

Le courrier du CNRS 61-62

Auteur : CNRS

Les folios

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

82 Fichier(s)

Les relations du document

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

Présentation

Date(s)1985-10

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 pages82

Notice créée par [Valérie Burgos](#) Notice créée le 05/10/2023 Dernière modification le 11/12/2024

LE COURRIER DU CNRS

61-62

**SPECIAL
VALORISATION**

CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
Bimestriel - Juillet/Octobre 1985 - 38 F.



LE COURRIER DU CNRS

CNRS
Délégation du Siège
Service logistique
Dépôt des manuscrits - Bâtiment 19
1, avenue de la Terrasse
91198 GIF-sur-Yvette
Tél : 01 69 82 39 17



N° 61-62

SOMMAIRE • CONTENTS

CNRS
Dépôt des archives
Dépôt des archives
Bâtiment 19
1, avenue de la Terrasse
91198 GIF-sur-Yvette

pages

- | | | |
|---|--|------------|
| 5 | Editorial | P. Papon |
| 6 | Elargir la collaboration vers l'amont et vers l'aval
<i>A review of three years of valorization</i> | J.-J. Duby |

LES PARTENAIRES DE LA VALORISATION • THE PARTNERS FOR VALORIZATION

- | | | |
|----|---|---------------------------------|
| 9 | Pour le patron, ça va. Pour le patronat, ça pourrait aller mieux.
● <i>Point of view of an employer representing the CNPF.</i> | B. Maitenaz |
| 10 | Deux mondes qui se connaissent encore mal.
● <i>The big industries and the CNRS.</i> | J. Cantacuzène |
| 11 | Chauvin réinvente le chauvinisme.
● <i>A PME (small and medium sized firms) that collaborates with the CNRS.</i> | B. Chauvin |
| 13 | Trois principaux domaines
● <i>Point of view of the director of the "Nuclear and Particles Physics" department.</i> | P. Lehmann |
| 13 | Grandes théories au service de la technologie
● <i>Point of view of the director of the "Mathematics and Basic Physics" department.</i> | J.-C. Lehmann |
| 14 | L'éloge du "sale boulot".
● <i>A researcher in industry.</i> | C. Bleijs |
| 14 | Un pour tous.
● <i>Point of view of the director of the "Physical Sciences for the Engineering" department.</i> | J.-C. Charpentier- M. Combarous |
| 15 | Valorisation et chimie : un vieux couple.
● <i>Point of view of the director of the "Chemistry" department.</i> | M. Fayard |
| 16 | Un véritable partenariat est nécessaire.
● <i>A researcher in industry.</i> | A. Sépulchre |
| 17 | Pour la fixation des fractures.
● <i>A researcher in industry.</i> | J. Olivier |
| 17 | Voir s'industrialiser son invention.
● <i>A researcher in industry.</i> | M. Breysse |
| 18 | Un goût de l'aventure frisant l'inconscience.
● <i>A researcher in industry.</i> | J.-C. Pommier |
| 18 | Plus de retombées de la terre que du ciel.
● <i>Point of view of the director of the "Earth, Ocean, Atmospheric and Space" department.</i> | A. Berroir |
| 19 | A cheval sur son dada.
● <i>A researcher in industry.</i> | J.-L. Poyet |
| 20 | La révolution des bioindustries a commencé.
● <i>Point of view of a senior fellow of the "Life Sciences" department.</i> | M. Hofnung |
| 21 | A l'aube de la valorisation.
● <i>Point of view of the director of the "Humanities and Social Sciences" department.</i> | M. Godelier |
| 22 | Une structure de rencontre entre industriels et chercheurs.
● <i>The CRIN (Industrial Relations Committee) : a meeting point for researchers and industrialists.</i> | P. Guillaumat |
| 23 | Le Who's who électronique de la recherche publique et privée.
● <i>A data bank for research laboratories.</i> | P. Rémot |
| 24 | Entremetteur et héraut.
● <i>The role of the industrial relations delegates.</i> | K. Sipek |
| 25 | La recherche au service des professions.
● <i>The CNRS and the industrial technical centres.</i> | R. Blanchard |
| 25 | Le CNRS, c'est aussi la formation.
● <i>The CNRS and education.</i> | M. Charles |

LES EXEMPLES DE VALORISATION • EXAMPLES OF VALORIZATION

Traitement de l'information • Data processing

- | | | |
|----|--|---------------|
| 26 | Intégration, maîtrise et valorisation des logiciels.
• Integration, mastery and valorization of software. | A. Guillaume |
| 27 | Intégrer les symboles scientifiques au traitement de textes.
• Scientific symbols in word processing. | G. Requie |
| 27 | Forger les outils de l'intelligence artificielle.
• The tools of artificial intelligence. | R. Cori |
| 28 | La machine qui sait tout sur un sujet.
• Expert systems. | M.-C. Rousset |
| 29 | Paroles en l'air.
• Speech recognition. | J.-S. Liénard |
| 29 | Enjeux et perspectives de la communication parlée.
• The future of the spoken word. | R. Carré |
| 30 | L'ordinateur comprend le français courant.
• The computer understands present-day French. | G. Sabah |
| 31 | Cinq chercheurs qui créent une société.
• Five researchers who create a company. | C. Fluhr |
| 32 | Premier prix de français : la machine.
• Computerized dictionaries. | M. Gross |
| 32 | Rêve de cancre.
• A system to correct spelling mistakes. | N. Catach |
| 33 | La Marine voulait tester ses codages.
• Phonetic research for the Navy. | M. Rossi |

Automatique-robotique • Automation-robotics

- | | | |
|----|--|--------------|
| 34 | Un premier bilan d'ARA.
• Report on the ARA product (automation and advanced robotics). | G. Giralt |
| 35 | Dix labos valent mieux qu'un.
• Ten laboratories unite to develop robots. | J.-C. Guinot |
| 35 | Une carte de commande intégrée.
• An integrated control card. | R. Perret |
| 36 | Quand le CNRS roule pour Renault.
• A collaboration between Renault and the CNRS. | F. Annabi |

Electricité-électrotechnique • Electricity-electrotechnics

- | | | |
|----|---|------------|
| 37 | Le bond en avant.
• New developments in electric motors. | B. Trannoy |
| 37 | Les derniers seront les premiers.
• Conventional electric motors lag behind. | C. Rioux |
| 38 | Faire jouer la synergie.
• Synergy between Jeumont Schneider and the CNRS. | M. Boldin |
| 39 | La "success story" du thyristor-dual.
• The "success story" of thyristor-dual. | H. Foch |

Instrumentation • Instrumentation

- | | | |
|----|--|----------------|
| 39 | De la mesure en tout.
• The vast field of instrumentation. | J. Kermarec |
| 40 | Le temps c'est de l'argent.
• Instrumentation, an enormous market. | R.-J. Besson |
| 45 | Un détecteur gazeux ultra rapide.
• A high-speed gas detector. | V. Comparat |
| 46 | Pour une mesure précise des grosses molécules.
• A new type of mass spectrometer. | Y. Le Beyec |
| 47 | Une PMI dans un GIP.
• The North of France and instrumentation. | F. Wellart |
| 47 | Plus d'enregistrements dans moins de temps.
• More recordings in less time. | J. Galy |
| 48 | Les robots du labo.
• Robots in the laboratory. | K. Govindaraju |
| 49 | Du côté des torches à plasma.
• Electron torches. | P. Leprince |

Matériaux • Materials

- | | | |
|----|--|-------------|
| 49 | La métallurgie moderne innove et régénère.
• A new metallurgy. | J. Hanus |
| 50 | L'enregistrement magnétique en profite.
• New developments in magnetic recording. | G. Demazeau |

51	Une alliance pour les alliages ● <i>Alloys which have memory.</i>	M. de Mendez
52	L'alü change d'état ● <i>When aluminium becomes amorphous.</i>	G. Beck
Chimie • Chemistry		
52	Du sucre au gasoil ● <i>Chemistry is in every field.</i>	R. Maurel
53	La copie vaut mieux que l'original ● <i>Two synthetic zeolites for oil tankers.</i>	F. Figueras
54	Catalyseurs acides ● <i>Acid catalysts.</i>	R. Wey
54	Les mystères de la catalyse ● <i>The mysteries of catalysis.</i>	M. Vrinet
55	Présent sur tous les fronts ● <i>The CNRS collaborates with the catalyst industry.</i>	G. Martino
58	De la macromolécule à l'objet fini ● <i>The wealth of polymers.</i>	J.-P. Valron
56	Pour une poignée de valeur ajoutée en plus ● <i>Helping industry improve profit.</i>	J. Villermaux
58	L'avenir radieux des biomatériaux ● <i>The exciting future of biomaterials.</i>	G.-M. Chevallier
58	L'avenir des matériaux carbonés ● <i>The future of carbon-containing materials.</i>	F. Carmona
59	Une torche dans le fil ● <i>The electron torch and the textile industry.</i>	J.-C. Brosse
59	Des accumulateurs en polymères conducteurs ● <i>Accumulators using conductive polymers.</i>	M. Armand
Agroalimentaire • Food and agricultural industries		
60	L'irrésistible ascension des membranes ● <i>Membranes : a fantastic market.</i>	L. Cot
61	Ni barrières, ni tabous ● <i>Collaboration between the CNRS and a membrane industrialist.</i>	C. Humbert
61	Des acides pour la fin de la faim ● <i>Amino acids to fight hunger throughout the world.</i>	A. Commeyras
62	Entre l'ion et le fromage ● <i>The CNRS helps the dairy industry.</i>	J.-P. Couderc
63	Cinq chercheurs dans le capital risque ● <i>Five researchers in venture capital.</i>	P. Monsan
64	Beghin-Say/CNRS : des relations sucrées ● <i>The CNRS and the number one in the sugar industry.</i>	C. Laur
Santé-biomédical • Health-biomedicine		
65	Une recherche trans-disciplinaire ● <i>Multidisciplinary research to develop new drugs.</i>	P. Potier
65	Un labo mixte ● <i>A mixed laboratory.</i>	E. Sakiz
66	L'arrivée du "drug design" ● <i>The advent of drug-design.</i>	H. Demarne
67	Le ditercalinium au banc d'essais ● <i>A new cancer chemotherapeutic agent on trial.</i>	J.-B. Le Pecq/B.-P. Roques
67	Les nouveaux transporteurs ● <i>New drug carriers in the organism.</i>	
68	Derek Barton, prix Nobel, veut faire mieux que la nature ● <i>Sir Derek Barton, Nobel prize-winner.</i>	M. Mounier-Kuhn
70	Des lentilles tout confort ● <i>Top comfort contact lenses.</i>	A. Baszkin
70	Des lunettes qui corrigent, dépistent et soignent ● <i>Glasses for correction, detection and treatment.</i>	E. Yvroud
71	Moins de lumière pour y voir mieux ● <i>A new system to examine the eye.</i>	J. Simon
72	Le robot est dans le vestibule ● <i>A robot to examine the inner ear.</i>	C. Kopp
72	Le robot met son doigt dans l'œil ● <i>A robot which operates on the eye.</i>	P. Vidal
73	Des bactéries pour guérir les plantes ● <i>Bacteria to cure plant diseases.</i>	P. Yot
74	Détecter les virus des végétaux ● <i>The detection of plant viruses.</i>	M. Van Regenmortel

Environnement • *Environnement*

- 74 Une nouvelle race d'écologues P. Ozenda
• *The new ecologists.*
75 La végétation sauvée G. Pautou
• *Conservation of the riverain flora.*
75 Faire reverdir les rives L. Maman
• *Replanting banks.*
76 La réponse du chercheur au berger M. Barrué-Pastor
• *New folds for sheep.*

Sciences sociales • *Social sciences*

- 76 Pour mieux voir au-delà des projets M. Fardeau
• *Collaboration between economists and decision-makers in industry.*
77 Entre deux récifs J. De Bandt
• *Difficulties encountered by economists.*
79 Aider une PMI à changer de cap D. Carré
• *Helping a PMI (small and medium sized industrial firms) reorientate its activities.*
79 Repenser les relations dans l'entreprise J. Paltra
• *New types of relationship in companies.*
80 Le wagon des sciences sociales L. Guieysse
• *The CNRS helps the subway management to think.*

Les Editions du CNRS • *The CNRS Editions*

- 80 Point de vue sur... J. Bourdon, G. Cabane, M. Tissier
• *Point of view on...*

82 Index • *Indexes*

Noms

• *Names*

Administrations, organismes et formations de recherche

• *Administrations, research organizations and units.*

Entreprises

• *Industrial companies.*

Directeur de la publication : Goëry Delacôte.

Rédacteur en chef : Véronique Brossollet-Condé/Régine Ferné.

Secrétaire de rédaction • *La vie des laboratoires* : Evelyne Grunberg/Christophe de La Mure.

Entretiens : Monique Mounier-Kuhn.

Ce numéro a été réalisé avec la collaboration de Jean Choury.

Comité de rédaction : Robert Barbaut, Jean Bourdon, Georges Chapouthier, Bernard Dorny, Claire Dupuis, Max Fontet, Catherine Fuchs, Jean-Philippe Genêt, James Hébert, Louis Jaumeau, Claudine Laurent, Jean Lecca, Jacqueline Mirbal, Jean Montuier, Janine Randoel, Dominique Simonnet, Hervé Théry, Maryvonne Tisser.

Membres correspondants : Nadine Chalem-Gouarin, Gérard Lecomte, France Normand-Plessier.

Numéro double 61-62 : 36 F.

Abonnement et vente au numéro. Le numéro : 19 F. Abonnement annuel : 70 F - 60 F pour l'étranger (voir bulletin d'abonnement pages 41-44 pour l'année 1985). Tout changement d'adresse doit être signalé à la rédaction. Revue bimestrielle comportant cinq numéros par an. Nous remercions les auteurs et les organismes qui ont participé à la rédaction. Les illustrations et les chapitres introductifs ont été rédigés par la rédaction. Les textes et illustrations peuvent être reproduits sous réserve de l'autorisation du directeur de la publication. Direction artistique : ODT. Photocomposition : TEXTES, 16 rue Viron 75018 Paris. Réalisation : Roto-France Impression, boulevard de Beaubourg, Emersville, 77200 Torcy. C.P.A.D. 300.
ISSN 2-222-03745-X - ISSN 0153-685 X.
© Centre national de la recherche scientifique.

CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE, 15, quai Anatole-France, 75700 Paris. Tél. : (1) 45.55.92.25. Téléc. : 260.034.

EDITORIAL



Pierre Papon, directeur général du CNRS.
© CNRS. Photo: GROP

EN CUNTIANT, en 1982, aux organismes de recherche comme le CNRS une mission de valorisation des résultats de la recherche, le législateur a voulu que les chercheurs, les ingénieurs et les techniciens contribuent mieux encore, par leurs travaux fondamentaux, aux progrès économique, social et culturel du pays.

