgia Tech, à proximité du Georgia Tech Research Institute avec lequel le CNRS a passé une convention de recherche sur le test rapide des antennes.

■ Jean-Charles Holomey, professeur à l'Université Paris-Sud, Laboratoire des signaux et systèmes (UMR 0014 CNRS/ESSE), Plateau du Moulon, 91192 Gif-sur-Yvette Cedex.

## Un transfert qui coule de source

Une mise à disposition auprès de la Lyonnaise des eaux : le passage du CNRS à l'industrie de Philippe Aptel s'est fait avec une facilité qui l'étonne encore.

■ Philippe Aptel

Mis à disposition d'une entreprise dans le cadre du programme EUREKA « Conception et fabrication de membranes pour le traitement des eaux », j'ai quitté, fin 1985, le laboratoire de Génie chimique de l'université Paul Sabatier de Toulouse pour diriger le Laboratoire « Membranes » de la Lyonnaise des eaux à Toulouse. Trois des cadres de ce laboratoire sont également d'anciens thésards du même laboratoire.

Trois ans à peine ont suffi pour que les recherches de base menées au CNRS depuis 1978 débouchent sur une première réalisation industrielle. En effet, une usine de traitement d'eau potable fonctionne depuis novembre dernier, utilisant les fibres creuses fabriquées à Toulouse. Une autre usine est en construction et plusieurs autres en projet.

L'action du CNRS ne s'est pas arrêtée à la mise à disposition d'un de ses chercheurs puisque, dès 1987, était mis en place un Groupement de recherche « Filtration et fibres creuses » auquel participent plusieurs unités associées au CNRS.

Des réalisations concrètes sont déjà à mettre au crédit du groupement : conception et réalisation d'une machine de mise en faisceau et d'un banc de caractérisation de fibres creuses, mise au point de modèles et de codes de calcul pour la conception des modules de fibres creuses actuellement fabriqués.

Le premier succès de ce partenariat ne devrait pas s'arrêter là. La Lyonnaise des eaux pourrait exporter rapidement sa nouvelle technologie de traitement des eaux bien au-delà de nos frontières (des essais sont en cours en Europe et en Amérique du Nord) et même dans l'espace, puisque l'Agence spatiale européenne attend beaucoup des membranes pour résoudre les problèmes de gestion de l'eau dans les futurs vaisseaux spatiaux.

La valorisation par l'industrie des recherches menées au CNRS et à l'université est souvent, dit-on, bloquée par un double circuit de freinage.

Le premier serait la lourdeur bureaucratique des organismes publics, le second la peur du risque de la part des industriels.

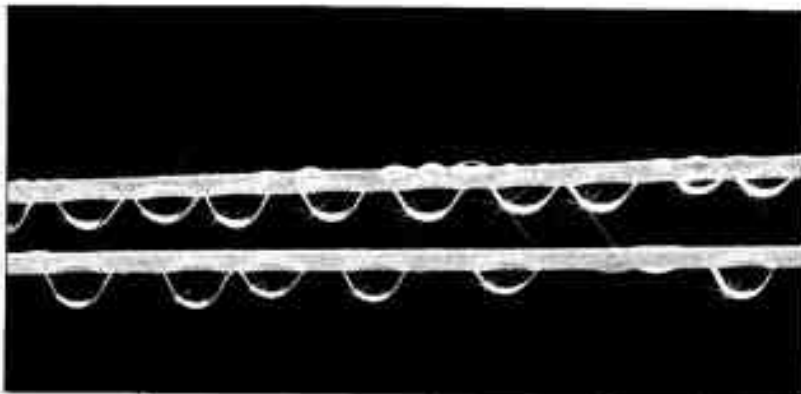
Je voudrais apporter un démenti catégorique à cette opinion trop répandue. Elle ne correspond pas (ou plus ?) à la réalité.

Pour ma mise à disposition et depuis, je témoigne que je n'ai jamais eu aucun souci de nature administrative avec le CNRS. Bien au contraire, tous les interlocuteurs, qu'ils soient responsables régionaux, nationaux ou membres du Comité national ont agi pour faciliter ma démarche.

De même, à la Lyonnaise des eaux, j'ai découvert des femmes et des hommes d'action en quête permanente d'innovations et toujours prêts à soutenir des initiatives bien structurées, qu'elles viennent de l'intérieur du groupe ou d'équipes de recherche publique.

Passer du CNRS à l'industrie ne présente donc plus actuellement aucune difficulté. La seule clé : un projet convaincant.

■ Philippe Aptel, directeur de recherche au CNRS, directeur du Laboratoire « Membranes », Lyonnaise des eaux, 20, avenue Didier Daurat, ZI de Montaudron, BP 4214, 31432 Toulouse Cedex 04.



L'eau brute sous pression circule à l'intérieur du canal interne des fibres creuses. Débarassée de ses impuretés, elle apparaît sous forme de gouttelettes tout au long de la paroi poreuse.



## Pétrole et combustibles fossiles

La complexité des problèmes économiques et techniques posés par le pétrole nécessitait la mise en place d'une organisation d'alerte et d'information. C'est le rôle que remplit le club CRIN « Pétrole et combustibles fossiles ».

■ Bernard Tissot

Les activités du Club « Pétrole et combustibles fossiles » couvrent aussi bien la géologie, la géophysique, la sismique, la mécanique des roches que la chimie et la physico-chimie du pétrole. Les travaux et résultats de nombreux programmes, Groupements de recherche (GDR) ou scientifiques (GS) que la Club initie, font l'objet d'un suivi régulier; on citera à titre d'exemples:

- le GS « TETHYS »: ce GS, qui associe le CNRS, l'UPMC, l'IFP, l'IFREMER et la SNEA(P) a pour objet la réalisation de synthèses cartographiques et paléogéographiques des divers étages géologiques;
- le programme ECORS dont l'objet est l'étude de la structure des parties

profondes de la croûte terrestre des bassins sédimentaires, afin de mieux comprendre leur genèse (CNRS, BRGM, ELF, TOTAL, IFP et partenaires étrangers divers);

- le GS « traitement sismique » dont le but est de promouvoir des programmes d'étude concernant le traitement des données sismiques, comme l'inversion des sismogrammes (CNRS, ELF, IFP);
- le programme « hydrotraitement » qui porte sur la préparation et la sélection de nouveaux catalyseurs actifs en hydrodésazotation des coupes lourdes ainsi que sur le développement d'une formule catalytique industrielle;

- le GS « homologation du méthane » dont l'objectif est la valorisation du gaz naturel via une voie directe d'homologation du méthane en hydrocarbures supérieurs.

Chacun de ces cas illustre parfaitement le but recherché: promouvoir les recherches scientifiques nécessaires aux industriels et mettre à leur disposition les meilleures compétences possibles dans ces domaines. Réciproquement, les instances de recherche bénéficient d'un éclairage direct des problèmes et besoins des industriels. Grâce à la structure souple des clubs CRIN, ces thèmes évoluent de façon permanente. Ainsi, dans le club « Pétrole et combustibles fossiles », des projets du GDR dans les secteurs de la « géomécanique des roches profondes » et du « transfert dans les bassins sédimentaires » sont-ils actuellement à l'étude.

Le Club « Pétrole et combustibles fossiles » s'inscrit par là dans la philosophie générale du Comité des relations industrielles du CNRS, qui est de mettre au service de l'économie nationale l'important potentiel de recherche fondamentale que représente la recherche publique française.

■ Bernard Tissot, président du Club CRIN « Pétrole et combustibles fossiles », directeur scientifique à l'Institut français du pétrole, 1 et 4, avenue de Bois-Préau, 92506 Rueil-Malmaison Cedex.

## Premières impressions

Patrick Magnoux est, depuis quelques mois, mis en disponibilité par le CNRS chez Elf France, au Centre de recherche de Solaize. Le sujet qu'il y traite, les phénomènes de catalyse mis en œuvre dans le raffinage, est voisin de celui dont il s'occupait au laboratoire du CNRS de Poitiers, mais l'état d'esprit est très différent. Il nous confie ses premières impressions.

■ Patrick Magnoux

Les institutions du CNRS permettent à ses chercheurs une mise en disponibilité dans l'industrie. Celle-ci peut être de durée variable. Après quoi, le chercheur a le choix de rester dans l'industrie ou d'être réintégré dans un laboratoire du CNRS. Ma mise en disponibilité est trop récente pour que j'aie pris une décision. Mais j'ai déjà pu juger de la différence entre les recherches publiques et industrielles.

Dans le secteur public, on pratique généralement une recherche à long terme, c'est-à-dire une étude bien définie durant plusieurs années. Une grande

partie de ces travaux reste fondamentale et explicative, basée sur la compréhension et l'élucidation des phénomènes étudiés. Chez Elf France, la recherche est très appliquée et reste le plus souvent à court terme. Elle est fortement dépendante des réalités économiques du moment, et des problèmes industriels qui se posent aux raffineries.