Pour le CNRS, la valorisation de la recherche dans toutes les disciplines (des sciences exactes, comme les sciences de l'homme et de la société) est intimement liée à sa politique scientifique, elle en est à la fois son prolongement direct et un facteur de dynamisme : elle est aussi l'outil privilégié de la politique d'ouverture résolue qu'il mène et qui le conduit à collaborer avec de nombreux partenaires, en particulier les entreprises.

Une nouvelle réalité s'est fait jour qui ne doit rien à une mode passagère : elle conduit peu à peu à estomper le mythe trop commode d'un chercheur qui ne sortirait jamais de son laboratoire pour expliquer les résultats de ses travaux, pour collaborer avec l'industrie ou pour « aller faire un tour » du côté

des entreprises à un moment ou à un autre de sa carrière. De fait, les premiers succès rencontrés par une politique de valorisation comme celle mise en œuvre par le CNRS traduisent une double évolution. Celle des scientifiques, d'abord, qui ont pris conscience, d'une part, de l'intérêt pour leurs propres travaux d'une collaboration avec l'industrie à un moment où la relation entre science et technologie est de plus en plus étroite, et, d'autre part, de l'importance pour la recherche de s'ouvrir aux préoccupations économiques et sociales de la Nation. Évolution parallèle, enfin, de nos partenaires industriels qui sont de plus en plus nombreux à souhaiter une collaboration active entre le secteur des entreprises et la recherche publique qui est un facteur de dynamisme et un atout dans la compétition internationale. Ces évolutions ne sont pas propres à notre pays, mais en France un chemin important a été parcouru depuis quelques années.

Ce numéro spécial du *Courrier du CNRS* n'a pas pour ambition de dresser un bilan complet de la politique de valorisation, mais nous avons voulu montrer l'enjeu et l'aventure qu'elle représente. Jean-Jacques Duby, le directeur de la valorisation et des applications de la recherche (DVAR), évoque ici la mission précise qui a été confiée au CNRS, les moyens dont il dispose et les résultats obtenus. La DVAR, pour mener à bien cette entreprise, s'appuie sur le Comité des relations industrielles (CRIN) mis en place en 1973 par M. Hubert Curien, alors directeur général du Centre, M. Pierre Guillaumat, qui le préside, nous rappelle, dans les pages suivantes, pourquoi ce comité constitue un outil de dialogue privilégié entre l'industrie et la recherche.

Mais il fallait aller plus loin pour aménager la communication entre ces deux partenaires. Pour ce faire, la DVAR a installé sur tout le territoire un réseau de chargés de mission aux relations industrielles. L'un d'entre eux, Mme Kira Sipek, précise son rôle d'intermédiaire privilégié.

Ici, comme ailleurs, l'aventure est affaire d'hommes. Des chercheurs du CNRS, empruntant diverses passerelles mises depuis peu à leur disposition, ont franchi, pour un temps, le pas. Ils ont pu vérifier que « l'univers industriel » avait pour eux bien des attraits. Leur témoignage en fait foi. Tout comme celui des sept directeurs scientifiques qui font le point des actions de valorisation menées dans leur département.

Notre souci d'information sur le sujet n'eût pas été complet si nous n'avions aussi donné la parole à nos interlocuteurs du monde des entreprises, depuis la PMI, comme Essilor ou Chaurvin-Blache, à la grande entreprise, comme la Compagnie française des pétroles.

Tout incomplet, enfin, eût été notre propos s'il ne s'était appuyé sur des exemples concrets d'actions de valorisation entre nos laboratoires et les entreprises. Et la centaine d'entre eux présentés dans ces pages dira peut-être, un peu plus fort que d'habitude, que le « mythe de la tour d'ivoire » a fait son temps.

Pierre Papon
Directeur général du CNRS

ELARGIR LA COLLABORATION VERS L'AMONT ET VERS L'AVAL

Jean-Jacques Duby*

LA MISE EN ŒUVRE DE LA POLITIQUE DE VALORISATION DU CNRS A ÉTÉ CONFIEE, EN 1982, A UN DÉPARTEMENT SPÉCIAL QUI DISPOSE DE MOYENS PROPRES ET VARIÉS. LES STRUCTURES MISES EN PLACE DEPUIS TROIS ANS ONT PERMIS, DANS LES FAITS ET LES ESPRITS, D'ENREGISTRER DES RÉSULTATS TRÈS APPRÉCIABLES.

SELON LA MISSION qui lui a été impartie (voir encadré), la Direction de la valorisation et des applications de la recherche (DYAR) du CNRS doit faire en sorte que les recherches du CNRS soient utilisables et utilisées par les entreprises.

Rendre des recherches utilisables par les entreprises

Mais que faut-il entendre par recherches utilisables ? Considérons l'exemple des biotechnologies pour lesquelles le rendement d'un procédé industriel reste faible. Les différentes approches technologiques utilisées pour tenter d'améliorer ce rendement en usine n'ont fourni, jusqu'à présent, que des améliorations lentes et insuffisantes. La raison fondamentale en est sans doute que l'on ignore encore le mécanisme des échanges physicochimiques à travers la membrane cellulaire. Voilà donc un programme de recherche fondamentale



Jean-Jacques Duby, directeur de la DYAR.
© CNRS. Photo : GROP.

qui, tout à la fois, répond à un besoin de l'industrie et présente un grand intérêt scientifique.

Comment le CNRS s'y prend-il pour déterminer les besoins de l'industrie ? Tout d'abord en développant les contacts personnels entre ses chercheurs et les entreprises. Mais aussi en utilisant deux approches. La première est suivie par les clubs du Comité des relations industrielles du CNRS (CRIN). Dans ces clubs, chercheurs et industriels, en nombre restreint (vingt à quarante), étudient un problème particulier qui se rencontre dans plusieurs industries. C'est, par exemple, à la suite d'une recommandation du club « Pétrole » que les géophysiciens du CNRS ont lancé des programmes de recherche susceptibles d'applications à la prospection minière.

La seconde approche s'intéresse à tous les problèmes qui se posent à une entreprise particulière. Dans ce but, le CNRS signe des accords-cadres avec un certain nombre d'entre elles, au terme desquels les deux parties examinent périodiquement leurs programmes de recherche et développement afin de les coordonner. Le caractère pluridisciplinaire du CNRS permet à cette coordination de s'étendre à toutes les disciplines scientifiques : c'est ainsi qu'à partir des problèmes rencontrés par un grand groupe de l'industrie mécanique dans le domaine de la robotique, le CNRS a lancé des équipes de mécaniciens, d'informaticiens, de mathématiciens, mais aussi de sociologues et d'économistes qui se sont intéressés aux problèmes sociaux et financiers posés par l'introduction de l'automatisation.

Une fois le programme de recherches défini, le CNRS utilise pour le lancer des outils classiques de programmation scientifique tels les appels d'offres des Actions thématiques programmées. Il construit aussi des outils qui ont été spécialement développés pour répondre aux besoins de l'industrie, comme les Groupements scientifiques ou les laboratoires communs CNRS/entreprises.

La première démarche de la valorisation au CNRS, c'est donc de faire remonter les besoins de l'aval vers l'amont. La seconde démarche est symétrique : transférer les résultats de l'amont vers l'aval. Autrement dit, faire en sorte que les recherches du CNRS soient utilisées par l'industrie.

Pour que les recherches soient utilisées

Il faut tout d'abord, pour ce faire, qu'une invention d'un laboratoire soit protégée par brevet ou par secret. Cette condition évidente pour un industriel, ne l'est pas pour un chercheur fondamental dont la mission

*Jean-Jacques Duby, directeur scientifique CNRS. Direction de la valorisation et des applications de la recherche, I.S. quai Anatole France, 75700 Paris.

première et le premier réflexe sont de publier. Une première tâche du CNRS a donc consisté à sensibiliser ses chercheurs et ingénieurs au problème de la protection de la propriété industrielle et à les motiver. C'est ainsi que le CNRS redistribue aux inventeurs et aux laboratoires où a été faite une invention la moitié des redevances qu'il perçoit lorsque cette invention est exploitée industriellement.

Le savoir-faire du CNRS ayant été protégé, il s'agit alors de le faire exploiter par une entreprise. A cet effet, le CNRS utilise des licences d'exploitation accompagnées, éventuellement, de contrats de transfert du savoir-faire. Mais il utilise également des techniques originales de transfert par les hommes : mises à disposition de chercheurs dans les entreprises et activités de conseil auprès d'elles. C'est ainsi que le CNRS met en œuvre une politique de forte incitation à la mobilité industrielle, en autorisant ses chercheurs à travailler un an dans une entreprise tout en continuant à assurer leurs salaires. Le chercheur peut y rester une ou deux années supplémentaires, mais à la condition que son salaire soit alors pris en charge par l'entreprise. Le CNRS encourage également une mobilité industrielle à temps partiel, en autorisant ses chercheurs ou ingénieurs à exercer une activité de consultant auprès d'une entreprise, jusqu'à 20 % de leur temps de travail, soit l'équivalent d'une journée par semaine. Ces possibilités permettent aux industriels de bénéficier de l'acquis de connaissances fondamentales des chercheurs du CNRS, et à ceux-ci de se familiariser avec les problématiques industrielles.

La collaboration de recherche

Mais l'outil principal de valorisation au CNRS demeure la collaboration de recherche. Lorsqu'ils ont déterminé un sujet d'intérêt commun (scientifique pour l'un et économique pour l'autre), le CNRS et une entreprise peuvent se lancer dans un projet commun de recherche. Dans celui-ci l'apport du CNRS est, en général, intellectuel et celui de l'entreprise, matériel et financier. Mais il arrive fréquemment que le CNRS participe aussi financièrement et que les chercheurs de l'entreprise travaillent aux côtés de ceux du CNRS. Chacun bénéficiera des résultats éventuels. Au CNRS reviendront les résultats scientifiques et la propriété industrielle bénéficiera à l'entreprise. Laquelle, en retour, versera des redevances au CNRS. Dans certains cas limités, le CNRS peut également offrir des prestations de services à une entreprise. Par exemple, lorsqu'un laboratoire dispose d'un appareillage d'analyse rare et coûteux, il a la possibilité de l'utiliser pour effectuer des opérations à la demande d'entreprises (le plus souvent des PMI) qui en sont démunies. Quelques laboratoires, dits « laboratoires de service », sont spécialisés dans ce genre d'activités. L'expérience montre que les recherches menées au CNRS ont d'autant plus de chances d'être utilisées par l'industrie que la collaboration entre les

deux partenaires s'étend sur la plus grande période possible : lorsque l'entreprise s'intéresse aux recherches en amont et que le CNRS suit les développements en aval.

Des moyens en personnel

Quels sont les moyens dont dispose le CNRS pour mener à bien cette politique de valorisation ? La DVAR proprement dite comprend une soixantaine de personnes réparties auprès de la direction parisienne, en région et dans les laboratoires. Au niveau de la direction parisienne, se trouvent différents services (Service des relations industrielles, Bureau des échanges de personnel), un groupe de chargés de mission spécialisés (par exemple, dans la valorisation de l'instrumentation scientifique) et la Banque des connaissances et des techniques (service commun au CNRS et à l'ANVAR) responsable de l'animation des clubs du Comité des relations industrielles du CNRS et de la production de la banque des données Labinfo. Il convient de mentionner également la Direction des applications de la recherche de l'ANVAR qui joue, vis-à-vis du CNRS, un double rôle de conseil et de prestataire de services pour la protection et la valorisation de son portefeuille de brevets. Afin de démultiplier sa politique au niveau régional, et développer les contacts entre laboratoires et entreprises, la DVAR a mis en place un réseau de dix-huit chargés de mission aux relations industrielles dans la plupart des régions. Enfin, la DVAR a commencé à mettre sur pied un groupe d'ingénieurs et techniciens de valorisation spécialisé dans les problèmes techniques posés par l'industrialisation de produits ou procédés (fiabilité, documentation, utilisation, production, etc.). Ces spécialistes peuvent être affectés à un ou plusieurs laboratoires dans le cadre d'une opération de valorisation particulière ou, pour une période déterminée, dans le cadre d'un contrat pluriannuel de transfert passé entre le laboratoire et la DVAR.

Un budget important

La DVAR dispose de moyens financiers (son budget 1985 s'élève à 45 millions de francs) à partir desquels elle attribue des crédits aux laboratoires propres et associés

au CNRS pour soutenir leurs actions de valorisation (amélioration d'un procédé en vue d'un dépôt de demande de brevet, pré-développement d'un prototype, travail de recherche à finalité industrielle, etc.). Il convient aussi d'ajouter les aides à l'innovation qui sont octroyées par l'ANVAR à des laboratoires du CNRS (en 1984, cinquante-six aides pour 26 millions de francs).

Des outils administratifs

Parallèlement à ces moyens en personnel et financiers, la Direction de la valorisation et des applications de la recherche a développé et mis en place des outils administratifs. Dans le domaine de la politique du personnel, les dispositions administratives permettent, on l'a vu, à un chercheur ou ingénieur du CNRS d'être mis à disposition d'une entreprise. Plus récemment a été introduite la possibilité pour des ingénieurs de l'industrie de venir exercer, à temps partiel, dans un laboratoire du CNRS des fonctions de directeur de recherche associé. Enfin, une commission interdisciplinaire du Comité national a été installée pour juger les travaux des chercheurs qui ont une activité importante de valorisation et pour se prononcer sur leur avancement et leur évolution de carrière. Ces différentes dispositions administratives de gestion du personnel ont pour but principal de faciliter sa mobilité, géographique et thématique, vers l'industrie.

Des formes contractuelles adaptées

D'autres mesures ont été prises pour faciliter les relations contractuelles recherche-industrie. C'est ainsi que les accords-cadres passés entre le CNRS et les entreprises définissent, outre une procédure de coordination des activités scientifiques des deux parties, les modalités contractuelles de leur collaboration de recherche, notamment sur les points qui posent le plus fréquemment problème : la confidentialité des résultats, leur propriété industrielle et leur exploitation. Lorsqu'il n'existe pas d'accord-cadre (ce qui est en général le cas avec les PMI), le CNRS a mis

LA MISSION DE LA DVAR

En 1982, le législateur a tenu à fixer explicitement au CNRS, en sus de sa mission fondamentale de progrès des connaissances, une mission de valorisation et d'applications de la recherche. Pour accomplir cette mission, le décret réorganisant le CNRS l'a doté d'une direction scientifique horizontale, la Direction de la valorisation et des applications

de la recherche. Le rôle de cette direction est, sous l'autorité de la direction générale et en collaboration avec les sept directions scientifiques verticales du CNRS, de définir une politique de valorisation de l'organisme, en fixer les objectifs, en dégager les moyens et veiller à leur réalisation.

au point un contrat-type permettant d'arriver au même résultat. Ces différents contrats peuvent, en dessous d'un certain montant financier, être signés localement sans avoir à remonter à la direction parisienne. Cette décentralisation facilite et accélère grandement l'établissement de ces accords. Pour les projets de collaboration de recherche d'une grande ampleur, le CNRS a instauré le Groupement scientifique, régi par une convention souple et facile à mettre en place. Un ou plusieurs industriels participent à chacune de ces structures qui constitue une unité du CNRS fédérant plusieurs laboratoires, mais avec sa propre équipe de direction et son propre budget. Cette formule de Groupement scientifique a connu un grand succès puisqu'une vingtaine ont été créées en 1983 et 1984.