Eloignée de la recherche fondamentale qu'elle n'a ni le temps, ni les moyens de pratiquer, la recherche est, chez Elf, très dépendante des résultats acquis par les laboratoires du CNRS, généralement publiés dans des revues scientifiques, mais qui sont mieux assimilés quand ils sont véhiculés directement par un chercheur.

Pour ce dernier, le passage dans un laboratoire industriel est très enrichissant, car les moyens mis en œuvre par la recherche industrielle sont très importants, ce qui permet au chercheur d'acquérir de nouvelles connaissances en ayant accès aux techniques les plus modernes (moyens d'analyses, systèmes informatiques,...). Par ailleurs, il est amené à prendre des décisions rapides. Le chercheur peut ainsi avoir la satisfaction de suivre un projet de recherche et quelquefois de le voir se développer industriellement. Enfin, de nombreuses discussions lui permettent de s'ouvrir sur un nouveau monde, celui de l'industrie. Elles l'amènent à prendre conscience de l'interaction qui existe entre les problèmes économiques et les thèmes de recherche.

La collaboration CNRS-industrie est certainement vitale pour la recherche française et, dans ce cadre, la mobilité de chercheurs CNRS vers l'industrie est indispensable. Toutefois, il serait souhaitable que des chercheurs industriels fassent eux aussi preuve de mobilité vers les laboratoires du CNRS.

■ Patrick Magnoux, ingénieur de recherche à Elf France, Centre de recherche de Solaize, 69000 Saint-Symphorien d'Ozon.

# Dix-huit mois dans l'industrie pétrolière

Immédiatement après sa thèse, Michel Sardin passe dix-huit mois à la Société nationale Elf Aquitaine pour appliquer à la récupération assistée du pétrole, le savoir qu'il a acquis au Laboratoire des sciences du génie chimique (Nancy). Puis il revient à son laboratoire d'origine pour monter une équipe de recherche, tout en continuant à collaborer avec l'industrie.

■ Michel Sardin

**1**980. On est encore en pleine crise pétrolière, la DGRST lance un appel d'offres « récupération améliorée du pétrole ». Michel Sardin qui prépare sa thèse à l'Institut national polytechnique de Lorraine sur un sujet concernant le réacteur chromatographique liquide/solide à lit fixe, est attiré par le sujet et prend contact avec les industriels intéressés.

Février 1982. Michel Sardin, qui vient de passer sa thèse et est entré au CNRS comme chargé de recherche depuis quatre mois, est détaché pour dix-huit mois chez Elf Aquitaine à l'établissement de Boussens (au pied des Pyrénées).

Sa première tâche est d'étudier les méthodes de travail utilisées au laboratoire de Boussens. L'objectif fixé, amé-

liorer la connaissance de l'équipe dans l'analyse du comportement de microémulsion en milieu poreux, nécessite de suivre au plus près la démarche expérimentale utilisée par les techniciens du laboratoire, d'en comprendre l'origine et de proposer de nouveaux protocoles aptes à répondre aux questions scientifiques que l'on se pose quant aux mécanismes susceptibles de contrôler le transport transitoire de l'espèce la plus active : le tensio-actif. Parallèlement, il garde le contact avec l'équipe de Nancy et mène indépendamment quelques expériences pour confirmer ses hypothèses sur la nature de la rétention des tensio-actifs unioniques dans les milieux poreux naturels.

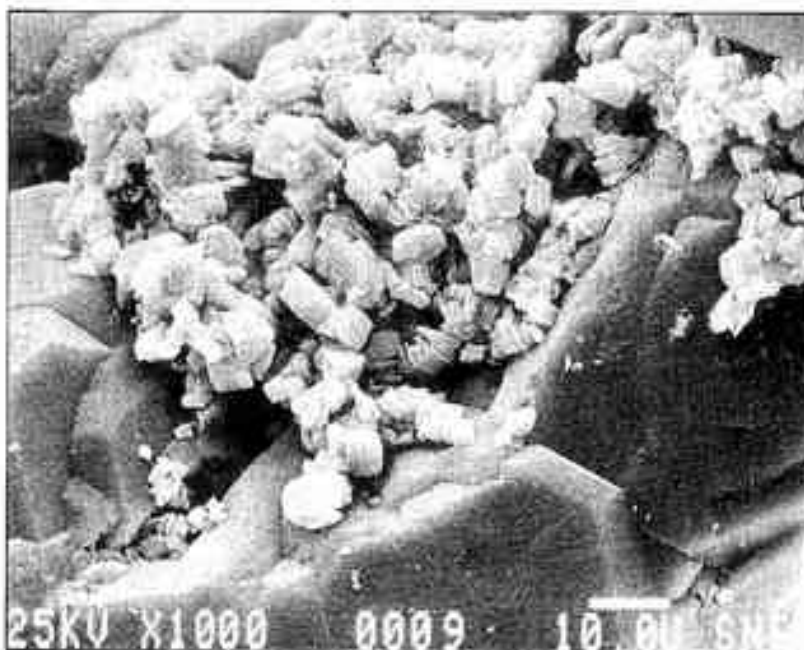
Puis, en collaboration directe avec les ingénieurs impliqués dans le projet, il interprète les résultats du premier pilote, élabore les expériences aptes à justi-

fier ses interprétations et construit un nouveau modèle de transport de tensio-actifs dans les gisements pétroliers. Il comprend que la rétention des tensio-actifs lors de la mise en œuvre du procédé est due essentiellement à l'échange

## Témoignage

**C**omment franchit-on le pas qui conduit d'un laboratoire CNRS à un centre de recherche et développement industriel ? C'est un peu comme dans le phénomène de cristallisation, en absence de germes et malgré des conditions thermodynamiques favorables, la croissance cristalline ne se fait pas. Pour ma part, les germes étaient multiples, allant d'un besoin d'échapper aux conditions générales de la recherche en milieu universitaire, au désir de faire œuvre de praticien sur un problème industriel concret, d'expérimenter de nouvelles formes de travail et de rechercher de nouvelles idées afin d'élaborer une démarche autonome de recherche après les années de tutorat scientifique de la période de la thèse. Mais il y avait surtout une évidente attirance pour un sujet de recherche appliquée, à la fois scientifiquement complexe et présentant à l'époque un enjeu économique important, et la séduction exercée par une équipe de recherche industrielle jeune et motivée.

La mise en place des modalités de détachement ne s'est pas faite sans discussions ni sans heurts. J'ai trouvé, auprès de l'administration du CNRS de la section 11 du Comité national et de la direction du SPI, toutes les facilités. Ce fut avec Elf Aquitaine que les discussions furent les plus dures : conditions de rémunération, remboursement des frais, hébergement..., tout cela a fait l'objet d'échange de nombreuses lettres et de la signature de contrats en bonne et due forme. D'autant plus que mon séjour ayant duré dix-huit mois, le CNRS n'assurait mon salaire que pendant un an. Mais dès que les barrières à l'entrée en détachement furent levées, il n'y eut quasiment plus de différence entre le traitement qui m'était réservé et celui d'un ingénieur de l'entreprise. J'ai d'ailleurs découvert à cette occasion ce qu'était un remboursement convenable de frais de mission ou les facilités d'une organisation tournée vers le confort matériel des ingénieurs.



Un milieu poreux naturel complexe : cliché au microscope à balayage de grains de quartz recouvert d'argile kaolinique échangeuse de cations.





► cationique calcium/sodium avec les argiles, et que cette rétention participe directement au mécanisme de récupération par transfert du tensio-actif de l'eau de balayage vers l'huile piégée. Loin d'être un processus parasite à éliminer, il s'agit donc d'un mécanisme moteur dont il faut profiter pour améliorer l'efficacité du procédé.

En juin 1983, soit deux mois avant son retour à Nancy, l'injection de 8000 m<sup>3</sup> de microémulsion commence sur le champ de Chateaufort. De juin 1983 à juin 1987, 51000 m<sup>3</sup> de pétrole sont extraits conformément aux prévisions. Malgré ces succès, la recherche et le développement dans ce domaine sont compromis du fait de la baisse du prix du pétrole et de l'excès de production par rapport à la demande.

Du point de vue carrière, le résultat est mince. Parti chargé de recherche, il revient au même grade, et la situation actuelle de blocage du passage CR1-DR2 ne semble pas propice à donner un grand poids à cette mobilité dans les états de service.