Réinjecter les bénéfices

Pour attribuer des ressources financières et humaines aux unités, la DVAR a créé plusieurs procédures correspondant à différentes finalités. C'est le cas récent de la redistribution aux laboratoires d'une partie des redevances de brevets déposés par leurs chercheurs (la première année, près de trois millions de francs ont été ainsi redistribués). De même, pour motiver les laboratoires à établir des contrats de collaboration de recherche avec les entreprises, une procédure d'abondement a été lancée : un pourcentage (10 à 20 %) du montant des contrats est automatiquement attribué par la DVAR aux unités qui les exécutent. Une autre procédure d'incitation est celle de l'Action thématique programmée à finalité industrielle, déjà mentionnée. Enfin, pour soutenir les unités qui développent une activité de valorisation constante dans leur domaine scientifique, la Direction de la valorisation peut passer avec elles des « contrats pluriannuels de transfert ». D'une durée de deux à quatre ans renouvelables, ils fournissent à l'unité de recherche les ressources humaines et financières pour soutenir un programme de valorisation.

Créer des sociétés

La loi d'orientation et de programmation de la recherche de 1982 a donné au CNRS la possibilité de prendre des participations dans le capital des filiales. Organisme de recherche fondamentale, le CNRS n'a pas pour vocation de se créer un bras industriel. Cela étant, dans certains cas, pour valoriser certains de ses travaux, le CNRS peut être amené à participer (minoritairement et temporairement) aux côtés d'industriels et d'investisseurs, à la création d'une entreprise. Ainsi le CNRS a-t-il déjà

contribué à la création de deux sociétés : Midi-Robots, dans le domaine des robots autonomes, et Mètrique Ingénierie, dans celui de l'ingénierie de la mesure.

L'évolution des esprits

Au vu des résultats enregistrés depuis 1982, on peut donc faire un bilan globalement optimiste des premières années de mise en place et d'application d'une politique volontariste de valorisation au CNRS. Mais le progrès le plus décisif est sans doute celui qui n'apparaît pas dans les chiffres : l'évolution des esprits. Les chercheurs du CNRS ont maintenant pris conscience de leur responsabilité sociale et du rôle qu'ils peuvent — et doivent

— jouer dans le développement de l'économie du pays et de sa compétitivité dans le contexte de rivalités techniques et économiques internationales de la fin de ce siècle.

De même, les industriels sont conscients du parti à tirer du potentiel que leur offre la recherche publique. Par-delà l'apparente diversité des moyens mis en place pour la valorisation au CNRS, c'est bien là l'idée directrice : élargir la collaboration vers l'amont comme vers l'aval. Leur travail en commun sera d'autant plus efficace que les industriels auront commencé à s'intéresser aux problèmes scientifiques des la recherche fondamentale et que les chercheurs auront accompagné leurs travaux vers leur développement. ■

LES ACTIONS DE VALORISATION DU CNRS DEPUIS 1982

Nature des actions	1982	1983	1984	83/84
Brevets déposés	71	91	134	+ 47 %
Licences, cessions	38	48	63	+ 31 %
Dossiers de valorisation ouverts	176	239	348	+ 46 %
Contrats CNRS-entreprises	109	172	251	+ 46 %
Montants	9,6 MF	20,3 MF	30,8 MF	+ 52 %
Mise à disposition de chercheurs auprès d'entreprises et centres techniques	37	36	41	+ 14 %
Nouveaux consultants dont entreprises et centres techniques	67	110	157	+ 43 %
		70	111	+ 59 %
Groupements scientifiques		9	9	
Accords cadres	3	5	8	+ 60 %

ACTIONS DE VALORISATION DU CNRS PAR DEPARTEMENT SCIENTIFIQUE

Départements scientifiques	Brevets			Licences ou cessions			Contrats CNRS/entreprise			Mise à disposition de chercheurs		
	1982	1983	1984	1982	1983	1984	1982	1983	1984	1982	1983	1984
● Physique nucléaire et corpusculaire	—	1	4	—	2	5	—	—	—	—	—	1
● Mathématiques et physique de base	7	14	13	19	3	15	7	19	21	5	7	8
● Sciences physiques pour l'ingénieur	15	23	22	—	13	10	12	26	51	4	6	8
● Chimie	33	34	52	9	18	17	75	92	128	21	14	13
● Terre, océan, atmosphère, espace	—	1	4	5	6	5	3	4	4	2	3	2
● Sciences de la vie	15	18	36	4	5	9	9	27	60	3	5	8
● Sciences de l'homme et de la société	1	—	2	1	1	—	3	7	9	—	1	1
Total	71	91	133	38	48	61	109	172	273	37	36	41

UNE DOUBLE VISION EXTERIEURE

POUR LE PATRON, ÇA VA. POUR LE PATRONAT, ÇA POURRAIT ALLER MIEUX

Bernard Maitenaz*

EN TANT QUE PDG D'ESSILOR, BERNARD MAITENAZ SE FELICITE DE SES RELATIONS FECONDES AVEC LES CHERCHEURS DU CNRS. EN TANT QUE REPRESENTANT DU CNPF, IL TRADUIT DES SENTIMENTS PLUS NUANCES.

UNE ENTREPRISE comme Essilor, un des leaders mondiaux de l'optique ophtalmique, s'appuie sur de solides réseaux commerciaux et sur des produits innovants. Pour élaborer ces derniers dans un domaine aussi spécialisé que le génie visuel, il faut une forte culture technico-scientifique, une politique volontariste de la recherche et du développement tournée vers le marché. Les produits de l'optique oculaire font appel à de nombreuses disciplines depuis les mathématiques, la physique, la chimie, la physiologie, la biologie, la mécanique, jusqu'aux différentes technologies de l'optique. Pour une entreprise, même importante, il est impossible de couvrir tout le champ des disciplines, depuis la recherche fondamentale jusqu'aux développements des produits nouveaux et de travailler dans l'ensemble des domaines que révèle une recherche résolument appliquée. Toutes les recherches n'aboutissent pas et toutes les innovations n'en sont pas issues. Cependant, à l'intersection du savoir et du savoir-faire, se trouve le terrain privilégié de la recherche appliquée des produits futurs et des nouvelles technologies.

*Bernard Maitenaz, président directeur général d'Essilor, 1, rue Thomas Edison, Echot 902, 94028 Créteil Cedex.

Ces différentes affirmations ont fait qu'Essilor entretient depuis longtemps des relations avec les équipes de recherche des grands organismes publics, en particulier le CNRS. L'établissement de liens privilégiés lui a permis d'accéder à la recherche, de renforcer en amont sa couverture scientifique, de mener en commun des recherches, de voir émerger les défis de l'avenir. C'est dans cette perspective de contrats de recherche en collaboration que nous avons trouvé la meilleure synergie.

Plus de vingt-cinq contrats, en quinze ans, ont supporté ces relations qui ont, dernièrement, été fédérées dans un accord-cadre de recherche.

On n'insiste jamais assez sur l'importance de la qualité des relations personnelles dans cette collaboration. Il faut, dans l'entreprise, des interlocuteurs rompus aux relations avec les organismes de recherche. Chez Essilor, ceci est favorisé par la présence de plusieurs cadres de recherche issus de la recherche publique. Les relations sont plus affaires d'hommes que de structures. On doit pouvoir poser des questions maladroites, faire part des préoccupations extra-scientifiques dans un cadre de relations confiantes.

Bien que nos relations avec le CNRS soient déjà fructueuses, nous allons tenter de les améliorer. Pour ce faire nous allons favoriser les relations individuelles et les échanges de personnel. Nous augmenterons le nombre de sujets de recherche en commun. De même, nous multiplierons les occasions de réflexions en commun : soit dans le cadre général des clubs CRIN (Comité des relations industrielles du CNRS), soit par la création d'un conseil scientifique rassemblant des chercheurs du CNRS et de l'entreprise, soit, enfin, au cours

de manifestations scientifiques programmées ensemble.

Ces propos illustrent la qualité des relations qu'Essilor entretient avec le CNRS. Toutefois, ils ne reflètent pas l'ensemble de l'opinion des industriels. Ce qui impose au président de la commission « Innovation et recherche » du CNPF des remarques plus nuancées.

D'une manière assez générale, les industriels reprochent au CNRS le manque de mobilité des chercheurs et leur trop faible intérêt pour la recherche appliquée.

Un important effort est actuellement entrepris pour souligner l'importance de la mobilité des chercheurs. Mais, malgré les progrès enregistrés, il reste encore beaucoup à faire. Par exemple, un certain nombre d'entreprises n'ont pas, actuellement, de candidats pour des détachements. Les industriels ont, d'autre part, besoin d'être convaincus que la fonctionnarisation est le meilleur moyen d'obtenir cette mobilité...

Pour répondre aux souhaits des entreprises de voir les grands organismes publics (dont le CNRS) plus mobilisés sur les problèmes de recherche appliquée ou fondamentale auxquels ils se heurtent, il faudrait sans doute que ces thèmes soient mieux insérés dans les programmes, et qu'en aval, de véritables couplages entre laboratoires ou équipes du CNRS avec des entreprises puissent être institués.

Malgré tout, il semble que la sensibilisation de chacun sur l'importance de ces problèmes progresse favorablement. Nous devons poursuivre dans cette voie pour que les mentalités des uns et des autres continuent d'évoluer ; mais, surtout, il est indispensable que des dispositions pratiques soient mises en place afin de créer ce mouvement vital pour notre avenir.

LE CNRS ET LES GRANDES ENTREPRISES

DEUX MONDES QUI SE CONNAISSENT ENCORE MAL

Jean Cantacuzène*

**LA MISE EN PRATIQUE DES NOM-
BREUX ACCORDS CONCLUS ENTRE
LE CNRS ET LA GRANDE INDUS-
TRIE IMPLIQUE, DE PART ET D'AU-
TRE, DE PROFONDS CHANGE-
MENTS DE MENTALITÉ.**

UNE RECHERCHE fondamentale publique forte - comme c'est le cas en France - sert incontestablement le rayonnement intellectuel du pays. Mais pour contribuer également à son rayonnement économique il faut que l'industrie nationale soit à même d'utiliser le potentiel de cette recherche et des hommes associés car c'est l'industrie qui peut transformer des résultats de recherche en produits vendables. Pour ce faire, les chercheurs industriels sont indispensables. En effet, afin d'être compétitif, on doit inventer, produire et vendre. L'ensemble du processus est un enchaînement. Qu'un des maillons soit faible et l'ensemble craque. « Or, en France, nous savons mal passer de l'innovation à la réalisation et au marketing » écrivait Jacques Maisonrouge, vice-président d'IBM, dans *Le Monde*, en mars dernier.

Pour tenter de pallier cet inconvénient, le CNRS a entrepris depuis quelques temps de généraliser les accords CNRS-Entreprise. Celui conclu avec Rhône-Poulenc - vilipendé en son temps - avait été le précurseur. Mais nous pensons que ces accords, s'ils mettent en évidence une bonne volonté réciproque des dirigeants, restent encore bien souvent formels par rapport au dynamisme qu'ils devraient susciter.

Fait regrettable car un tel dynamisme pourrait naître de projets définis et menés en commun (pendant un temps défini) entre un laboratoire de recherche publique et un secteur industriel représenté par une ou plusieurs entreprises. Ce genre d'association fleurit aux Etats-Unis. L'un

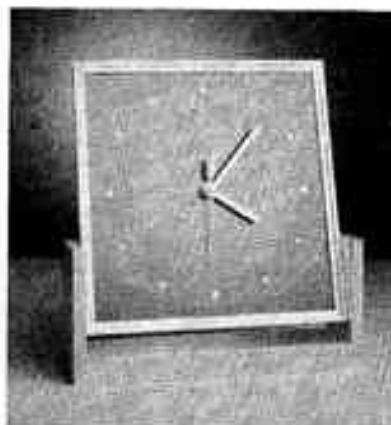
des précurseurs, le programme MIT (Massachusetts Institute of Technology) sur les polymères, qui regroupe une douzaine d'industriels, est soutenu par la National Science Foundation (NSF). De même, l'association Harvard/Monsanto en biologie, l'association Westinghouse/Carnegie Mellon en robotique et toute une série de programmes tripartites associant un établissement de recherche et sa région, un ou des industriels et la NSF. Tout récemment, la NSF a annoncé l'attribution de 94,5 millions de dollars sur cinq ans à huit centres universitaires « pour qu'ils contribuent directement à la recherche et aux compétences de base nécessaires à l'industrie nationale afin de lui permettre d'être compétitive sur les marchés mondiaux ».

Ce projet concerne huit grands domaines : les télécommunications (Columbia), l'ingénierie biochimique (MIT), la robotique (Université de Californie Santa Barbara), les matériaux composites et céramiques (Rutgers et Delaware), l'ingénierie assistée par ordinateurs et l'intelligence artificielle (Harvard et Maryland), la productique (Purdue). On sait que des associations de recherche du même genre ont débuté au Japon sous la houlette du MITI (ministère coiffant la recherche, l'industrie et le commerce extérieur). Elles tendent à réunir les industriels ayant un même besoin de recherche dans des voies nouvelles. Beaucoup d'efforts ont été déployés en France dans ce domaine. La persévérance est de rigueur car les opérations de recherche sont longues à porter leurs fruits mais indispensables pour que l'on ne soit pas pris au dépourvu.

Des difficultés

Les relations entre l'industrie et la recherche publique sont gouvernées par des organisations indépendantes l'une de l'autre. La qualité de la coopération dépend donc essentiellement de la communication entre partenaires. Les dirigeants de ces organisations sont sans doute conscients de cette nécessité mais les cultures et attitudes des structures intermédiaires dont dépend la vie quotidienne des organisations ne facilitent pas les choses. Originalité,

créativité alliées à la rigueur intellectuelle sont les qualités requises de la part d'un bon scientifique. Acceptation de participer à des



Le cadran de cette « horloge perpétuelle » d'intérieur est une plaquette de silicium amorphe déposée en couches minces sur une plaque de verre de 200 cm² et pouvant diffuser à partir de la lumière une puissance électrique d'environ 1 Watt. Solema, filiale à 90 % de Total-Energie-Développement et du Crédit Agricole, est une petite entreprise de technologie avancée créée il y a trois ans à Palaiseau, à l'initiative d'un physicien du CNRS, Jean Solomon, sur la base des travaux du Laboratoire de physique de la matière condensée de l'Ecole Polytechnique, associé au CNRS. Document Total-Solema.

buts collectifs dans un temps défini, jugement technico-économique, goût de l'action et esprit de décision sont attendus chez un bon ingénieur.