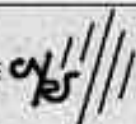
Au niveau scientifique, c'est tout à fait différent : il a acquis, grâce aux relations industrielles développées au cours de cette période, une reconnaissance de la part des milieux pétroliers. Il a pu ainsi monter une équipe de recherche et continuer de collaborer avec la SNEA(P) par des contrats de recherche et accueillir des thésards convenablement financés par des bourses industrielles. Il est consultant auprès de la Compagnie française des pétroles et bénéficie depuis cinq ans, de la part de

l'ARTEP et du CNRS, d'un soutien financier pour coordonner les recherches dans le domaine de la rétention des tensio-actifs dans les gisements pétroliers. Il a pu également organiser, grâce à l'aide financière du CNRS et des compagnies pétrolières, un congrès international en 1987 qui a regroupé à Nancy 120 personnes de divers horizons scientifiques et industriels.

■ Michel Sardin, chargé de recherche au CNRS, Laboratoire des sciences du génie chimique (UPR 6811 CNRS), 1, rue Grandville, BP 451, 54001 Nancy.

CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

## CNRSFormation



### Industriels,

**CNRSFormation** vous propose des stages de haut niveau technologique.

Génie logiciel Microprocesseurs et micro-ordinateurs  
 Traitement de données Images et fibres optiques  
 Matériaux Spectroscopie et Analyse  
 Spectrométrie de masse Résonance Magnétique Nucléaire  
 Microscopie électronique Atelier sur les Cryotechniques  
 Sciences de la Vie Sciences de la Terre  
 Techniques de Laboratoire Hygiène et Sécurité  
 Documentation Communication

### CNRSFormation

vous aide à créer des stages  
 portant sur les nouvelles technologies  
 que vous avez conçues ou que vous dominez parfaitement,  
 en assurant pour votre compte  
 la diffusion, l'organisation et la gestion.

## L'accès des entreprises à ces nouvelles compétences est un enjeu stratégique

Renseignements, programmes et inscriptions :

### CNRSFormation

1, place Aristide-Briand - 92195 Meudon Cedex  
 Téléphone (1) 45 34 99 42 - Télécopie (1) 46 26 28 49

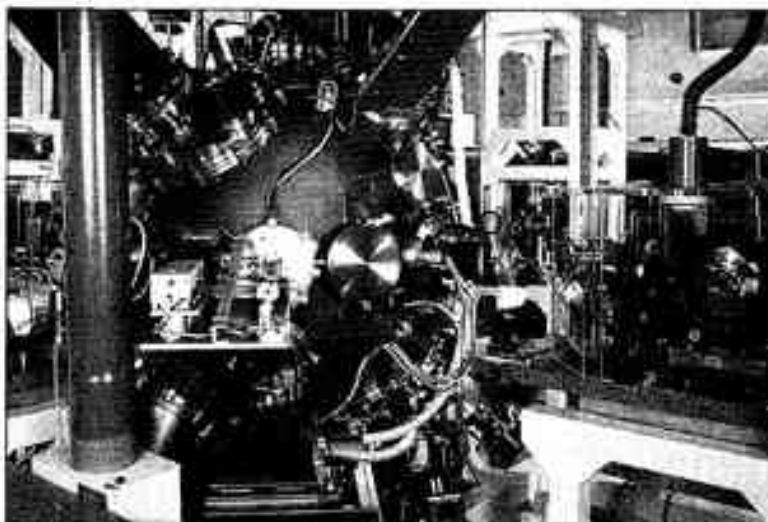


# LA DIMENSION EUROPEENNE

**L**a recherche est par nature, universelle. Elle n'est française que parce qu'elle est faite en France, par des Français et qu'elle est exploitée par une entreprise nationale. L'ouverture du milieu industriel à l'Europe a donc naturellement étendu le champ d'action des laboratoires du CNRS. La recherche publique s'est ainsi trouvée spontanément engagée dans des programmes européens, et les collaborations avec les entreprises étrangères ne sont plus des exceptions rarissimes. Dans un avenir proche, rien ne permettra de distinguer les rapports d'un laboratoire du CNRS avec une firme française de ceux qu'il pourra nouer avec un industriel allemand, anglais ou italien... A la

dimension européenne des grands groupes qui se mettent en place, répond une vocation

de participation européenne du CNRS qui est désormais inéluctable.



Enceinte expérimentale à six faisceaux laser. Le Laboratoire d'utilisation des lasers intenses (LULI) mène des recherches dans le domaine de l'interaction laser-matière, en réseau avec des chercheurs anglais du SERC et allemands de l'Institut Max Planck. (© CNRS - LULI)

## La coopération européenne : un souci permanent

Les laboratoires du CNRS coopèrent de plus en plus fréquemment avec des entreprises et des organismes européens. Le département des Sciences physiques pour l'ingénieur en fournit de nombreux exemples.

■ Jean-Claude Charpentier

**R**echerche fondamentale, recherche de base, recherche fondamentale adaptée, innovation technologique, recherche industrielle, recherche militaire... s'il est un organisme de recherche scientifique où il existe un dialogue, un brassage d'informations et des échanges constants (et parfois laborieux) entre la recherche

dite publique (civile ou militaire) et les partenaires industriels (français et européens) et ce dans de très nombreuses thématiques scientifiques, c'est le CNRS. Le département Sciences physiques pour l'ingénieur (SPI) en fournit de nombreux exemples dont voici quelques uns.

Un laboratoire national implanté à l'Ecole Polytechnique, le Laboratoire d'utilisation des lasers intenses, se situe au tout premier niveau international des

recherches effectuées à l'aide d'un Très Grand Instrument Scientifique. Ses activités dans le domaine de l'interaction laser-matière (avec des retombées industrielles pour le traitement des matériaux) sont menées en réseau avec les collègues anglais du SERC et allemands de l'Institut Max Planck.

Plusieurs programmes internationaux de coopération scientifique (PICS) ponctuelle entre laboratoires ont été établis avec les universitaires suédois dans le domaine de la reconnaissance de la parole et avec les universitaires allemands dans celui du génie des procédés. Par ailleurs, des relations privilégiées pour le financement de thèses de doctorat facilitent l'entrée de jeunes ingénieurs allemands dans des laboratoires français d'informatique, d'intelligence artificielle, de microélectronique et de génie des procédés. Des coopérations sur des recherches de base impliquant l'industrie (lasers de puis-

► sance, microélectronique ou robotique) ont été établies avec plusieurs Instituts Fraunhofer.

Les laboratoires du département SPI participent à plus de cent cinquante contrats européens (ESPRIT, RACE, BRAIN, BRITE, BRIDGE, ECLAIR, DRIVE, EUREKA, JOULE...) pour une somme estimée à cinq millions d'écus en collaboration avec quelques cinq cents grandes, petites et moyennes entreprises. De l'aéronautique au spatial, en passant par les biotechnologies, les domaines concernés sont très divers : traitement de la parole, sûreté de fonctionnement des systèmes informatiques, vision automatisée pour le contrôle de qualité dans les industries textiles, électriques et agro-alimentaires, transports terrestres, microélectronique III/V et circuits hyperfréquence (grand



Préhenseur pneumatique pour la saisie d'objets de divers poids, encombrement et fragilité.  
(© CNRS-IFMT)

programme européen JESSI pour la microélectronique silicium), traitement et dépollution des effluents gazeux et liquides, modélisation numérique des géomatériaux, tribologie des céramiques...

Signalons enfin que deux centres européens dans le domaine du calcul scientifique avancé et de la turbulence viennent d'être créés à Toulouse (CERFACS) et à Lyon (PEPIT) à l'intention de la communauté scientifique et industrielle européenne des informaticiens, des plasmiciens et des mécaniciens des fluides.

■ Jean-Claude Charpentier, directeur scientifique du département des Sciences physiques pour l'ingénieur, 15, quai Anne-Marie, 75007 Paris.

## L'Europe aménage sa tour de Babel

Cent cinquante chercheurs européens travaillent depuis cinq ans au projet Eurotra de traduction automatique entre les neuf langues européennes. Une maquette traitant de nombreux phénomènes linguistiques et comportant 20 000 entrées de vocabulaire sera prête à la fin de 1990.