Il conviendrait donc « que les chercheurs académiques consentent à se salir les mains et que ceux de l'industrie soient préparés à apprécier des raisonnements abstraits et des tentatives de généralisation » souhaitait le président de l'université de Carnegie-Mellon (Etats-Unis) dans un article publié en janvier dernier. En d'autres termes, les premiers devraient comprendre les problèmes de l'industrie (faisabilité, rentabilité) et les seconds, l'esprit de recherche (travail dans l'incertitude, nouveaux concepts).

* Jean Cantacuzène, membre du Conseil scientifique du CNRS, directeur scientifique de Total. Compagnie française des pétroles, 5, rue Michel Ange, 75781 Paris Cedex 16.

Ces différences générales de comportement peuvent être nuancées selon le type d'organisation à laquelle on s'adresse. Les grosses organisations ayant depuis longtemps acquis une place au soleil ont, bien souvent, une attitude défensive vis-à-vis d'innovations considérées comme des perturbations d'une organisation stable à forte sédimentation psycho-sociologique. « Les gens créatifs peuvent-ils réellement survivre dans les structures d'une grande entreprise ? » se demandait, il y a peu, la *Sloan Management Review*.

Dans les petites entreprises indépendantes, les ingénieurs et cadres sont amenés à connaître toutes les activités de l'organisation. Les circuits sont courts, les responsabilités étendues, mais le champ d'intérêt technique est très délimité. La petite entreprise de qualité a donc, en général, une attitude technologique offensive pour bien se placer dans son domaine.

Aux différences liées à la taille des organisations se superposent, bien sûr, des différences dues à la nature des activités et à l'appel plus ou moins intensif à la recherche. On observe ainsi des attitudes assez

contrastées entre les industries intensives en capital qui doivent mettre l'accent sur des investissements extrêmement lourds pour pouvoir réaliser et transporter leurs produits (pétrole, mines, sidérurgie) et celles qui doivent, pour subsister, faire un effort intense et permanent de recherche (pharmacie, ordinateurs). On conçoit que les attitudes psychologiques des ingénieurs et cadres vis-à-vis de la recherche et de l'innovation technologique varient nettement d'une industrie à l'autre.

Il sera plus facile aux chercheurs du CNRS de collaborer avec les industries riches en technologie. Mais ce sont les industries les plus lourdes ou les plus traditionnelles qui auraient le plus intérêt à se préoccuper de recherche et d'innovation en se souvenant que le coût de la recherche est faible : lorsque la recherche coûte 1, le développement coûte 10 et la mise en production, 100. Construire une usine sur des technologies dépassées est beaucoup plus onéreux que d'avoir mené à temps les recherches permettant un meilleur choix de solutions au moment des investissements lourds.

En définitive, depuis la création des Laboratoires associés, le CNRS a grandement contribué à porter la recherche française au meilleur niveau de la compétition internationale. Actuellement, le CNRS affiche nettement sa volonté de contribuer à l'essor technico-économique du pays. Ceci nécessitera beaucoup de persévérance et de nouveaux modes d'action de la part de la Direction de la valorisation, face à une communauté scientifique surtout orientée vers une recherche fondamentale de qualité. Nous pensons qu'un des efforts du CNRS devra, en particulier, porter sur l'amélioration du potentiel de recherche propre des écoles d'ingénieurs qui fournissent chaque année à l'industrie française des milliers de collaborateurs qualifiés qui seront demain les cadres et dirigeants de l'industrie. Enfin, et au-delà des actions communes qu'il lance avec les grandes industries existantes, le CNRS devrait aider et inciter ses chercheurs entrepreneurs à créer leur propre entreprise de technologie avancée, car cet ensemencement est nécessaire à la survie technologique du pays.

LES RAPPORTS D'UNE PME AVEC LE CNRS

CHAUVIN REINVENTE LE CHAUVINISME

Bernard Chauvin*

EN SIGNANT RECEMMENT UN ACCORD DE GROUPEMENT SCIENTIFIQUE AVEC LE CNRS ET UN AUTRE INDUSTRIEL, CHAUVIN-BLACHE RENFORCE SES LIENS AVEC LA RECHERCHE PUBLIQUE. CETTE PME SE DEMANDE AU PASSAGE S'IL N'Y AURAIT PAS, EGALEMENT, LIEU COMME AU JAPON, DE RAVIVER L'ESPRIT DE CONCURRENCE NATIONALE.

LE SECTEUR de l'industrie pharmaceutique est un exemple particulièrement éloquent pour l'importance des relations existant entre des structures privées et publiques. Et tout d'abord sur le plan économique.

Le financement du médicament est, en effet, assuré en France, entièrement par la communauté (il ne représente cependant

que 12,4 % du total des dépenses de l'assurance maladie). L'activité industrielle est, en partie, sous la responsabilité de structures privées. Parmi celles-ci, de grands groupes étrangers et de nombreuses PME françaises. L'Etat se réserve, cependant, un contrôle très important de la politique des entreprises pharmaceutiques. En particulier à travers la fixation des prix des médicaments, l'instauration de taxes diverses sur notre activité commerciale et l'attribution de subventions pour notre activité de recherche.

* Bernard Chauvin, président directeur-général des Laboratoires Chauvin-Blache, 104, rue de la Galéra, 34009 Montpellier.

Il en résulte un mode de fonctionnement assez original : les prix (les plus bas en Europe) sont négociés sur la base d'engagements industriels pour l'export, la recherche, l'emploi ; quant aux taxes diverses, elles sont compensées par des subventions pour la recherche.

Mais au-delà de cette relation économique, qu'en est-il de la collaboration scientifique entre l'Etat et les entreprises ?

Savoir et savoir-faire

Admettons que le savoir représente la recherche (dite fondamentale) et le savoir-faire, le développement (caractéristique des objectifs économiques d'une entreprise). Le savoir (la recherche) est aléatoire. Il n'est pas directement proportionnel au volume des investissements qui lui sont consacrés et dépend, volontiers, de la motivation des équipes responsables de projets d'innovation. Le savoir-faire (le développement) est une notion plus pragmatique qui correspond aux moyens nécessaires à la concrétisation du savoir. Il existe d'ailleurs dans le domaine de la pharmacie de nombreux exemples où l'absence de savoir-faire nous prive du bénéfice du savoir.

Par ailleurs le savoir n'est pas une fin en soi, il doit correspondre à un objectif, qui génère la motivation, la productivité et, souvent, les résultats. Cette motivation, qui est un des éléments les plus caractéristiques des structures privées de type PME, présente l'avantage d'être basée sur des réalisations concrètes.

Chauvin-Blache, avec 145 millions de francs de chiffre d'affaires, emploie deux cent cinquante personnes, dont quarante dans un service de recherche en développement. Nous avons l'avantage de travailler dans un créneau de l'industrie pharmaceutique — l'ophtalmologie — adapté à notre taille. Ceci nous a permis d'être le premier laboratoire français dans ce domaine, et le dixième sur le plan mondial. Mais le risque de la spécialisation peut venir du manque d'ouverture vers l'extérieur. Tel est le cas de la pharmacie où la diffusion du savoir se fait à l'échelon international. C'est pourquoi, afin que notre créneau ne se transforme pas en meurtrière, nous pratiquons le plus possible une politique de collaboration avec d'autres structures. Nous voulons être un interlocuteur valable en matière de savoir et y apporter la compétence de notre savoir-faire.



Le centre de recherche de Chauvin-Blache. © Ciné-Photo Lusan SA

La mise sur le marché d'un nouveau médicament est, pour une entreprise comme Chauvin-Blache, un objectif auquel contribue l'ensemble de ses collaborateurs. Ainsi, l'équipe de recherche à l'origine du produit est consciente des résultats collectifs de son travail et en perçoit concrètement les implications. A l'inverse, l'impératif de résultats place parfois les chercheurs dans une situation délicate du fait de la composante aléatoire de leur travail. Il importe donc de respecter un équilibre entre la motivation industrielle et le risque inhérent à la recherche de l'innovation. Et ce, tant sur le plan humain que sur celui de la gestion, ces deux aspects étant d'ailleurs très souvent liés.

Un accord de groupement scientifique

De son côté, l'Etat français dispose de son propre centre de recherche à travers le CNRS, les universités et, dans le domaine médical, l'INSERM. C'est une source considérable de savoir. Mais qu'en est-il du savoir-faire, de la valorisation de ce savoir ? La question n'a rien de délicat, elle est même posée à travers les organismes chargés de la valorisation de la recherche. Je dirais même

qu'elle est bien posée, puisque c'est avec les entreprises que l'on essaye de trouver des solutions, des résultats.

Nous avons l'habitude de collaborer, dans le cadre d'accords industriels, avec d'autres entreprises. Nous travaillons aussi avec des structures publiques qui interviennent plus en tant que prestataires de services que partenaires véritables. Récemment, un accord de groupement scientifique réalisé entre le CNRS, Chauvin-Blache et les Laboratoires Fournier nous a donné l'occasion de faire évoluer notre approche de ce type de collaboration afin de le situer dans un contexte économique. Au même titre que nous pensons pouvoir bénéficier de notre accès à la capacité de recherche très importante du CNRS, nous pensons pouvoir apporter à celui-ci les avantages de l'esprit d'entreprise. Certes, les structures ne sont pas très légères mais les efforts de chacun devraient en simplifier la forme.

Ce type de relation privé-public est, apparemment, récent. Et pourtant, dans un système d'économie mixte, nous devrions le pratiquer activement. Nous recherchons peut-être trop dans l'Etat la couverture du risque individuel plutôt que le partenaire d'une victoire communautaire. Faudrait-il, comme au Japon, faire revivre cet esprit de concurrence nationale qui réunit toutes les énergies ? Après tout quand on s'appelle Chauvin on peut bien l'espérer. ■

PHYSIQUE NUCLEAIRE ET CORPUSCULAIRE

TROIS PRINCIPAUX DOMAINES

Pierre Lehmann*

EN PHYSIQUE DES PARTICULES ET EN PHYSIQUE NUCLEAIRE, LA VALORISATION S'OPERE ESSENTIELLEMENT DANS LES DOMAINES DES DETECTEURS, DE L'ELECTRONIQUE ET DANS CELUI DES ACCELERATEURS.

LA PHYSIQUE des particules et la physique nucléaire sont des disciplines exigeant des techniques de pointe. Les physiciens et ingénieurs sont amenés à concevoir et à élaborer des détecteurs, des ensembles électroniques, des accélérateurs. Il en résulte une activité de valorisation dans des domaines restreints mais de haute technicité. Nous nous bornerons à citer les principaux thèmes donnant lieu à des développements industriels.

Dans le domaine des détecteurs, des contrats ont été passés et des recherches en

commun entreprises avec des industriels en vue de la fabrication de détecteurs, notamment semi-conducteurs.

Des exemples récents concernent, entre autres, l'industrialisation d'un détecteur courbe à lames (article V. Comparat) et la réalisation d'un multicompteur à xénon utilisé en radio-immunologie.

Dans le domaine de l'électronique, on notera des contrats passés avec des PME ou des groupes industriels (Thomson) pour des fabrications allant du module de circuit monolithique à l'analyseur multicanaux.

Dans le domaine des accélérateurs, les techniques mises au point à Strasbourg et appliquées à la construction du Vivitron (irradiateur de produits végétaux à des fins de conservation) permettront une valorisation dans deux domaines : la fabrication d'irradiateurs, machines simples et la réalisation de tandems de basse énergie, les uns et les autres fonctionnant à fort courant.

Des discussions ont lieu actuellement sur l'industrialisation de ces accélérateurs dont les prototypes sont en cours de réalisation. Notons la mise au point d'un appareil permettant des mesures de masses de



Le grand accélérateur national d'ions lourds.
© CNRS. Photo : Philippe Fléty.

grosses molécules en utilisant une méthode de temps de vol. Une étude de marché est en cours. Notons enfin des études sur des propriétés et traitements de surface.

*Pierre Lehmann, directeur scientifique CNRS, département Physique nucléaire et corpusculaire, IN2 P3, 15, quai Anatole France, 75700 Paris.

MATHEMATIQUES ET PHYSIQUE DE BASE

GRANDES THEORIES AU SERVICE DE LA TECHNOLOGIE

Jean-Claude Lehmann*

LA BIOLOGIE, L'INFORMATIQUE, LA ROBOTIQUE, TOUT COMME LA MECANIQUE, SONT, DE PLUS EN PLUS, DES DOMAINES D'APPLICATION DES THEORIES MATHEMATIQUES. LA PHYSIQUE THEORIQUE, POUR SA PART, N'EST PAS EN RESTE. SANS ELLE, PAS DE LASER, DE RESONANCE MAGNETIQUE NUCLEAIRE NI BIEN D'AUTRES CHOSES ENCORE.

LA PRINCIPALE responsabilité du département Mathématiques et physique de base (MPB) est de faire progresser les connaissances fondamentales en mathématiques et en physique, avec toutes les exigences de rigueur, de qualité et de reconnaissance internationale que cela suppose. Ceci n'empêche pas nos

chercheurs de penser, de plus en plus souvent, en termes de besoins économiques et sociaux du pays. Bien que valoriser, pour un chercheur du département MPB, ne signifie pas forcément rentabiliser de façon immédiate.

Cette évolution des mentalités, dans le département, se manifeste dans les chiffres suivants : entre 1982 et 1984, le nombre de dossiers ouverts à la DVAR pour valorisation est passé de dix-sept à quarante, celui de brevets déposés, de sept à treize ; le

*Jean-Claude Lehmann, directeur scientifique CNRS, département Mathématiques et physique de base, 15, quai Anatole France, 75700 Paris.

nombre des licences et options de licence était, l'an passé, de quinze ; de même, au cours des trois derniers exercices on passait de sept à vingt et un contrats de collaboration de recherche et de sept à dix nouvelles mises à disposition d'entreprises de chercheurs CNRS ; enfin, les nouveaux consultants (chercheurs CNRS), au nombre de neuf en 1982, étaient vingt en 1984.

Le département MPB présente au monde économique la recherche fondamentale dans toute sa richesse et dans sa profonde diversité. Ainsi les théories mathématiques trouvent de plus en plus d'applications en biologie, en informatique, en robotique, en mécanique, en économie, etc. La physique théorique elle-même est intéressante pour la solution de problèmes technologiques. Citons comme exemple, l'étude des turbulences ou l'analyse des milieux désordonnés indispensable à la technologie du verre et des matériaux composites. Mais il en est bien d'autres.

Chacun connaît aujourd'hui l'impact des sources laser. A titre d'exemple, le CNRS, à l'initiative du département MPB, a créé un centre spécialisé qui met à la disposition d'utilisateurs industriels des sources laser variées. Le laser joue un rôle très important dans les applications photochimiques ou la séparation isotopique, le recuit des semi-conducteurs, le glaçage et l'usinage des métaux et d'autres matériaux, les applications médicales, etc.