■ Laurence Danlos

**E**urotra est un projet de traduction automatique entre les neuf langues officielles de la Communauté économique européenne : français, italien, espagnol, portugais, anglais, allemand, hollandais, danois et grec. C'est un projet ambitieux puisqu'il met en jeu soixante-douze couples de langues (les systèmes de traduction automatique mettent généralement en jeu entre un et dix couples de langues). Le nombre important de couples de langues détermine la conception du système : il comporte neuf modules d'analyse, soixante-douze modules de transfert et neuf modules de génération. Le module d'analyse de la langue source fournit une représentation de la phrase à traduire ; le module de transfert de la langue source vers la langue cible transforme cette représentation en une représentation de la phrase en langue cible ; celle-ci est transformée en une phrase de la langue cible par le module

de génération de cette langue. Les modules d'analyse (et ceux de génération) sont écrits à partir de données linguistiques purement monolingues afin d'éviter leur réécriture en fonction de la langue cible (ou de la langue source). Les modules de transfert sont réduits le plus possible grâce au degré d'abstraction des représentations intermédiaires : celles-ci sont suffisamment abstraites pour masquer les pures différences de forme entre les langues. Ainsi, les phrases *John wanted Mary to buy an alarm clock* et *Jean voulait que Marie achète un réveil* ont des représentations identiques au vocabulaire près. De ce fait, le module de transfert de l'anglais vers le français n'a à effectuer que du transfert lexical : *John* → *Jean*, *want* → *vouloir*, *Mary* → *Marie*, *buy* → *acheter*, *alarm clock* → *réveil*. Le but visé dans Eurotra est que les modules de transfert n'effectuent que du transfert lexical sans aucun transfert structural dans tous les cas où cela est possible. Une grande partie des recherches est donc consacrée à la mise au point des représentations intermé-

diaires : celles-ci doivent représenter de façon identique les phénomènes linguistiques qui sont communs aux neuf langues mais qui se réalisent sous des formes variées. L'utilisation de représentations intermédiaires abstraites non seulement réduit les tâches effectuées par les modules de transfert, mais aussi assure une traduction correcte. Par exemple, il garantit que la phrase anglaise citée ne sera pas traduite par *Jean voulait Marie acheter une horloge d'alarme*.

Eurotra est un projet de recherche et développement de la Communauté économique européenne. Environ cent cinquante Européens du milieu universitaire ou de celui de la recherche travaillent depuis plus de cinq ans sur ce projet qui, dans sa définition actuelle, aboutira en décembre 1990. A cette date sera réalisée une maquette traitant de nombreux phénomènes linguistiques et comportant 20 000 entrées de vocabulaire dont 15 000 termes techniques du domaine des télécommunications. Le passage à un produit industriel est préparé dès maintenant. Il se réalisera dans la prochaine décennie grâce à l'intervention progressive des industriels qui accompagnera la poursuite des recherches linguistiques. Il est aussi prévu d'utiliser les modules d'Eurotra dans d'autres applications que la traduction automatique, par exemple dans des systèmes d'interrogation de bases de données.

■ Laurence Danlos, professeur à l'Université Paris 7, responsable du projet Eurotra pour la France, UFR, Université Paris 7, 2 place Jussieu, 75251 Paris Cedex 05.

# Un laser pour regarder dans les moteurs

Volvo, Fiat, Peugeot, Renault et Volkswagen, réunis au sein d'un comité, financent des études sur la combustion dans les moteurs effectuées par un laboratoire de Rouen. Mesures physiques et modélisation permettent de progresser sur des phénomènes particulièrement complexes.

■ Roland Borghi

**D**es études complètes sur la combustion dans les moteurs font intervenir les compétences de chimistes (réactions de combustions), de physiciens (transfert de chaleur et de masse), et de spécialistes de mécanique des fluides (turbulence). C'est donc par définition un sujet de recherche interdisciplinaire.

Le Laboratoire des phénomènes de transport dans les milieux en réaction (Rouen URA 230) collabore depuis plusieurs années sur ce sujet avec la plupart des constructeurs automobiles européens.

Son travail s'organise autour de deux axes : les mesures par laser des phénomènes de combustion et la modélisation de ces phénomènes sur ordinateur.

Jusqu'en 1970, les mesures étaient limitées à la connaissance de la pression sur les parois du cylindre. Aujourd'hui, les mesures des températures locales et celles de la composition chimique instantanée du milieu gazeux sont possibles grâce au laser.

Ces recherches se sont développées dans notre laboratoire, en collaboration et sous contrats, avec les constructeurs français : Peugeot, Renault, et l'Institut français du pétrole (groupés dans le Groupement scientifique Moteur) et l'AFME, puis avec des constructeurs européens, groupés dans le JRC (Joint research committee) : Volvo, Fiat, Peugeot, Renault et Volkswagen.

La simulation numérique sur ordinateur des phénomènes de combustion s'est beaucoup développée ces dernières années. Elle permet de remplacer certaines expériences physiques, délicates et coûteuses, par des simulations numériques. Il ne faut pas se cacher que ce sont là des phénomènes très complexes que quatre-vingts ans de recherche sur les moteurs à essence n'ont pas résolu. La conception et la mise au point d'un moteur coûte, en conséquence, beaucoup de temps et d'argent...

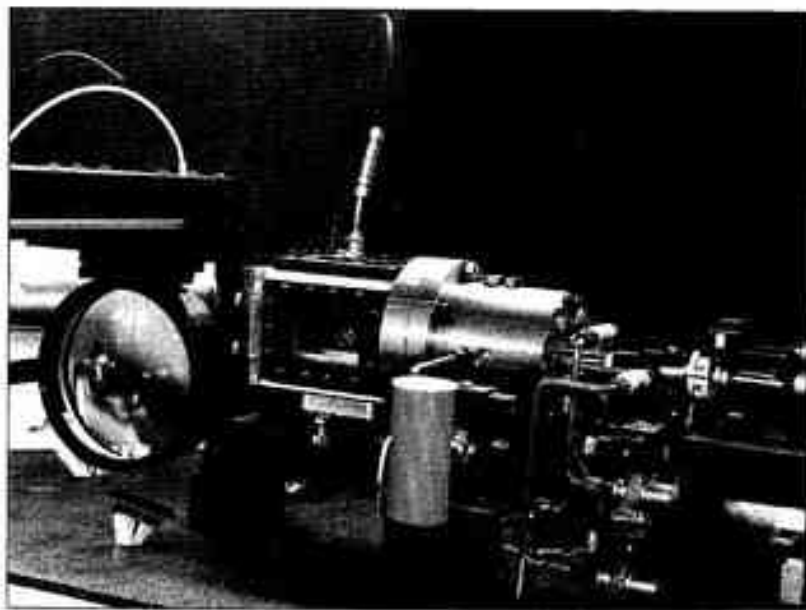
Des programmes de simulation existent depuis une dizaine d'années, mais les modèles physiques qu'ils contiennent ne donnent pas toujours satisfaction. Les travaux développés dans notre équipe lui ont permis de collaborer d'abord avec les constructeurs français pour l'amélioration du modèle le plus crucial, celui qui représente la combustion en milieu turbulent. Ils se poursuivent maintenant avec l'ensemble des industriels européens du JRC sur le thème, plus large, de la modélisation de la formation des suies dans les moteurs Diesel.

Ces collaborations se sont faites dans des conditions optimales. Les contacts entre chercheurs et industriels ont permis aux premiers de mieux situer leur travaux par rapport à la « demande sociale ». Mais notre collaboration n'a pas été conçue pour répondre seulement

aux demandes immédiates des constructeurs, ce qui risquait de faire perdre aux chercheurs une partie de leur compétence de pointe, avec toutes les conséquences négatives qui en auraient résulté plus tard. Les travaux qui ont été menés ont un intérêt assez général pour être transposés à d'autres domaines d'application que les moteurs à piston : tous les types de brûleurs ou flammes peuvent être analysés ou simulés avec des moyens très proches.

La collaboration entre les chercheurs et les ingénieurs a convaincu ces derniers de l'intérêt de recherches supplémentaires sur les phénomènes de base. Cet effet en retour s'est traduit par la mise en place de deux ensembles de recherches fondamentales sur la combustion : l'un, sous la forme d'une action de recherche concertée CNRS/PIRSEM, est à l'échelle nationale ; l'autre, à l'échelle européenne, rassemble autour du laboratoire anglais Harwell une vingtaine de laboratoires ou groupes de recherche anglais, allemands, italiens, français. L'URA 230 participe activement à ces ensembles et a même contribué directement à la mise sur pied du premier.

■ Roland Borghi, Laboratoire des phénomènes de transport dans les milieux en réaction (URA 230 CNRS), professeur à l'Université de Rouen, BP 118, 76134 Mont Saint Aignan.



Mesure de la vitesse des gaz par anémométrie Doppler-laser dans une chambre de combustion turbulente à volume constant, spécialement conçue pour l'étude fondamentale de la combustion.





## Amorphe mais efficace

Une recherche fondamentale qui commence au milieu des années soixante-dix et qui se poursuit aujourd'hui. La création en 1980 d'une société française d'exploitation Solems. Puis la construction d'une usine de production de grande capacité en commun avec la société allemande Messerschmitt-Boelkow-Blohm (MBB). Les cellules solaires en silicium amorphe entreront en 1992 dans l'ère de la grande diffusion.