Les recherches dans le domaine de la physique de la matière condensée et des matériaux permettent de développer de nouveaux matériaux pour l'électronique, l'optique, la télématique, la conduction et le stockage de l'électricité, l'énergie solaire, etc.

N'oublions pas, non plus, que la physique de base a toujours été à l'origine de nombreux dispositifs de mesure comme, par exemple, la résonance magnétique nucléaire (RMN) dont les applications médicales sont en train de se développer largement.

Le département MPB joue un rôle majeur dans le développement de grands instruments d'analyse de la matière, accessibles maintenant aux industriels : réacteurs nucléaires émettant des neutrons, sources de rayonnement synchrotron, champs magnétiques intenses. Notons, enfin, qu'il participe activement au dialogue industrie-recherche dans le cadre des clubs CRIN « Applications des mathématiques » et « Applications des lasers ».

Il nous semble cependant indispensable d'augmenter l'intérêt actif des industriels pour la recherche fondamentale. Il est frappant de constater que les mathématiciens et les physiciens français voyageant aux Etats-Unis sont souvent invités à donner des conférences dans des laboratoires d'entreprises industrielles (par exemple, IBM, Bell Laboratories, Exxon Corp. ou Hughes Aircraft Corp.). Pareils événements sont pratiquement inconcevables en France. On a parfois l'impression que notre industrie ignore encore trop la recherche dans des domaines où notre pays est pourtant en excellente position.

Nos chercheurs sont naturellement encouragés à faire preuve de mobilité, notamment à découvrir des laboratoires industriels. Cependant le flux de départs définitifs vers l'industrie reste trop faible par rapport à nos ambitions. Des ingénieurs de l'industrie, de leur côté, devraient pouvoir se retremper dans la recherche fondamentale, notamment par des périodes sabbatiques qu'ils pourraient passer dans des

laboratoires du CNRS. Nos chercheurs sont parmi les meilleurs au monde. Ils sont ouverts et ont des idées. Mais s'ils sont intrépides au plan intellectuel, ils sont peu aventureux au plan professionnel. S'il est vrai qu'il existe des industriels entreprenants et dynamiques, nous devrions pouvoir faire quelque chose ensemble !

UN CHERCHEUR DANS L'INDUSTRIE

L'éloge du « sale boulot »

Cyriacus Bleijs*

Le sens des responsabilités, dont il ne trouve pas toujours l'expression dans les laboratoires, Cyriacus Bleijs va le chercher dans l'industrie.

Entre Sydney (Australie) et Orsay, Cyriacus Bleijs a beaucoup roulé à la bosse de chercheur et d'ingénieur. Ancien boursier, il entre en 1975 au Laboratoire d'électrotechnique et présente une thèse d'Etat portant sur l'étude d'une machine synchrone sans fer et de son alimentation. Parallèlement à ses travaux de recherche, il mène une activité d'ingénieur-consultant. A ce titre, Cyriacus Bleijs invente, en particulier, un automate pour machine à broder qui offre l'avantage de rendre moins élevé le coût de la machine sans en diminuer la précision.

La société Sotexi, une PMI de trois cents personnes, spécialisée dans la construction et la commercialisation de machines textiles,

lui propose, en 1984, le poste de directeur technique. Le CNRS le détache pour un an. Le contrat sera reconduit pour une même période. Cyriacus Bleijs, outre la machine à broder, travaille actuellement sur quatre projets qu'il a, en grande partie, lui-même conçus. Certains de ses inventions sont d'ores et déjà entrées dans une phase de commercialisation active.

« Ce que j'apprécie dans l'industrie et qui manque souvent dans la recherche publique, c'est le sens des responsabilités ». Sans nier ses immenses qualités, Cyriacus Bleijs déplore, également, que le monde scientifique n'ait pas assez la volonté « de faire le sale boulot » en menant, par exemple, une idée jusqu'à la réalisation du prototype industriel. La critique se fait parfois plus violente : « Dans une commission je me suis entendu dire qu'un brevet, c'était bien mais qu'une publication, c'était mieux ».

Cyriacus Bleijs envisage pourtant un retour au CNRS. « Tous les chercheurs devraient un jour tenter l'expérience de l'industrie. Pour se renouveler. Et quand ils reviendraient au laboratoire, ils pourraient également insuffler un nouveau dynamisme à l'équipe ».

*Cyriacus Bleijs, chargé de recherche CNRS, directeur technique à Sotexi, 19, rue Denfert-Rochereau, 94170 Le Perreux-sur-Marne.

SCIENCES PHYSIQUES POUR L'INGENIEUR

UN POUR TOUS

Jean-Claude Charpentier et Michel Combarrous*

RARES SONT LES DOMAINES TECHNIQUES QUI NE DOIVENT PAS AUX SCIENCES PHYSIQUES POUR L'INGENIEUR, RIEN D'ETONNANT, DONC, A CE QUE CE DEPARTEMENT CONSACRE UNE PART TRES IMPORTANTE DE SES ACTIVITES ET DE SES RESSOURCES A LA RECHERCHE APPLIQUEE.

CREER EN 1975 le département Sciences physiques pour l'ingénieur (SPI), consacre la majeure partie de ses activités à des disciplines qui sont en relation étroite avec la recherche appliquée ou industrielle. Plus d'un docteur-ingénieur sur trois diplômés en France, en 1984, a soutenu sa thèse dans le cadre d'un laboratoire propre ou associé au département. Des échanges de chercheurs (certes, toujours à amplifier) se sont créés de

longue date entre ces unités et les équipes industrielles.

Sur le plan financier, près de la moitié des crédits (hors infrastructure et hors personnel) dont disposent les formations du SPI proviennent de contrats passés, soit avec certaines agences d'objectifs de différents ministères (DRET, ex-DGRST, PTT, etc.), soit, pour environ un tiers, dans le cadre de relations industrielles se concrétisant par des actions de valorisation et de transfert nombreuses et variées. Une forte proportion (45 % en 1984) des moyens du département (personnel, équipement, fonctionnement) est attribuée à des unités situées dans les écoles d'ingénieurs.

Un des aspects de cet effort (qui est loin d'être le seul) a fait l'objet, en 1984, d'un bilan des actions de valorisation ayant donné lieu à des produits directement commercialisés. Environ deux cents actions de ce type ont été recensées.

Une centaine d'autres dont la forme de développement industriel n'était pas encore clairement définie n'ont pu être

mentionnées sans risque de divulgation prématurée. En outre, de nombreuses actions menées avec certaines grandes industries (automobile, aéronautique, espace, chimie, pétrole, etc.), pour lesquelles la paternité des innovations résulte d'interactions fortes entre laboratoires et entreprises, devraient également être ajoutées à ce premier bilan.

Celui-ci, qui a l'avantage de fournir des informations quantifiables, montre que l'ensemble des disciplines du département participe à ce mouvement de valorisation d'une manière à peu près homogène. Une extrême diversité de branches industrielles est concernée : industries extractives, génie civil, sidérurgie, métallurgie, industries alimentaires, papier, habillement, photographie, matières plastiques, mécanique, transports, lutte contre la pollution, électricité, génie biomédical, recherche opérationnelle, etc.

Il apparaît également que cette activité s'est accrue modérément (mais nettement) au fil des années. Plusieurs causes à cela : le développement des disciplines relevant des sciences pour l'ingénieur au sein de l'Université française ; des interactions entre composantes « recherche » et composantes « production » du milieu socio-économique qui vont en s'intensifiant. On notera, par exemple, que 40 % des actions de valorisation ainsi recensées sont développées dans des entreprises de moins de deux cents salariés et que la moitié des



Micrométrie : une extrême diversité de branches industrielles est concernée. © CNRS/LAAS. Photo: Ph. Plailly.

firmes ont leur siège hors de la région parisienne. Beaucoup doit encore être fait dans les directions que nous avons mentionnées, mais les résultats déjà obtenus montrent l'éventail des concours apportés au développement économique du pays. ■

*Jean-Claude Chaspenier, directeur scientifique au CNRS, département Sciences physiques pour l'ingénieur, 15, quai Anatole France, 75700 Paris.

*Michel Combarnous, directeur scientifique jusqu'en juin 1985.

CHIMIE

VALORISATION ET CHIMIE : UN VIEUX COUPLE

Michel Fayard*



Un poste de recherche du département Chimie est consacré à la valorisation de l'industrie. © CNRS. Photo: J.-N. Reichel.

LES RELATIONS très fortes entre la recherche publique en chimie et l'industrie, dans des domaines extrêmement divers, sont très anciennes et tout à fait naturelles. La politique menée par le département Chimie vise à les rendre plus efficaces encore et à les faire pénétrer dans

LA VALORISATION DANS LE DÉPARTEMENT CHIMIE EST PRESQUE UN « MUST ». ACTUELLEMENT CELUI-CI MET UN ACCENT PARTICULIER SUR LA FORMATION DES JEUNES INGÉNIEURS DONT L'INDUSTRIE SE MONTRE FIANDE.

les quelques laboratoires où elles n'ont pas encore atteint le niveau moyen de la discipline.

Des recherches visant à produire des substances nouvelles ou à améliorer des procédés sont réalisées dans un cadre contractuel bilatéral ou dans le cadre de Groupements scientifiques. Une quinzaine de ces Groupements associent un ou plusieurs industriels à des laboratoires qui collaborent à des programmes variés, aussi bien dans le secteur de la chimie fine que de la pharmacologie, des matériaux métalliques et polymères.

L'amélioration des collaborations entre l'industrie et le CNRS passe nécessairement par un échange accru de personnels. Il est certain que ces échanges sont actuellement très faibles et qu'il est difficile de les augmenter très sensiblement dans un avenir proche.

En 1984, quinze chercheurs du département ont été mis à la disposition de l'industrie. Depuis 1979, date à laquelle

cette procédure a été créée, trente-trois chercheurs, sur un total de cent vingt-huit, ont démissionné du CNRS pour prendre un emploi industriel.

Ces chiffres sont relativement importants pour le CNRS mais très faibles vis-à-vis des jeunes docteurs ayant fait leur thèse dans nos laboratoires avant d'aller dans l'industrie. Parmi ces docteurs, le flux des ingénieurs est de cent cinquante à deux cents environ par an, dont soixante-dix sur convention CIFRE (Contrat industriel de formation pour la recherche) et soixante-dix boursiers de doctorat du CNRS.

Cette formation par la recherche constitue certainement un facteur très positif de l'évolution de l'industrie chimique vers une production accrue de produits à haute valeur ajoutée. L'industrie l'a fort bien compris puisqu'elle finance à moitié la très grande majorité de ces bourses, le reste étant co-financé par les régions. Le département Chimie fait de cette formation des ingénieurs une de ses priorités essentielles.

Cette formation dans nos laboratoires de nombreux docteurs allant dans l'industrie, permettra, à terme, une meilleure connaissance mutuelle des recherches industrielles et universitaires et, par voie de conséquence, favorisera une amélioration des relations contractuelles et de leur efficacité.

Un dernier moyen d'échange de personnels que nous avons mis en place en chimie, est la création de laboratoires mixtes CNRS-industrie. Deux des laboratoires de ce type, respectivement avec la Société nationale des poudres et explosifs, et Roussel-Uclaf, ont été créés et nous sommes prêts à d'autres expériences dans ce domaine.

* Michel Fayard, directeur scientifique CNRS, département Chimie, 15, quai Anatole France, 75000 Paris.

UN CHERCHEUR DANS L'INDUSTRIE

Un véritable partenariat est nécessaire

Anne Sépulchre*

Après avoir séjourné à l'ANVAR et chez Rhône-Poulenc, ce chercheur revient à la recherche, ses premières amours, et fait le bilan sur l'intérêt de la mobilité.

Comme en témoignent les articles de ce numéro, le CNRS fait un effort considérable pour transformer le « no man's land » entre la recherche et l'industrie en une zone perméable avec échanges dans les deux sens. Dans ce contexte, grâce à la mobilité accordée par le CNRS à ses chercheurs, ces derniers ont la possibilité de pénétrer le monde industriel.

Mon « excursion » a débuté par une année à l'ANVAR (à la Direction des applications de la recherche) comme chargée d'affaires pour le secteur pharmaceutique et parapharmaceutique. Comme je travaillais à l'Institut de chimie des substances naturelles sur des molécules biologiquement actives, ce domaine m'était déjà assez familier. À l'interface entre la recherche et l'industrie, responsable de l'évaluation techno-économique des données confiées par les organismes de recherche (CNRS, INSERM, Universités, etc.), j'ai pu me familiariser avec les différents aspects de la valorisation : aspect juridique avec la négociation des contrats de

collaboration ou de licence, aspect économique, composante omniprésente du monde industriel, sans oublier le domaine, combien important, de la propriété industrielle. Cette année sabbatique m'a permis, de plus, d'avoir une vue d'ensemble, aussi bien du côté recherche que du côté industrie, sur les différents domaines se rapportant à la santé.

Désireuse de retourner à la recherche mais dans une discipline quelque peu différente de ma discipline d'origine (à tout naturellement, riche de cette première expérience, recherche la possibilité d'acquiescer la formation complémentaire nécessaire au milieu industriel).

La société Rhône-Poulenc Santé a accepté de m'accueillir au sein de son centre de recherche de Vitry, dans le département de biochimie. J'ai pu, à travers sa propre thématique, prendre ainsi connaissance des objectifs et des contraintes de l'industrie pharmaceutique en matière de recherche et de développement et, de la place qu'occupe la recherche fondamentale, véritable pierre angulaire, dans le processus industriel.

Ma double expérience m'a permis de penser que l'évolution des relations recherche-industrie vers un véritable partenariat est nécessaire et que, dans l'ensemble, les deux parties ont encore un effort à faire dans ce sens. Cette opinion s'inscrit dans le contexte beaucoup plus large de la prise de conscience, par le monde scientifique, de la nécessité de dépasser les différentes disciplines. Ce besoin est particulièrement aigu dans le domaine de la biotechnologie.

Les relations recherche-industrie s'établissent en fait à deux niveaux et les conséquences, à chacun d'eux, sont pour les chercheurs, assez différentes.

À un stade très en amont, la recherche industrielle a besoin de s'appuyer sur une recherche fondamentale de haut niveau. Dans le domaine de la biotechnologie, par exemple, on assiste à une concertation européenne entre les industriels et les organismes de recherche. Cette démarche doit permettre de dégager les axes de recherche à explorer pour soutenir l'effort industriel. Devant le caractère essentiellement fondamental de la recherche à réaliser, les laboratoires impliqués n'ont, dans ce cas, qu'un peu de contraintes concernant la divulgation de leurs résultats.