■ Bernard Equer

Pour convertir l'énergie solaire en électricité, la voie la plus directe consiste à employer des semi-conducteurs. Le silicium cristallin, matériau déjà industrialisé au milieu des années soixante pour l'industrie électronique, offrait une solution de départ mais dont le coût élevé à l'époque limita l'emploi aux applications spatiales. Les travaux de W.E. Spear, de l'Université de Dundee et de D.E. Carlson aux USA, de 1975 à 1977, montrant qu'il était possible d'utiliser le silicium à l'état amorphe, allaient paraître providentiels. En effet, ce matériau pouvait être employé en couche très mince, de l'ordre du micron, au lieu de la centaine de microns nécessaire pour absorber et convertir la lumière solaire dans le silicium cristallin. De plus sa technique d'élaboration, à partir d'un plasma de silane, conduisait naturellement à réaliser des couches minces sur de grandes surfaces, alors que le matériau cristallin devait être découpé dans un lingot en tranches d'une fraction de millimètre. L'économie de matériau était donc considérable et la réduction en coût encore plus importante, compte tenu de la relative simplicité de la technologie mise en jeu. L'intérêt soulevé fut également grand dans nombre de groupes de recherche en physique des solides. En effet, les propriétés encore mystérieuses du nouveau matériau, le fait qu'il bousculait quelques idées reçues sur le rôle de l'ordre cristallin et qu'il fût un exemple de système désordonné ayant de bonnes propriétés opto-électroniques, alimentaient une réflexion sur des thèmes fondamentaux d'actualité.

En France, une petite communauté de chercheurs allait commencer à se rencontrer régulièrement pour échanger des idées. De retour des USA où il vient de passer une année sabbatique, I. Solomon, à l'Ecole polytechnique, contribue à animer cette communauté, tout d'abord au sein du Club « photopiles industrielles », créé par EDF, puis avec l'ARC (Action de recherche coordonnée) sur le silicium amorphe créée

par le PIRSEM en 1982. En même temps, il entrevoit la nécessité de prolonger la recherche de laboratoire par une activité de recherche et développement industriel. Il rencontre alors un petit industriel cherchant à élargir ses activités, EMS, et il crée Solems en 1980, avec le soutien de plusieurs groupes industriels et financiers: Total, Saint-Gobain et le Crédit Agricole. La nouvelle société fait rapidement la preuve de sa capacité à mettre au point une cellule solaire de bonnes performances et atteint une première production commerciale en 1984.

L'activité de recherche de base ne se ralentit pas pour autant. Bien au contraire, l'ARC continue à réunir une dizaine de groupes de recherche issus, pour des parts presque égales, des départements MPB, Chimie et SPI (et même de l'IN2P3, si l'on compte les « mutants » qui saisissent l'occasion pour rejoindre le SPI). Ils apprennent progressivement à travailler ensemble. La réalisation en 1986 d'une machine pour la production de couches et de dispositifs en silicium amorphe, l'ARCAM, permet aux équipes de mettre en œuvre

un effort de caractérisation et de réflexion considérable. Financée par l'Agence française pour la maîtrise de l'énergie (AFME), à travers son contrat cadre avec le PIRSEM, et par Total, cette machine est un lien entre industriels et chercheurs plus efficace que bien des contrats, lien facilité par le fait que des ingénieurs de Solems ont, pour la plupart, fait une thèse dans les laboratoires de l'ARC.

Solems reçoit le soutien de l'AFME et lorsqu'en 1985, la direction XII de la Commission des communautés européennes se prépare à lancer un premier programme européen, le programme AMOR, elle amorce des contacts avec la société allemande Messerschmitt-Boelkow-Blohm (MBB). En 1987, le projet d'une usine commune, Phototronics, prend corps avec pour objectif la mise en service en 1991 d'une unité de production capable de produire annuellement 3 mégawatts crête (c'est-à-dire une quantité totale de cellules solaires qui produiraient 3 MW en plein soleil). La direction technique de la nouvelle entreprise multinationale, qui compte près de cent personnes, est assurée par Jacques Schmitt, un ancien du CNRS venu des plasmas... nucléaires.

Grâce à l'apport de plusieurs groupes de la recherche publique, rassemblés en Action de recherche coordonnée, la France et plus généralement l'Europe, ne seront donc pas absentes de l'aventure photovoltaïque.

■ Bernard Equer, directeur de recherche au CNRS, directeur du Laboratoire de physique des interfaces et des couches minces, Ecole polytechnique, route de Saclay, 91128 Palaiseau Cedex.

## De nouveaux aimants pour l'Europe

Cinquante-quatre laboratoires de dix pays européens travaillent depuis 1984 à la mise au point de nouveaux aimants plus performants que ceux qui existaient jusqu'ici.

■ Jean Laforest

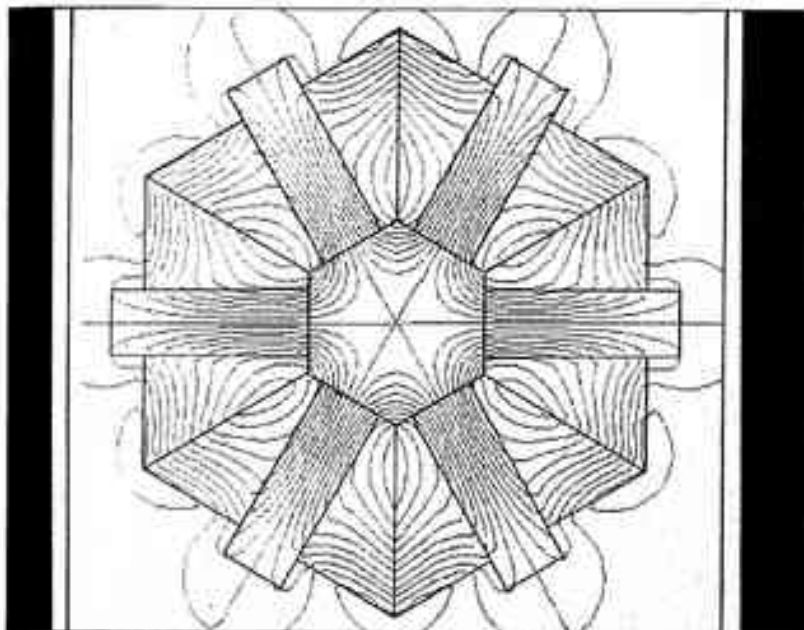
Un symposium organisé en 1985 sous les auspices de la Communauté a permis d'élaborer un projet européen de recherche et développement sur les nouveaux aimants permanents néodyme-fer-bore.

Dix nations, cinquante-huit laboratoires dont vingt appartenant à l'indus-

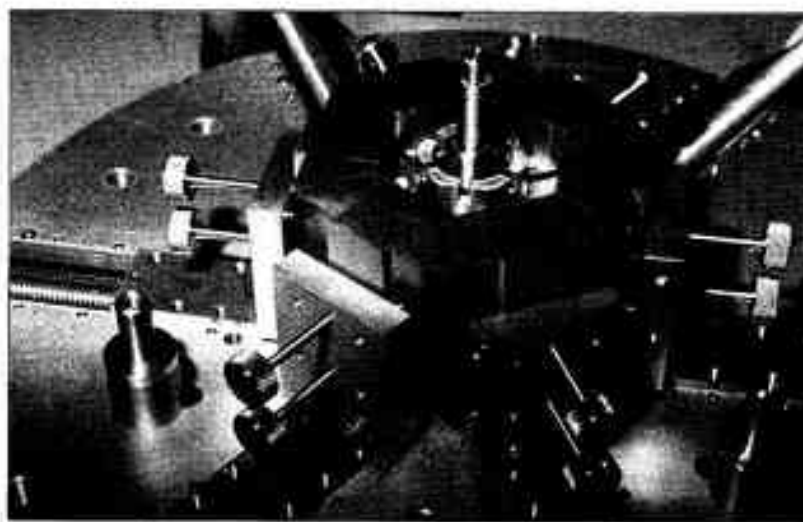
trie, participent à cette action financée à concurrence de 2,5 millions d'euros pour une période de trente mois.

Les perspectives offertes par ce nouveau matériau, de composition proche de  $Nd_2Fe_{14}B$ , sont très vite apparues extrêmement encourageantes. Il est possible de l'utiliser pour fabriquer des aimants plus performants que ceux qui existent sur le marché pour des applica-





■ Distribution du flux magnétique dans un hexapôle.



■ Hexapôle construit avec les nouveaux aimants Nd-Fe-B et qui permettra d'obtenir un champ magnétique plus important. (© CNRS, Grenoble, cliché Laforest)

tions aussi bien dynamiques (moteurs à faible et moyenne puissance, générateurs, actionneurs,...) que statiques (imagerie par résonance magnétique, guide d'électrons,...). Pour en faciliter l'organisation, le programme a été subdivisé en trois parties travaillant en étroite collaboration. La section « Matériaux » rassemble des physiciens et des chimistes. Elle s'attache plus particulièrement à la compréhension des propriétés du matériau, à son amélioration et à la recherche de nouveaux alliages. Le groupe « Fabrication » a pour mission de maîtriser les

processus d'élaboration de l'aimant pour optimiser ses propriétés afin que le groupe « Applications » puisse l'utiliser au mieux. Plus de cent quarante scientifiques et ingénieurs participent à ce programme. Quatre laboratoires en sont les pivots : le Laboratoire Louis Néel (CNRS - Grenoble) et le Trinity College (Dublin) pour la coordination du groupe « Matériaux », l'Université de Birmingham pour le groupe « Fabrication », l'Université technique de Berlin pour le groupe « Applications ». Les réunions semestrielles de chaque groupe permettent de faire le point et d'ajus-

ter les objectifs. La cohérence générale du projet est assurée par une réunion commune annuelle de tous les groupes et par l'édition d'une lettre d'information trimestrielle (CEAM Newsletter). Celle-ci diffuse des articles scientifiques et techniques, des comptes rendus de conférences internationales, l'annonce de nouvelles applications potentielles, l'évolution du marché, des prix,... Cette lettre est éditée au Laboratoire Louis Néel qui, en outre, a créé pour ces nouveaux aimants une base de données informatisée disponible gratuitement pour les participants. Le laboratoire est la plaque tournante de cette action.