En revanche, le problème de la confidentialité se pose bel et bien si les compétences d'un chercheur sont requises à propos d'un processus industriel en développement. Il se pose également lorsqu'un laboratoire vit en symbiose avec l'industrie, les résultats de sa recherche. Mais, soit en sous-estimer l'importance, il serait bon de replacer le problème du respect de la confidentialité à sa véritable place. Dans le contexte d'une collaboration, ce qui consiste selon le Larousse à « travailler de concert à une œuvre commune » (on tient compte des contraintes de chacun et sur les bases d'un respect mutuel), le chercheur du CNRS comme son collègue de l'industrie, est à même d'évaluer et de respecter la confidentialité. En revanche, et il faut le souligner, seul le chercheur du CNRS aura à supporter les conséquences du secret, il ne viendra aux instances scientifiques du CNRS qui président à la carrière des chercheurs à prendre en compte ce dernier point.

Quel qu'il en soit, mon « excursion » au sein de la recherche industrielle, est une expérience extrêmement positive et enrichissante et j'encourage ceux qui en ont la possibilité à la tenter.

* Anne Sépulchre, chargée de recherche CNRS, Rhône-Poulenc Santé, Centre de recherche de Vitry, 17, quai Jules Guesde, 94400 Vitry-sur-Seine.

POLYMERES

Pour la fixation des fractures

Jacqueline Olivier*

Matériau révolutionnaire, ce polymère biorésorbable s'ouvre une voie royale dans la chirurgie osseuse. Un ingénieur du CNRS anime la société qui le produit.

Depuis une dizaine d'années, des chercheurs du CNRS s'intéressaient aux polymères biorésorbables dérivés des acides lactiques et glycoliques. Après une phase de recherche fondamentale, des études ont été effectuées pour élaborer des éléments biorésorbables destinés à la chirurgie osseuse et les travaux ont abouti à la réalisation d'un matériau composite tout à fait utilisable pour la fixation des fractures, notamment dans les zones à faibles contraintes.

En effet, ce matériau révolutionnaire, parfaitement toléré par l'organisme, possède non seulement l'ensemble des qualités lui permettant d'assurer une fonction de maintien, mais il est de plus résorbable, d'où il s'agit qu'il s'élimine lui-même par les voies naturelles, ce qui se traduit pour le patient par l'économie d'une seconde intervention chirurgicale.

Après avoir breveté cette invention par l'intermédiaire de l'ANVAR, le CNRS a signé, avec une société grenobloise, un contrat pour envisager le développement de ces matériaux. En tant qu'ingénieur j'ai été engagée pour assurer le transfert de cette innovation. J'avais, en effet, travaillé pendant un an dans l'équipe de M. Vert du CNRS avant de me consacrer à la mise en place des structures de production: une entreprise a été créée. Phaxis, qui désormais fabrique et distribue ces matériaux biorésorbables.

De nombreuses applications sont envisagées d'autant que les premiers essais, réalisés depuis 1981, au niveau maxillo-facial ont donné des résultats très encourageants: fractures de la mâchoire consolidées, reconstruction de planchers orbitaires, etc. De nouveaux essais cliniques sont encore nécessaires. Il est vrai, au niveau de la réparation des os longs, là où les contraintes mécaniques sont fortes. Quoi qu'il en soit, avec ce matériau, la chirurgie aborde un sérieux virage.

* Jacqueline Olivier, directeur général de la société Phaxis, chemin Doyen Gossé, FR370 St-Ismier.

UN CHERCHEUR DANS L'INDUSTRIE



Examen par microscopie électronique haute résolution d'une coupe de catalyseur platine sur zéolithe. On distingue les plans cristallins (10 et 20 de la zéolithe) et les particules de platine (10 et 20 Å) déposées dans la matrice zéolithique. © E.M. Flaud - Christiane Leclerc.

Voir s'industrialiser son invention

Michèle Breyse*

Les travaux de ce chercheur du CNRS, en stage d'un an chez Elf, ont permis à l'industriel de déposer trois brevets. Un licencié américain est même en train de construire une usine dont la production sera basée sur sa découverte.

Alors chargée de recherche à l'Institut de recherche sur la catalyse, à Villeurbanne, j'ai demandé au CNRS, en 1978, l'autorisation d'effectuer un stage d'un an dans un laboratoire industriel. L'envie d'aborder un autre type de recherche plus tournée vers la découverte de procédés que vers l'explication des phénomènes.

Deux possibilités s'offraient dans la région lyonnaise. Mon choix s'est porté sur Elf, à Solaise. A cette époque, une des équipes du centre de recherche de la société travaillait sur de nouveaux catalyseurs pour la produc-

tion des aromatiques. Enjeu important dans la mesure où l'on produit annuellement quelque douze millions de tonnes de ce dérivé du pétrole. De plus, pour ces préparations, les Etats-Unis utilisent plus fréquemment la voie catalytique que les pays européens.

A mon arrivée, l'équipe dirigée par J. R. Bernard avait déjà étudié les catalyseurs à base de platine sur zéolithe L. Un premier brevet avait même été déposé. Il permet un rendement en benzène de 45 à 50 % alors que les catalyseurs à base de platine sur alumine chlorée jusqu'alors utilisés n'autorisaient qu'un rendement voisin de 22 %.

J'ai poursuivi des recherches dans cette direction en étudiant d'autres méthodes de préparation, d'activation et de régénération de ce nouveau catalyseur zéolithique. Ainsi, en ajoutant à celui-ci du rhénium et du soufre inhibant l'hydrogénolyse, j'ai réussi à en stabiliser l'activité. Ces recherches ont donné lieu au dépôt de trois brevets par Elf dans les principaux pays industrialisés et à trois publications. Deux sociétés américaines ont signé des contrats de licence pour ce nouveau procédé. L'une d'elles construit actuellement une unité de production qui le mettra en œuvre.

* Michèle Breyse, maître de recherche CNRS, Institut de recherche sur la catalyse, I.P. 00-5401, 2, avenue Albert Einstein, 69626 Villeurbanne Cedex.

Un goût de l'aventure frisant l'inconscience?

UN CHERCHEUR DANS L'INDUSTRIE

Jean-Claude Pommier*

Le chercheur qui vient passer un temps dans l'industrie devra apprendre sur le tas les bases de son nouveau métier, estime Jean-Claude Pommier.

Entre maître de recherche depuis plusieurs années, bien installé dans des succès généraux de publications, s'appuyant sur une équipe de recherche bien structurée au sein d'un laboratoire qui « tourne » bien et, brusquement, abandonner ce confort intellectuel pour l'industrie, apparaît à beaucoup comme un geste, certes courageux, mais surtout baigné d'un goût de l'aventure frisant l'inconscience.

Ce sont quelques réflexions personnelles issues de l'expérience que j'ai vécue que je résume ici, afin que le candidat au transfert CNRS-industrie dans un poste de responsabilité en recherche connaisse le chemin à parcourir avant de se sentir réellement intégré au système.

* Jean-Claude Pommier, maître de recherche CNRS, laboratoire de chimie organique (LA 04.0135 CNRS, 35F, cours de la Libération, 33405 Talence.

Il est clair que l'adaptation sera plus ou moins rapide selon que les recherches qu'il aura à diriger seront plus ou moins éloignées de sa spécialité d'origine. Il est d'ailleurs peu probable qu'il demeure exactement dans le créneau qui était le sien au CNRS.

Dans ce cas, son problème le plus délicat sera d'avoir à diriger des chercheurs spécialistes d'un domaine dans lequel il n'a, au mieux, que des notions. Puis d'effectuer un contrôle de travaux pour lesquels il sera plus suiveur que décideur. Puis de savoir que c'est à lui, en tant que responsable, que l'on demandera des comptes.

Il ne faudra alors céder ni au découragement, ni à ses propres états d'âme face à une situation où la question de sa propre utilité dans le système revendra quelquefois. On ne devra pas hésiter à effectuer une formation continue sur le tas et apprendre les bases de son nouveau métier. On ira, bien sûr, et surtout on discutera beaucoup avec tout le monde. Pour se retrouver dans la position d'un directeur de thèse qui devrait avoir une idée beaucoup plus large des problèmes que son chercheur, mais des connaissances moins approfondies que lui sur son sujet particulier.

Tout ceci ne se fait pas sans un sens aigu du contact humain. Mais si le but précédent

est atteint, on peut dire que la partie est pratiquement gagnée, au moins au niveau technique. En effet, parallèlement, il faudra s'habituer à des méthodes de travail différentes, plus orientées vers des recherches liées à la stratégie industrielle ou à l'innovation pure et également, à des modes de relations humaines plus nettement hiérarchisées.

Mais à partir de là, que de satisfactions! Pouvoir appliquer ses propres méthodes d'approche technique et humaine des problèmes; aller jusqu'au bout de ses recherches, à savoir le produit fini, le voir sortir de la production; disposer très rapidement de crédits et de moyens lorsque le sujet en vaut la peine, sachant que le contrôle viendra plus tard; positionner à priori dans la mesure où il devra d'une production industrielle dépendre du « transfert » et de son équipe; pouvoir utiliser sa connaissance des différents laboratoires universitaires pour ne pas hésiter à solliciter l'équipe à laquelle il a envie de sous-traiter certains problèmes, ou avoir accès à certains équipements spécifiques, etc.

Il s'agit, certes, d'un chemin souvent difficile mais, par tant de côtés, si enthousiasmant! Ceux qui n'hésitent pas à se remettre en cause et dont le caractère peut s'adapter aux exigences évoquées plus haut auront tout intérêt à tenter l'expérience. Ils ne devraient pas être jaloux!

TERRE, OCEAN, ATMOSPHERE, ESPACE

PLUS DE RETOMBEES DE LA TERRE QUE DU CIEL

André Berroir*

Les objectifs de valorisation des recherches menées dans le département sont nombreux dans la plupart des domaines allant de l'astronomie aux sciences du sol, en passant par l'aquaculture, les télécommunications et les sciences de la terre au sens large. Mais les niveaux de l'organisation de cette valorisation varient beaucoup d'un domaine à l'autre, très peu structurés dans certains (astronomie) et bien organisés dans d'autres (minéraux, pétrole).

Dans le premier cas, on compte de nombreux contrats DVAR. C'est le cas, par

SI LA VALORISATION EST BIEN DEVELOPPEE POUR CE QUI TOUCHE A LA TERRE ET L'OCEAN, EN REVANCHE, LES RETOMBEES SONT BEAUCOUP MOINS NOMBREUSES EN PROVENANCE DE L'ATMOSPHERE ET DE L'ESPACE.

exemple, pour l'étude des détecteurs, pour la caméra CCD en ophtalmologie ou pour les miroirs allégés où des brevets ont été pris. On peut aussi compter parmi ces

actions la mise au point de nombreux logiciels de traitement d'images susceptibles d'être commercialisés. Il en est de même pour des recherches exécutées dans le domaine des télécommunications (Centre de recherche en physique de l'environnement terrestre et planétaire), de l'électronique de puissance HF (Laboratoire de sondage électromagnétique de l'environnement).

* André Berroir, directeur scientifique CNRS, département Terre, océan, atmosphère, espace, 15, quai Anatole France, 75700 Paris.

terrestre). Mais jusqu'à maintenant, dans tous ces domaines, les actions de valorisation ont généralement été réalisées sur initiative individuelle.

Il en va différemment pour les entreprises beaucoup plus structurées qui concernent des domaines plus proches de l'exploitation de ressources naturelles. Nous devons citer la création (avec le secteur des Sciences de la vie) du Laboratoire d'aquaculture de l'Houmeau et le Groupement scientifique (OS) où le CNRS est associé avec les pétroliers et les sociétés minières.

Ce GS comporte trois groupements d'intérêt scientifique : le GIS « Genébas » (genèse des bassins sédimentaires) avec Elf-Aquitaine et CFP, le GIS « Métallogénie » avec le BRGM (Bureau de recherches géologiques et minières) à Orléans et le GIS « Etudes des gisements minéraux » à Toulouse avec le BRGM, la S.A. des Tates de Luzenac, la Société des mines et produits chimiques de Salzgitter, et la Société minière et métallurgique Penarroya. A ces trois GIS s'ajoute le CREGU (Centre de recherches pour l'étude des gisements de l'uranium), le Commissariat à l'énergie atomique, la Compagnie française des minerais

d'uranium, la Compagnie générale des matières nucléaires, la Compagnie minière Dong Trieu, la S.A. Minatome, la Société nationale Elf-Aquitaine (Production).

Grâce à une participation active au Club CRIN « Pétrole » et sur ses recommandations, le département a mis en place des actions incitatives sous forme d'une action thématique programmée (ATP) « Géophysique appliquée à la prospection », une ATP « Diagenèse des réservoirs », une action de soutien programmée (ASP) « Fracturation ».

Quelques grands programmes de l'Institut national des sciences de l'univers entrent également dans cette perspective. Il s'agit de GPF (Géologie profonde de la France) et d'ECORS (Etudes des continents et océans par réflexion sismique), avec comme partenaire le BRGM, l'IFP, Elf-Aquitaine, CFP, CGG.

Enfin, certains laboratoires ont une activité totalement tournée vers la valorisation. C'est le cas de notre Centre de minéralogie de Nancy où sont étudiés tous les problèmes liés à la valorisation dans le traitement des minerais.

UN CHERCHEUR DANS L'INDUSTRIE

A cheval sur son dada

Jean-Pierre Poyet*

Un jour, une petite annonce a permis à Jean-Pierre Poyet d'enfourcher son dada : l'intelligence artificielle.

Comment concilier job et dada ? En lisant les petites annonces. Depuis trois ans, Jean-Pierre Poyet, trente ans, se consacre à la recherche en dynamique des fluides à l'observatoire du Pic du Midi et de Toulouse (OPMT). La société Cétis, filiale du groupe américain Gearhart (numéro deux mondial, derrière Schlumberger, dans l'analyse des données en prospection pétrolière) fait un jour savoir par le Monde qu'elle cherche un collaborateur pour travailler sur un programme d'intelligence artificielle. Jean-Pierre Poyet passionné par le sujet et attiré par l'industrie voit sa candidature retenue.

Détaché du CNRS, pendant un an, il s'intègre au groupe de cinq ingénieurs de la société qui a été créée dans le but de développer et de commercialiser une sorte de système expert (Ultral). Celui-ci permet de déterminer avec précision les endroits où se trouvent les nappes de pétrole. Les pétroliers sauront ainsi s'il y a lieu de poursuivre ou d'abandonner les très onéreuses recherches. Pour comprendre cet enjeu, prière de se reporter à son feuilleton télévisé habituel... Chevron, le numéro deux du pétrole (qui a payé cash ce système au vu du prototype) l'exploite actuellement pour son compte ainsi que Gearhart, en tant que prestataire.

Cétis alimentée en capital-risque par la maison mère est donc très engagée dans la rentabilité de ces recherches informatiques. Jean-Pierre Poyet qui a réintégré l'OPMT en avril dernier, avoue avoir été très favorablement impressionné par la découverte de l'environnement industriel et par les moyens importants mis à la disposition des chercheurs. Le retour au bercail et aux contraintes administratives ne s'est pas effectué sans une certaine nostalgie.