Les résultats obtenus pendant trente mois ont été présentés l'année dernière à Madrid lors d'un colloque ; ils sont en cours d'édition pour être largement diffusés. Les faits marquants sont :

- la mise au point de nouveaux alliages prometteurs,
- la simplification et l'amélioration des procédés de fabrication et des traitements thermiques à la lumière des résultats par le groupe « Matériaux », notamment la mise au point d'un procédé économique de fabrication par extrusion à chaud (brevet CNRS),
- le calcul et la réalisation de différents prototypes de machines électriques à aimants. Réalisation du confinement magnétique dans les sources d'ions lourds entièrement en aimants néodyme-fer-bore fabriqués en Europe. Réalisation de « wiggler » pour ESRF (Rayonnement Synchrotron Européen).

Cette action a permis de faire collaborer des chercheurs fondamentaux et des chercheurs « appliqués » et ceci à l'échelle de l'Europe. En chiffres, cela se traduit par plus de trois cents publications ou communications dont environ deux cents intergroupes.

Ces résultats ont été jugés suffisamment encourageants par la Communauté européenne pour justifier la poursuite de l'action.

Un « club européen » dont l'organisation générale est la même a été créé. Il comprend des laboratoires d'organismes privés (Krupp, Lucas, Pecliney, Philips, Siemens, Thyssen...), des organismes publics de recherche : Université et Ecoles d'ingénieurs européennes, le CNRS, le CSIC, le Max Planck Institut, l'ESRF... Une première réunion à Leuven (Belgique) en février 1989 laisse bien augurer de l'avenir : des colloques thématiques sont programmés tout au long des deux prochaines années.

■ Jean Laforest, ingénieur de recherche au CNRS, Laboratoire Louis Néel (LP 5051 CNRS), BP 166X, 38042 Grenoble Cedex.

## Europe toute !

**Le Centre de recherches sur la physico-chimie des surfaces solides de Mulhouse est un habitué des collaborations européennes, tant au sein de programmes communautaires que par des contrats directs avec des entreprises allemandes, suisses, hollandaises, anglaises et luxembourgeoises.**

■ Jacques Schultz

**L**e Centre de recherches sur la physico-chimie des surfaces solides de Mulhouse, unité propre du CNRS, a acquis une compétence reconnue dans le domaine de la caractérisation et de la modification des surfaces solides, les interfaces solide - solide avec, en particulier, des recherches très approfondies sur les multi-matériaux (adhésion, frottement, renforcement, allages de polymères, matériaux composites...), la réactivité des solides à haute température, les colloïdes. Ces axes de recherche ont toujours intéressé le secteur industriel et nous avons, au laboratoire, une longue tradition de coopération avec les entreprises.

Depuis quelques années, de nombreux contrats de recherche ont été passés avec des entreprises : Hoechst et Degussa (RFA), Lonza et Ciba Geigy (Suisse), Akzo (Pays-Bas), ICI (Grande-Bretagne), Du Pont de Nemours (Suisse et Luxembourg) pour des études portant, par exemple, sur l'élaboration de silices poreuses, la pyrolyse de fuels lourds, le frottement de lubrifiants solides, les dispersions de polymères, les films et fibres organiques...

Plus récemment, notre Centre de recherches a été sollicité pour des contrats CEE de grande envergure. A titre d'exemple, nous mentionnerons les trois contrats actuellement en cours :

— Un contrat BRITE intitulé « Le rôle de l'interface polyester - métal dans les nouvelles technologies » associe, outre notre Centre de recherches, deux partenaires industriels, Du Pont de Nemours (Luxembourg) et BASF (RFA) et quatre laboratoires universitaires européens.

L'objectif est d'améliorer les performances de films polyester métallisés en développement croissant dans de multiples applications (bandes vidéo, condensateurs, emballages souples...). Notre rôle est d'apporter notre connaissance de la caractérisation physico-chimique des surfaces et des mécanismes d'adhésion polymère - métal. D'ores et déjà, le rôle des interactions accepteur - donneur a pu être mis en évidence, et un

test significatif d'adhésion faisant appel à des vibrations ultrasoniques en milieu liquide a pu être développé.

— Un contrat EURAM porte sur le développement de préformes alternées (fibre de carbone / thermoplastique) pour l'élaboration de matériaux composites haute performance destinés à l'industrie aérospatiale. Il associe notre laboratoire à la société allemande Messerschmitt-Bölkow-Blohm (MBB).

— Un contrat ESPRIT est relatif au développement d'une nouvelle génération de bandes magnétiques à enregistrement digital de haute performance destinées aux ordinateurs et équipements vidéo du futur. Il associe notre laboratoire à trois partenaires industriels, AGFA et BASF en RFA et Du Pont de Nemours au Luxembourg et plusieurs universitaires européens. Ce contrat est, par ailleurs, réalisé en étroite collaboration avec un projet RACE (Thomson, Philips, Grunifing) chargé du développement des équipements correspon-

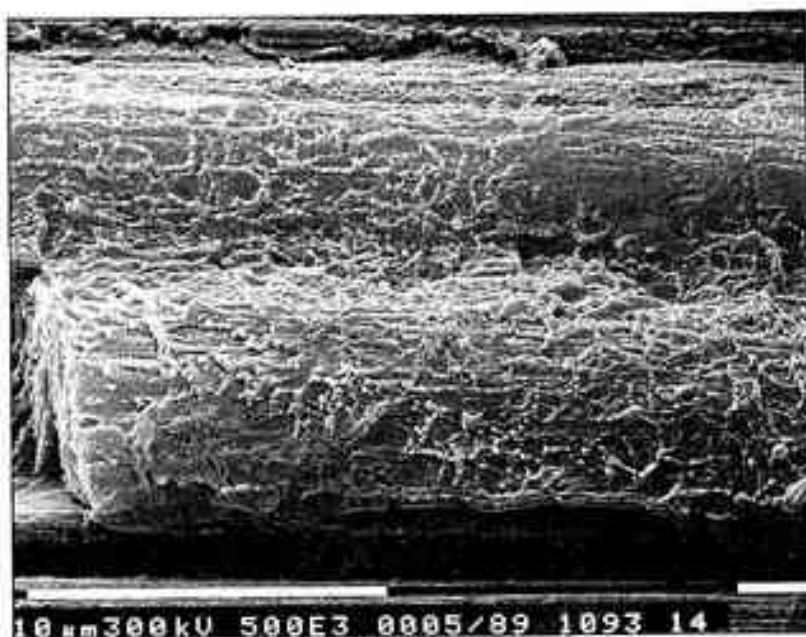
dants. Il s'agit d'un défi considérable puisque, à titre d'exemple, le marché européen correspond à environ 200 millions de cassettes vidéo par an, soit environ 8 milliards de francs et s'accroît de près de 13 % par an.

D'autres projets BRITE-EURAM sont actuellement en cours d'élaboration.

Bien entendu, des coopérations très étroites existent également et depuis longtemps avec des laboratoires universitaires européens, coopérations qui se sont traduites, par exemple, par des contrats PROCOPE.

Cette collaboration avec les entreprises européennes est essentielle pour nous. Elle a permis, en particulier à travers les contrats CEE, de développer une recherche fondamentale de qualité, de recruter des élèves de thèse ou post-doctoraux pour des études de longue durée, d'acquérir des équipements, d'ouvrir le laboratoire sur le monde économique européen et, par là-même, de motiver davantage nos chercheurs et techniciens.

■ Jacques Schultz, directeur du Centre de recherches sur la physico-chimie des surfaces solides (UPR 6601 CNRS), CNRS, 24 av. du Président Kennedy, 68200 Mulhouse.



Facès de rupture en traction transverse d'un composite fibres de carbone-matrice thermoplastique thermostable (contrat EURAM).

# Recherche française, développement allemand

Un sujet d'intérêt commun, le financement d'une thèse par une entreprise puis l'embauche du thésard une fois le travail terminé: l'itinéraire est classique et ne serait pas remarquable si le laboratoire n'était pas français et l'industriel allemand.

■ Bernard Maillard  
et Charles Navarro

C'est à Assise, au congrès «Eu-chem on Free Radicals» tenu en septembre 1986, que j'ai rencontré les Drs Meljer, Boelena et Wiersma de la société Akzo-Chemicals. Leur attention a été attirée par la présentation d'une de nos études sur la décomposition induite de composés peroxydiques insaturés. Notre conversation avait permis un échange de vues particulièrement intéressant et, en avril 1987, j'étais invité à donner deux conférences sur ce sujet aux Centres de recherche d'Arnhem et de Deventer. Je présentais donc les résultats obtenus par mon groupe et les orientations de recherche. Notre expérience en chimie des radicaux et des peroxydes ainsi que la place de premier producteur mondial dans le domaine des amorceurs radicalaires d'Akzo-Chemicals ont fait que, très vite, une collaboration a été décidée sous la forme du financement d'une thèse pendant trois ans. Le contrat a pris effet au début 1988, permettant à Charles Navarro de commencer ses recherches sur la synthèse de nouveaux peroxydes insaturés fonctionnels et l'étude de leurs réactivités.

L'essentiel de notre travail relève de la recherche fondamentale. Les applications de ces composés sont de leur côté développées aux Centres de recherche d'Arnhem et de Deventer. Des contacts fréquents et des réunions trimestrielles ont permis des échanges de connaissances et une stimulation permanente entre les trois groupes de travail à Arnhem, Bordeaux et Deventer. Ainsi, des modélisations des applications de Akzo ont été réalisées chez nous, conduisant à une meilleure connaissance des phénomènes élémentaires. Inversement, des problèmes d'analyse de produits lourds rencontrés par C. Navarro ont pu être résolus par le service Analyse du Centre de Deventer.

Cette collaboration vient de porter de nouveaux fruits puisque, avant même la fin du contrat, Akzo-Chemicals a proposé un emploi à C. Navarro pour le 1<sup>er</sup>

janvier 1990, date à laquelle le travail expérimental de sa thèse devrait être terminé (la soutenance est prévue dans le courant de l'année 1990). Mais cette collaboration, enrichissante à de nombreux points de vue, ne s'arrêtera pas là. Une extension du contrat en cours prolongera le financement pour une période de trois ans. Un autre étudiant pourra ainsi préparer sa thèse dans de bonnes conditions.

Le bilan de ces deux années passées montre qu'une collaboration efficace nécessite plus une volonté de travailler ensemble qu'une proximité géographique, et qu'il est possible de développer une recherche en commun avec des in-

dustriels aussi facilement au niveau européen que français. Les problèmes de distance et de frontière sont en effet très vite résolus. La compréhension des contraintes respectives (confidentialité des travaux industriels, soutenance de thèse et vocation à la divulgation de la recherche publique) est aussi un élément déterminant du succès.

Dans l'Europe en construction, à côté des grands programmes scientifiques décidés aux plus hauts niveaux nationaux, il y a donc place pour des associations entre les laboratoires publics et privés, voire pour des collaborations individuelles entre chercheurs. La multiplication des liens de ce type fera du monde scientifique européen une véritable Communauté.

■ Bernard Maillard, directeur de recherche au CNRS, Laboratoire de chimie organique et organométallique (URA 35 CNRS).

■ Charles Navarro, boursier dans le cadre du contrat CNRS/Akzo-Chemicals, Laboratoire de chimie organique et organométallique (URA 35 CNRS), 351, cours de la Libération, 33405 Talence Cedex.

## Les enzymes franco-belges

La firme belge «Plant genetic systems» (PGS) décide de travailler à l'amélioration d'une enzyme, la glucose isomérase, utilisée industriellement pour la préparation des boissons non alcoolisées. Elle a besoin de connaître le détail de la structure spatiale de l'enzyme. Elle s'adresse pour cela au Laboratoire de biologie physico-chimique de Paris-Sud.

■ Joël Junin

La glucose isomérase est employée par les industries agro-alimentaires pour convertir le glucose en fructose qui, plus sucré, peut être utilisé en quantité inférieure pour un même résultat gustatif. L'industrie des boissons non alcoolisées en consomme plusieurs tonnes par an, ce qui fait que cette enzyme représente environ 10 % du marché des enzymes industrielles.

Elle est produite par des souches bactériennes. Si elle est très stable — elle conserve ses propriétés pendant plusieurs mois en réacteur à 60°C —, elle n'est que moyennement efficace. Elle travaille, par exemple, mille fois moins

vite que la triose-phosphate isomérase qui catalyse une réaction analogue. Ne serait-il pas possible d'utiliser des bactéries mutantes qui fourniraient une enzyme beaucoup plus active ? Ne pourrait-on pas aussi obtenir une enzyme dont les exigences soient moins gênantes pour l'industrie ? La glucose-isomérase classique exige un pH acide et la présence d'ions divalents. A l'entrée du réacteur, on élève le pH du jus de fruit et on ajoute des sels. A la sortie, il faut s'en débarrasser et abaisser le pH. Peut-on éviter ces étapes coûteuses en modifiant l'enzyme ?

Plusieurs de ces questions ont maintenant obtenu une réponse. La réalisation des premières glucose isomérases amé-

## ERRATUM

Page 71, article de MM. Maillard et Navarro, lire :

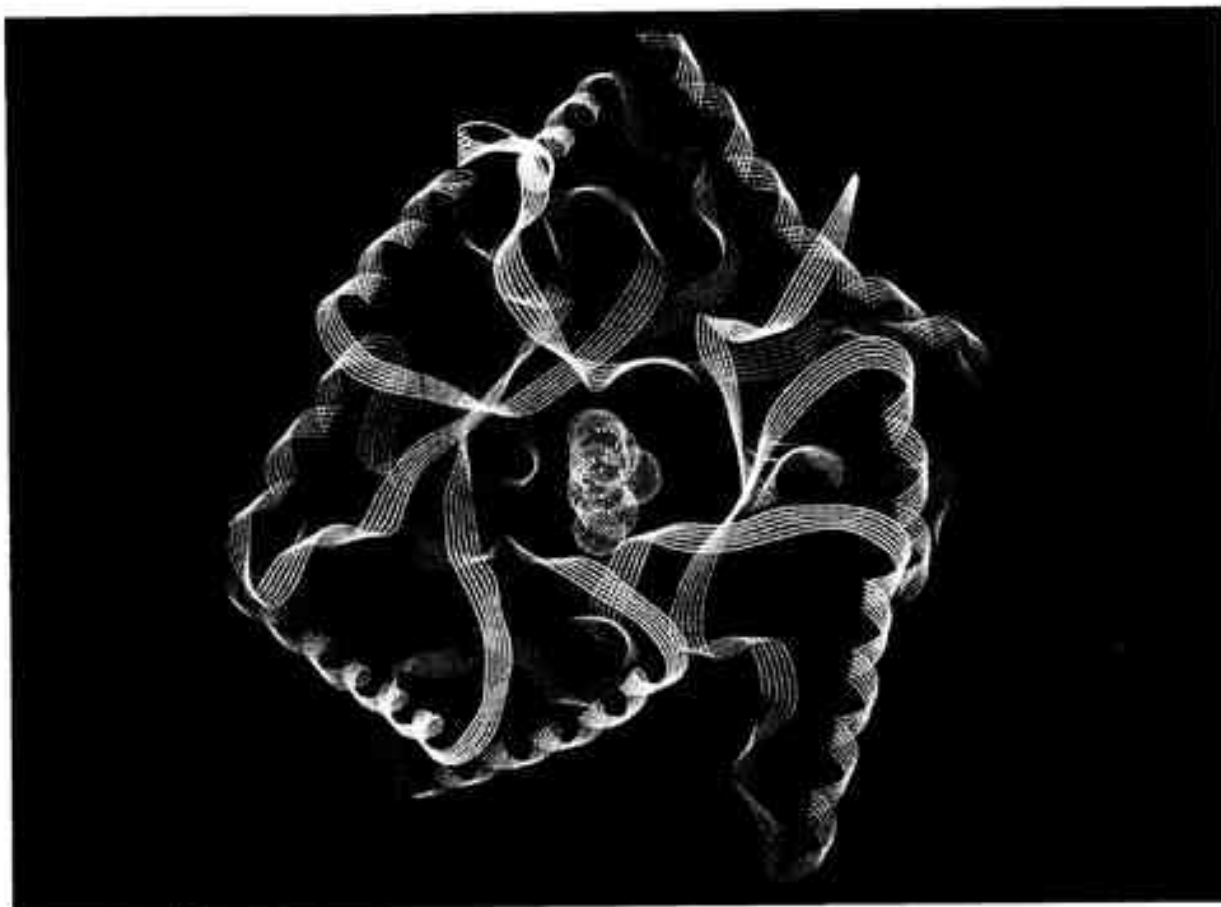
### ***Recherche française, développement néerlandais***

Un sujet d'intérêt commun, le financement d'une thèse par une entreprise puis l'embauche du thésard une fois le travail terminé : l'itinéraire est classique et ne serait pas remarquable si le laboratoire n'était pas français et l'industriel néerlandais.