*Jean-Pierre Poyet, chargé de recherche CNRS, observatoire du Pic du Midi et de Toulouse, LA 04-285, université Paul Sabatier, Toulouse III, + 14, avenue Edouard Belin, 31400 Toulouse.



De l'aquaculture à l'aquaculture © IFREMER, Marina Cedri, Photo Claude Rives.

SCIENCES DE LA VIE

LA REVOLUTION DES BIOINDUSTRIES A COMMENCE

Maurice Hofnung*

POUR FAIRE FACE A L'AVENIR PROMETTEUR DES SCIENCES DE LA VIE ET DE LEURS RETOMBÉES, EN PARTICULIER DANS LE DOMAINE DES BIOTECHNOLOGIES, LE CNRS A MIS EN PLACE DIVERSES STRUCTURES.

LA VALORISATION est une activité beaucoup plus récente dans le département des Sciences de la vie que dans d'autres départements du CNRS où elle est plus traditionnelle. On peut y attendre un accroissement important des opérations de valorisation, en particulier dans le domaine des biotechnologies. En effet, les retombées des percées remarquables de la biologie moléculaire ont commencé à donner naissance à des applications multiples. Les experts prédisent une véritable révolution des bioindustries au cours des années à venir. Ce mouvement est déjà amorcé.

Il s'agit dorénavant, pour le département, non seulement de poursuivre sa mission première qui est de développer des travaux fondamentaux mais aussi d'encourager les chercheurs à envisager, à proposer et, dans les cas favorables, à développer eux-mêmes les applications de leurs travaux.

Plusieurs modes d'intervention ont déjà été adoptés. Ainsi par exemple, deux nouvelles structures ont été mises en place : un atelier de biotechnologies, à Lyon, et un centre de transfert, à Toulouse. Associées à des laboratoires de recherches fondamentales, elles sont destinées à servir des projets intéressant l'industrie, éventuellement en collaboration avec elle. De même, un appel d'offre pour une Action thématique programmée (ATP) sur la « Valorisation des biotechnologies » a été lancé en 1984 et repris en 1985. Il s'agit, par cette action, de sélectionner des projets pouvant mener à court terme (en moins de cinq ans) à des applications. Un petit nombre de projets a déjà été financé.

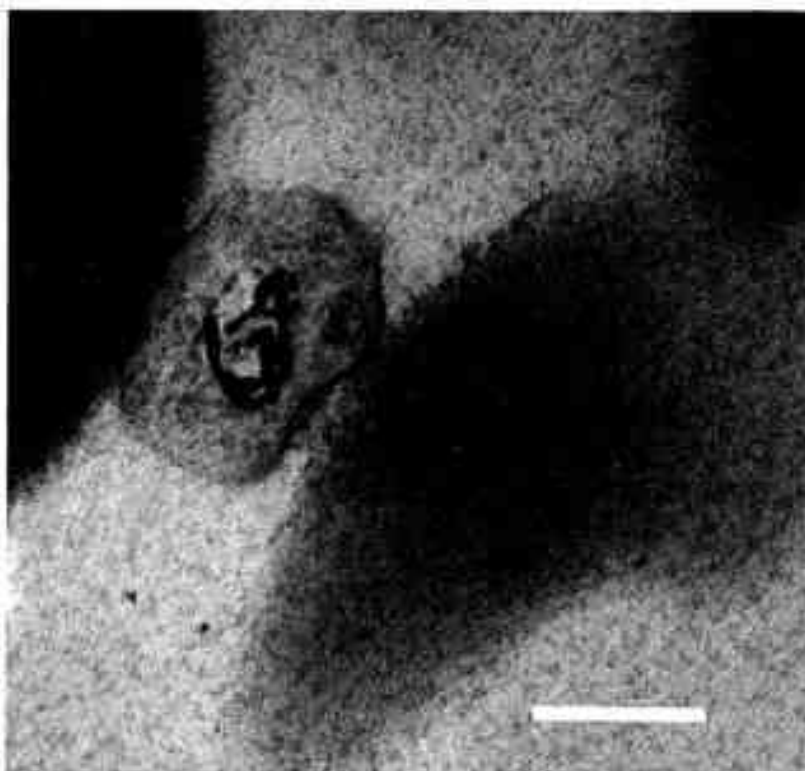
L'information des industriels sur les travaux en cours constitue un autre mode d'intervention. Elle peut s'opérer à travers une présentation des recherches menées en amont des biotechnologies. Dans cet esprit un colloque a été organisé le 19 novembre 1984 : les industriels ont ainsi eu la possibilité de s'adresser directement aux chercheurs et de passer avec eux, éventuellement, des contrats.

L'existence d'une Action de recherche intégrée (ARI) « Biotechnologies », pilotée par le département des Sciences de la vie, qui coordonne l'activité de quatre départements scientifiques du CNRS (Sciences de la vie, Chimie, Sciences physiques pour l'ingénieur, Valorisation et application de la recherche) concourt au développement de ces activités de valorisation. C'est, en effet, dans ce cadre

qu'ont été lancées l'ATP « Valorisation des biotechnologies », ainsi que d'autres opérations plus spécifiques.

Si les biotechnologies constituent un des volets les plus représentatifs de l'action du département dans le domaine de la valorisation, d'autres domaines bénéficient également de cet effort : c'est le cas notamment de la pharmacologie (citons en particulier la convention CNRS-Sanofi pour la recherche de nouveaux médicaments antitumoraux qui a abouti récemment à la mise sur le marché d'un nouveau médicament, le celiptium).

Un témoignage éloquent du développement des activités de valorisation est fourni par une augmentation de deux à trois entre 1982 et 1984, des différents indicateurs : brevets, mises à la disposition, contrats de collaboration de recherche, etc.



Le gène de l'insuline est introduit dans des séries de petits sacs (liposomes) qui pénètrent dans l'organisme par voie intraveineuse. © Centre de biophysique moléculaire.

* Maurice Hofnung, chargé de mission CNRS, responsable de l'Action de recherche intégrée « Biotechnologies », département Sciences de la vie, 15, quai Anatole France, 75700 Paris.

SCIENCES DE L'HOMME ET DE LA SOCIÉTÉ

A L'AUBE DE LA VALORISATION

Maurice Godelier*

DE L'ANTHROPOLOGIE À LA LINGUISTIQUE, EN PASSANT PAR LA SOCIOLOGIE, TOUTES LES SCIENCES DE L'HOMME ET DE LA SOCIÉTÉ SONT VALORISABLES. DEPUIS CETTE ANNÉE, À CET EFFET, UNE STRUCTURE SPÉCIALE A ÉTÉ MISE EN PLACE AU SEIN DU DÉPARTEMENT QUI LES REGROUPE.

LA VALORISATION des sciences de l'homme et de la société (SHS) est une tâche très particulière, car les disciplines qu'elles composent n'ont pas pour résultats, sauf exception (par exemple, logiciels de recherche), des objets matériels ou des procédés donnant lieu à des brevets ou à des licences de fabrication.

La plus grande partie de ces résultats consiste en des informations imprimées ou télédiffusées, supports ou points de départ d'approches et d'interprétations nouvelles du développement passé et présent de l'humanité. La valorisation des SHS commence donc d'abord par la diffusion de ces informations et des méthodes mises en œuvre pour les produire.

Valorisation et diffusion des SHS

Présenter simultanément des objets, des informations et des interprétations nouvelles, c'est ce que font couramment les archéologues ou les historiens lorsqu'ils coopèrent avec une région ou une municipalité pour la création d'un musée, pour une exposition. Valoriser les SHS, c'est, par exemple, apporter des données nouvelles dans des instances relais entre le monde de la recherche et celui de l'administration ou des affaires (exemple

des clubs CRIN). Cette coopération met en valeur des résultats qu'ils rendent visibles et utilisables par le public le plus large.

On pourrait multiplier les exemples qui seront bientôt analysés et précisés par le dépouillement en cours d'un questionnaire « Valorisation et diffusion des SHS » envoyé en mai 1985 aux responsables des 512 unités du département. La valorisation SHS existe dans tous les domaines, de l'anthropologie à la linguistique, de la sociologie (cas classique) à l'étude des langues dites « exotiques » (logiciels ou didacticiels de traduction ou de correction automatisée).

La demande institutionnelle des chercheurs et des équipes est d'ailleurs bien réelle, même si la manière dont peuvent s'articuler la recherche fondamentale - tâche principale des équipes - et l'utilisation publique de leurs résultats et de leurs méthodes, n'apparaît pas encore clairement à tous. Or, la diffusion large - et non pas seulement académique - des recherches les plus avancées permet de transformer les termes, les données du débat social et culturel, dans le cadre de la nation ou même entre les cultures et les États et, par effet de retour, stimule l'activité de recherche elle-même.

La valorisation de la recherche en sciences humaines et sociales n'est donc en rien de la vulgarisation sur le modèle que présentent certains médias, mais une attitude réfléchie et interactive pour rapprocher la recherche en SHS, souvent soupçonnée d'être inutile ou gratuite par une partie du grand public, de ceux-là même qui constituent son champ d'investigation par leurs actes, leurs pensées, leurs interactions. Si l'on prend le cas des sociétés passées, seules les sciences de l'homme peuvent en renouveler la connaissance et proposer d'autres interprétations de l'évolution et de la diversité de l'humanité.

L'attitude de rapprochement avec les acteurs on la trouve par exemple au sein du PIRTEM (Programme interdisciplinaire de recherche sur le temps de travail, l'emploi et les modes de vie), qui associe des équipes de plusieurs départements du CNRS et des acteurs (du chef d'entreprise au

comité d'établissement, de la municipalité à l'organisme international) ; c'est aussi celle de toutes les équipes ou des chercheurs qui, tout en consacrant l'essentiel de leur temps et de leurs efforts aux progrès de leur discipline, établissent des ponts avec des utilisateurs (que ce soit en géographie, en linguistique, en archéologie, en sociologie industrielle, etc.).

Une cellule spécialisée

En collaboration avec les instances spécialisées du CNRS (Directions de l'information scientifique et technique, de la valorisation et des applications de la recherche, présidents et membres des sections du Comité national), le département SHS a entrepris, en 1985, de mettre l'accent sur la valorisation de ses recherches et de ses résultats.

D'ores et déjà, au-delà de sa mission d'information, la cellule de valorisation et de diffusion des SHS (coordonateur : Emmanuel Chadeau) assume une fonction de conseil dans ce domaine, et prépare les bases d'une politique incitative (Action thématique programmée qui sera lancée à la fin de 1985) et structurelle (identification des formes de la demande sociale en ce qui concerne les recherches SHS) ; elle suit aussi, pour leur donner plus de chances de succès, les projets soumis par les chercheurs du département à la Direction de l'information scientifique et technique (DIST) et à la Direction de la valorisation et des applications de la recherche (DVAR), ou à d'autres partenaires.

La valorisation des résultats et des méthodes, est d'abord l'affaire des équipes, des chercheurs et des ingénieurs, techniciens et administratifs (ITA) ; elle découle de la position de leurs travaux dans le champ d'une discipline ou au carrefour de disciplines. Ils la rencontrent toujours dans une phase ou une autre de leur travail ; c'est une tâche commune des chercheurs, de leurs équipes et de la direction du CNRS, d'en prendre conscience et de la faire passer dans les actes.

*Maurice Godelier, directeur du département Sciences de l'homme et de la société, CNRS - 15, Quai Anatole France, 75700 Paris.

LE COMITE DES RELATIONS INDUSTRIELLES

UNE STRUCTURE DE RENCONTRE ENTRE INDUSTRIELS ET CHERCHEURS

Pierre Guillaumat*

LE COMITE DES RELATIONS INDUSTRIELLES A ETE MIS EN PLACE EN 1973 POUR CONSEILLER LA DIRECTION DU CNRS SUR LA POLITIQUE A SUIVRE EN MATIERE DE RECHERCHE APPLIQUEE. APRES AVOIR ELARGI ET REORIENTE CETTE MISSION, IL REPRESENTE, AUJOURD'HUI, UNE STRUCTURE DE RENCONTRE ENTRE INDUSTRIELS ET CHERCHEURS MAIS AUSSI ENTRE SPECIALISTES DE DIFFERENTS SECTEURS.

JUSQU'A UNE EPOQUE recente, la recherche fondamentale est restée relativement éloignée des préoccupations des industriels. En fait, il faut attendre les années soixante pour voir poindre le rapprochement qui s'est précisé au cours de la décennie suivante et qui se concrétise actuellement. A cette époque, l'accueil de quelques industriels au sein des instances de consultation du CNRS et des universités commençait à traduire la prise de conscience, par les milieux dirigeants, de l'importance de la recherche pour le développement économique du pays. Les années soixante-dix allaient être le théâtre d'une ouverture du CNRS sur le monde industriel avec la mise en place de structures permettant de favoriser ce mouvement. La création, sous la présidence de Maurice Doumenc du Comité des relations industrielles (CRIN) en juillet 1973 par Hubert Curien, alors directeur du CNRS, marque une étape majeure en cette matière. La mission de ce comité, telle qu'elle a été définie à cette époque, est de « conseiller la direction du CNRS sur la politique à suivre

pour développer les relations entre le secteur productif et la recherche ».

Extension de la mission initiale

Deux ans plus tard, le CRIN continue à jouer ce rôle mais en a très largement étendu les limites. Outre son activité de conseil en matière de définition des programmes, il est à l'origine d'analyses et d'évaluations des technologies les plus porteuses telles qu'elles sont perçues par les industriels. Par ailleurs, au delà de la mission d'information des chercheurs en ce qui concerne les besoins des industriels, il fait connaître aux dirigeants et ingénieurs des entreprises le potentiel humain et matériel des laboratoires du CNRS et est à l'origine d'un véritable échange d'informations et de savoir-faire entre les deux groupes. Le CRIN favorise la mobilité des hommes et des idées et, dans ce contexte, a un rôle de catalyseur : d'une part en matière de rapprochement entre les milieux scientifiques et les responsables des entreprises, d'autre part en matière de transfert des résultats de la recherche vers le secteur économique.

Lors de sa création le Comité des relations industrielles était un organe de conseil regroupant trente-cinq personnes.

Au cours des ans, il s'est considérablement développé et comprend actuellement quatre-vingt-six membres (dont 75 % d'industriels) ayant plus un rôle d'information que de discussion. Dans cette perspective il est apparu nécessaire de mettre en place un groupe plus restreint qui se réunirait plus fréquemment et remplirait le rôle de conseil auprès de la direction générale. Ainsi est né le comité exécutif. Il comprend actuellement une vingtaine de personnalités réparties à peu près également entre les entreprises industrielles et financières et, d'autre part, le monde de la recherche publique ainsi que le CNPF.