**Drs Meijer et Wiersum**

LE COURRIER DU CNRS  
N° 74 - Novembre 1989





Inhibiteur au site actif de la glucose isomérase.

► liorées qui arrivent sur le marché est l'œuvre commune d'équipes de spécialités différentes coordonnées par le Dr S. Wodak, de l'Université libre de Bruxelles. PGS a ses propres équipes de génétique moléculaire et d'enzymologie à Gand, et un groupe de théoriciens qui met au point des méthodes de simulation à Bruxelles. Pour l'analyse structurale, la firme belge s'adresse à notre équipe qui s'est installée à Orsay en 1982 avec peu de moyens et de matériel, mais qui possède un atout exceptionnel, la proximité immédiate d'une source très puissante de rayons X, l'anneau DCI du centre de rayonnement synchrotron CNRS du LURE (Laboratoire de l'utilisation du rayonnement électromagnétique). L'objectif est ambitieux : il s'agit de positionner dans l'espace les quelques 12000 atomes de la molécule, avec une précision nettement meilleure que l'angström (un dix millième de micron) dans les délais les plus rapides. En 1984, Félix Rey, un jeune thésard argentin de notre équipe, cristallise la glucose isomérase. Dès la fin de 1986, la structure est résolue. Toutes les res-

sources du rayonnement synchrotron ont été utilisées : son intensité élevée, ses qualités optiques, la possibilité de choisir la longueur d'onde pour tirer le meilleur parti de la dispersion anormale d'atomes lourds que nous avons introduits dans la protéine, avant d'appliquer une méthode mathématique très puissante mise au point par G. Brionne, chercheur CNRS du LURE.

Pendant ce temps, les chercheurs de PGS n'ont pas chômé. Dès que nous leur donnons une description précise de la structure de l'enzyme, ils sont prêts à la tester systématiquement par mutagenèse dirigée. L'analyse cristallographique de certains des variants ainsi obtenus est réalisable en quelques semaines. Elle permet de confirmer – et parfois d'infirmer – les effets de la mutation prédits par simulation et sert de base à d'autres expériences. La collaboration avec PGS continue donc. Depuis 1986, elle fait l'objet d'un contrat qui couvre l'ensemble des coûts, salaires et utilisation du rayonnement synchrotron compris, de l'étude menée sur les enzymes industrielles. Il a fallu près de deux ans

pour que ce contrat obtienne l'accord du CNRS... Pourtant, les activités de recherche fondamentale de notre équipe ont bénéficié de retombées financières d'autant plus appréciables que les crédits dont nous disposons tant au CNRS qu'à l'université ne couvrent qu'une faible partie des besoins. De plus, l'utilisation payante du rayonnement synchrotron a profité à l'ensemble de la communauté scientifique en permettant à LURE d'assurer chaque année dix journées supplémentaires de fonctionnement de l'anneau DCI qui alimente en parallèle treize postes expérimentaux partagés entre la physique, la chimie et la biologie.

■ Joël Janin, professeur à l'Université Paris-Sud, directeur du Laboratoire de biologie physico-chimique (URA 1131 CNRS), Bât. 435, 91405 Orsay Cedex.

## Bientôt l'INIST à Nancy pleinement opérationnel en 1990

**L'INIST, une entreprise du CNRS, qui transforme le savoir de la recherche pour vous la rendre immédiatement accessible.**

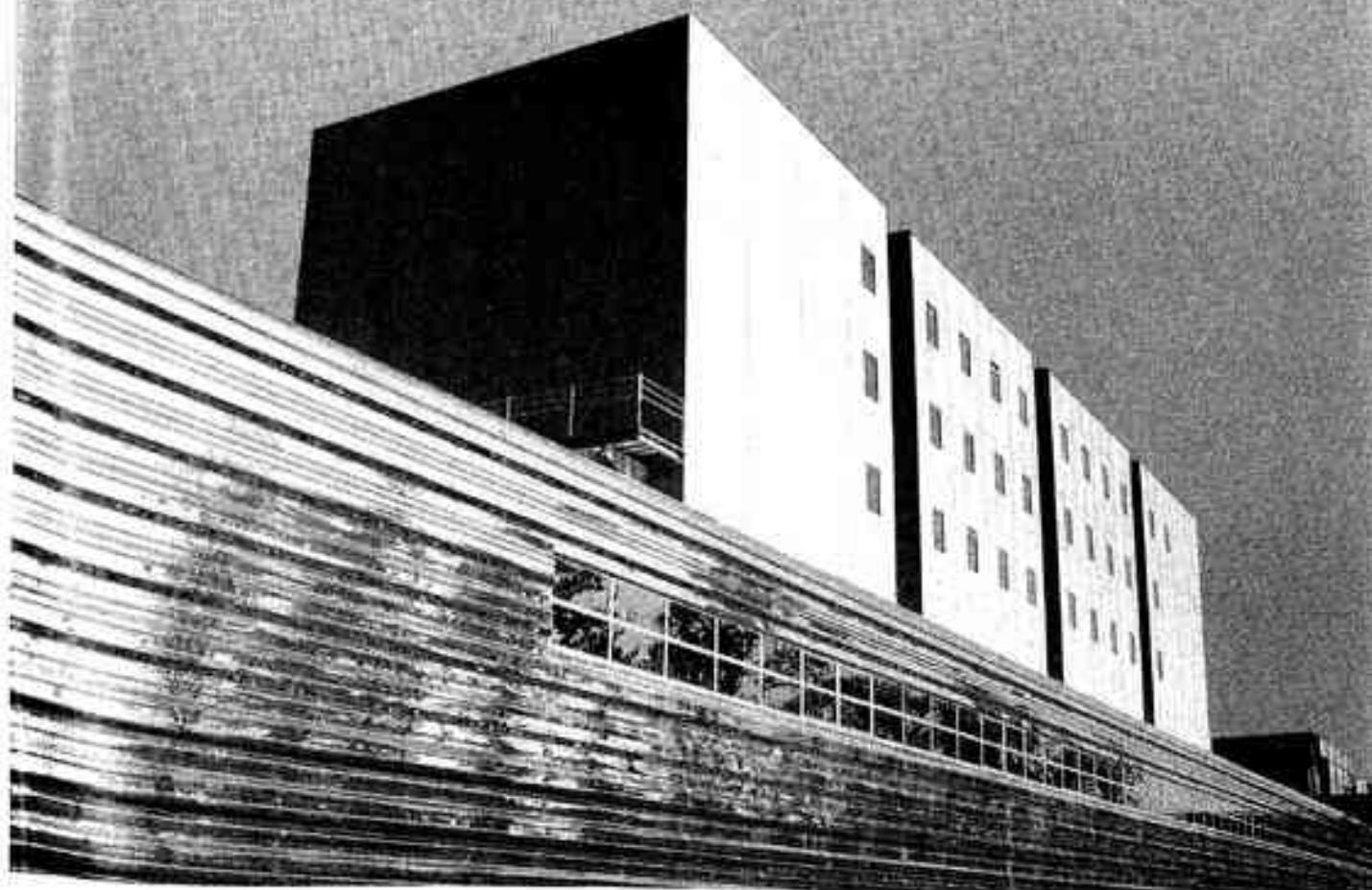
L'INIST fournit aux chercheurs, ingénieurs, décideurs, documentalistes et bibliothécaires,

**un accès ultra-rapide et personnalisé**

aux publications et données de la recherche mondiale dans tous les domaines de la connaissance :

Science, Technologie, Médecine, Sciences Humaines, Sciences Sociales, grâce à

- ▶ des revues de sommaires en ligne, en moins d'une semaine
- ▶ la fourniture, en moins de 48 heures, de documents primaires archivés électroniquement
- ▶ des banques de données bibliographiques en ligne, multilingues, multidisciplinaires, européennes, mises à jour en permanence : PASCAL et FRANCIS
- ▶ des services de traduction, de veille scientifique et d'ingénierie documentaire.



# INIST

INSTITUT DE L'INFORMATION  
SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE

2 allée du Parc de Brabois 54514 Vandœuvre-lès-Nancy cedex  
Tél. 83 50 46 00



Préparation de batteries au lithium pour systèmes automatiques de tests. Institut de physique et chimie des matériaux. Ce laboratoire est géré conjointement par le CNRS, l'Université de Strasbourg 1 et l'École européenne des hautes études des industries chimiques de Strasbourg. (© CNRS-IPCM, cliché Ph. Pially).

CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
15, QUAI ANATOLE-FRANCE 75700 PARIS, TEL. (1) 47.53.15.15, TÉLEX 260 034