Les activités du CRIN

Il ne saurait être question de faire ici le bilan des actions multiples et diverses, tant par leur nature que par les secteurs scientifiques couverts, du CRIN. Tout au plus peut-on mentionner quelques exemples de ces activités. C'est ainsi que ce Comité est à l'origine de suggestions qui ont amené la direction du CNRS à prendre des décisions majeures en matière de politique scientifique. Outre la création d'un certain nombre de programmes de recherche de nature diverse. Actions thématiques programmées et Groupements de recherches coordonnées (ATP, GRECO), il a, par exemple, suggéré la mise en place du

LES CLUBS DU CRIN

SCIENCES EXACTES ET NATURELLES

- **Physique, chimie et sciences de la terre :** applications des lasers, applications des mathématiques, catalyse hétérogène, chimie organique, électronique, électrotechnique, optique, matériaux, mécanique, pétrole et contextes liés, fusées, polymères, thermique.
- **Sciences de la vie :** biotechnologies, génie biomédical.

SCIENCES HUMAINES ET SOCIALES

- **Aires socio-culturelles :** Afrique anglophone, Amérique latine, Asie du sud et du sud-est, études arctiques, Hongrie, Japon.
- **Vie de et dans l'entreprise :** entreprise en émergence, ergonomie, innovation et transferts technologiques, petites et moyennes entreprises, problèmes internes de l'entreprise.

* Pierre Guillaumat, président du Comité des relations industrielles, 3, place de la Madeleine, 75008 Paris.

groupe des chargés de mission industriels (CMI) dans les régions et la création des clubs CRIN, dont le but est de rapprocher industriels et chercheurs dans un domaine scientifique déterminé. Ces clubs sont actuellement au nombre de vingt-quatre. Onze relèvent du domaine des sciences humaines, partagés entre les aires socio-culturelles (six clubs) et la vie de l'entreprise (cinq clubs), onze autres concernent les sciences exactes (physique, chimie, sciences de la terre) et deux les sciences de la vie. L'activité des clubs elle-même a sensiblement évolué au cours du temps. Initialement, elle était centrée sur une discipline scientifique traditionnelle au sens large (informatique, électronique, mécanique). Mais très rapidement les sujets retenus ont eu un caractère pluridisciplinaire (pétrole, matériaux, application des lasers ayant pour but, outre de favoriser les échanges entre les chercheurs et les industriels, de développer des échanges entre disciplines différentes.

Ces clubs regroupent actuellement plus d'un millier de chercheurs, industriels et représentants des grands organismes de recherche et de définition de la politique scientifique. On y trouve, en particulier, à côté des membres du ministère de la Recherche et de la Technologie (MRT), des personnalités représentant d'autres grands ministères (du Redéploiement industriel et du Commerce extérieur, des Relations extérieures et de la Coopération, du Travail). Dans la majorité des cas, les clubs sont dirigés par un président d'origine industrielle, assisté d'un rapporteur (chercheur du CNRS), et administrés par un animateur spécialisé du secteur traité. Le dernier appartient à la Banque des connaissances et des techniques (BCT), un service commun au CNRS et à l'ANVAR.

Parallèlement, la BCT assure la rédaction et la publication de la *Gazette du CRIN*, bulletin d'information publié cinq fois par an à dix mille exemplaires, dont près de la moitié sont adressés à des entreprises.

Son but est de rendre compte des activités du CNRS, et de faire connaître les développements technologiques (savoir-faire, dossiers techniques, brevets) les plus récents mis au point dans les laboratoires du CNRS.

Après une douzaine d'années d'existence, le CRIN apparaît comme une organisation dont l'évolution et le développement constituent les preuves les plus apparentes de sa souplesse et de sa vitalité. Il a très largement élargi et réorienté sa mission

initiale et représente actuellement une structure de rencontre entre industriels et chercheurs mais aussi entre spécialistes de différents secteurs. La Direction de la valorisation et des applications de la recherche soutient et diffuse ces activités. Sous cet aspect, et tout particulièrement dans le domaine des sciences humaines dans lequel ce type de contrat était exceptionnel, le CRIN figure comme un élément fondamental de l'ouverture des scientifiques sur le contexte économique.

LABINFO

Le Who's who électronique de la recherche publique et privée

Paulette Rémiot*

Grâce à Labinfo, en quelques secondes, on peut savoir quel laboratoire public ou privé fait quoi en France.

Chez Dubois Santé, l'heure est à la diversification. Société spécialisée dans la production de prothèses mécaniques, elle voit peu à peu se rétrécir son marché sous les assauts de la concurrence étrangère. Pierre Dubois, le PDG, a envoyé son directeur de la recherche et du développement à San Francisco pour assister à un colloque sur les applications industrielles des biomatériaux. Au bout de trois jours, Roland Duval a compris que ces nouveaux matériaux pouvaient représenter un avenir prometteur pour son entreprise.

Mais en France, où en est la recherche dans ce domaine ? Pour le savoir, Roland Duval appellera à Paris la Banque des connaissances et des techniques (Labinfo). Là, il demandera au spécialiste des sciences de la matière quels centres de recherches publics et privés travaillent actuellement sur les biomatériaux. Après avoir pianoté sur son Mini-

tel, le spécialiste fera successivement apparaître à l'écran des informations détaillées sur sept laboratoires. À la demande il éditera sept fiches qu'il adressera à Roland Duval. Sur chacune d'elles celui-ci trouvera le nom et l'adresse du laboratoire, le nom des chercheurs, la répartition des activités (recherche scientifique et technique, contrôle-essais, assistance technique, enseignement, etc.), les prestations, le programme des recherches, les applications et, enfin les équipements spécifiques.

Par ce scénario se reproduit à longueur de journées. Il est facile d'en imaginer la suite. Par exemple, Roland Duval pourrait rencontrer les sept équipes travaillant sur les biomatériaux pour faire le point, avec eux, sur les applications industrielles. Il pourrait également utiliser leurs équipements scientifiques, y faire des essais (analyses, mesures, contrôle), des expertises, bénéficier d'une assistance. Et même, pourquoi pas, lancer les bases d'une collaboration de recherche.

Réalisé par la Banque des connaissances et des techniques (service commun au CNRS et à l'ANVAR), Labinfo est ouvert au public depuis mai 1983. Ce « Who's who » de la recherche compte dans sa mémoire électronique 9 000 laboratoires dont la très grande majorité ont été recensés (ou mis à jour) au cours des deux dernières années.

On consulte Labinfo de différentes manières. À partir d'un Mini tel ou de son terminal d'ordinateur, il est possible d'interroger soi-même le système. Dans ce cas, mieux vaut connaître le langage Questel du service Télésystèmes*. Dans le cas contraire, il faut téléphoner au service Question/Réponse de la BCT qui fera lui-même les recherches. À signaler qu'en cas où la question ne trouverait pas sa réponse dans Labinfo, les spécialistes de la BCT, également animateurs des clubs CRIN (voir l'article de P. Guillaumat), auront la possibilité d'interroger les meilleurs experts scientifiques et industriels qui composent ces clubs. On peut également faire appel aux intermédiaires spécialisés en information scientifique et technique (ARIST, bibliothèques universitaires ou prestataires privés).

* BCT : 1, place de la Madeleine, 75008 Paris. Tel. : (1) 47 42 36 37

* Télésystèmes-Questel : Tél. : (1) 43 92 64 64

```

..UI
-1- 4273 C.LABINFO
NO 0051LAB0403
MAJ 82/06
TI - PHYSICOCHIMIE DES MATERIAUX PAR
TECHNIQUES AVANCEES
- CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
ADR - 1, PLACE ARISTIDE BRIAND
- 92190 MEUDON
TEL - 534.75.58
DIR - RESPONSABLE : M. LORIERES JEAN
DIRECTEUR DE RECHERCHE

```

Page suivante: 'SUITE', Garder: G
Doc. max.: 'REPETITION', Sinon: N

Le service Questel est ouvert à Roland Duval

LE CHARGE DE MISSION AUX RELATIONS INDUSTRIELLES

ENTREMETTEUR ET HERAUT

Kira Sipek*

UNE ENTREPRISE A-T-ELLE UN PROBLÈME SCIENTIFIQUE OU TECHNOLOGIQUE QU'ELLE NE PEUT RESOUDRE PAR ELLE-MÊME? UN CHERCHEUR SOUHAITE-T-IL RENCONTRER LE PARTENAIRE INDUSTRIEL CAPABLE DE DEVELOPPER ET DE COMMERCIALISER SA DECOUVERTE? DANS LES DEUX CAS LE CHARGE DE MISSION AUX RELATIONS INDUSTRIELLES APPORTERA UNE SOLUTION. A LA PREMIERE IL FOURNIRA LE CHERCHEUR LE PLUS COMPETENT. ET AU SECOND, L'ENTREPRISE INTERESSEE PAR SON INVENTION. TOUTE AUSSI IMPORTANTE EST SON AUTRE MISSION: FAIRE CONNAITRE ET DEVELOPPER DANS LES REGIONS LA POLITIQUE DE VALORISATION DU CNRS.

LES CHARGES de mission aux relations industrielles (CMI) sont nées des changements qui conduisent aujourd'hui le CNRS et les entreprises à ne plus s'ignorer mais, au contraire, à rechercher les bénéfices mutuels de coopérations et d'échanges. Les CMI ont pour tâche de « faire connaître et de démultiplier régionalement la politique de valorisation du CNRS ». Leur rôle est aussi de participer directement et activement à la mise en place des opérations contractuelles et de valorisation. Dans la pratique, deux types de processus dominent : l'un, partant d'une demande industrielle à laquelle le CNRS peut apporter une réponse et l'autre, partant des résultats à valoriser des équipes de recherche.

Dans le premier cas, le contact entre l'industriel et le chargé de mission aux relations industrielles peut être délibéré ou se faire à l'occasion d'une manifestation d'information locale, organisée, le cas échéant, avec l'appui d'une fédération

patronale ou d'une municipalité. Prenons, à titre d'exemple, le cas où un industriel est confronté à un problème de recherche qu'il ne peut lui-même résoudre.

Le premier travail du CMI va être de définir un type de réponse adaptée (contrat, consultant, etc.). Ici, le cas échéant, de rechercher au sein du CNRS une équipe susceptible d'apporter une solution à ce problème. Le CMI va d'abord examiner si parmi les unités locales du CNRS existent les compétences requises. Mais des compétences très spécifiques ne sont pas toujours implantées à proximité. Dès lors, le CMI s'appuiera sur sa connaissance du CNRS et, plus encore, sur le réseau des CMI, voire sur des services spécifiques (CNRS - consultants, par exemple) pour localiser et mettre l'industriel en contact avec telle équipe propre, ou associée au CNRS. Ce réseau est structuré par un double système de messagerie électronique permettant des communications interrégionales rapides et quasi permanentes.

Répondre à l'industriel

Chercheurs et industriels vont ensemble définir un programme de recherche et s'accorderont sur la durée de réalisation ainsi que sur la participation financière et matérielle de l'entreprise. Assistant à cette négociation, le CMI rédigera dans la plupart des cas, le contrat de coopération. Les clauses en sont, entre autres, celles de la confidentialité, de la propriété industrielle et, éventuellement, de l'exploitation des résultats.

Mais les relations recherche-industrie peuvent prendre d'autres formes : cession de licence, Groupements scientifiques, mise à disposition de personnel ou de consultations, bourses cofinancées, prestations de services, stages. Le rôle du CMI consiste, en toute circonstance, à proposer et à mettre en place la forme de coopération la plus adéquate.

Fournir une solution au chercheur

La seconde démarche des CMI est de répondre à la demande des équipes du CNRS, notamment en ce qui concerne la recherche de partenaires industriels pour le développement de travaux et, naturellement, la valorisation des résultats. Si cette démarche diffère de la première, les interventions sont de même nature : par l'information et la prospection industrielle les CMI font connaître en région l'offre de valorisation du CNRS. Ils contribuent à l'organisation et la formalisation des coopérations recherche-industrie qui en résultent.

*Kira Sipek, chargée de mission CNRS aux relations industrielles, région Ile-de-France Ouest, 1, place Aristide-Briand, 92190 Meudon Bellevue.

Les chargés de mission aux relations industrielles

- ALSACE - M. Jean-Pierre Bouley, Maison de l'innovation, 2, rue Brûlée, 67000 Strasbourg. Tél. : (03) 32 20 51
- AQUITAINE - M. François Joly, Délégation régionale de l'ANVAR, 11, rue Boudet, 33000 Bordeaux. Tél. : (56) 48 00 63
- BASSE-NORMANDIE - M. Jean-Claude Fenyo, CORIA, Faculté des sciences, place Emile Blondel, BP 67, Mont-Saint-Aignan. Tél. : (35) 89 43 40
- BRETAGNE - Mme Anne-Marie Chevolet, Chambre de commerce et d'industrie, place du 19^e Régiment d'Infanterie, 29200 Brest. Tél. : (56) 44 14 40
- CENTRE - M. Paul Gillet, CNRS-CMI, 1, rue Haute, 45045 Orléans. Tél. : (38) 64 22 98
- FRANCHE-COMTE - M. Claude Paulin, Laboratoire de physique et de métrologie des oscillateurs, 32, avenue de l'Observatoire, 25000 Besançon. Tél. : (81) 50 39 67
- ILE-DE-FRANCE-EST - M. Gilbert Gallo, CNRS, 3^e circonscription, Europa 126, 94532 Rungis Cedex. Tél. : (1) 687 24 72
- ILE-DE-FRANCE-OUEST - Mme Kira Sipek, CNRS, 1, place Aristide-Briand, 92190 Meudon Bellevue. Tél. : (1) 34 75 50
- ILE-DE-FRANCE-SUD - Mme Anne Litman, Domaine du CNRS, 91190 Gif-sur-Yvette. Tél. : (61) 507 78 28
- LANGUEDOC-ROUSSILLON - M. René Foglizzo, CNRS, Route de Mondé, BP 5051, 34033 Montpellier. Tél. : (67) 63 91 30
- LORRAINE, CHAMPAGNE-ARDENNES - M. Bernard Mauduit, Maison de l'innovation, 93, rue de Metz, 54042 Nancy. Tél. : (83) 37 45 58
- MIDI-PYRENEES - M. André Maisonnat, CNRS, 16, avenue Edouard-Belin, 31054 Toulouse. Tél. : (61) 52 18 11
- NORD-PAS-DE-CALAIS - M. Francis Wallart, Cité scientifique, bâtiment C5, 59655 Villeneuve-d'Ascq Cedex. Tél. : (20) 47 00 62
- PAYS DE LA LOIRE - (nominations prochaines)
- POITOU-CHARENTES - M. Michel Jaulin, CNRS, bâtiment de physique, 40, avenue du Docteur Fizeau, 85022 Poitiers Cedex. Tél. : (49) 46 26 30
- PROVENCE-ALPES-COTE D'AZUR - M. Elio Flisio, CNRS, 31, chemin Joseph Alsiger, 13402 Marseille Cedex 9. Tél. : (91) 71 90 42
- RHONE - ALPES-EST - M. Jean-Paul Boisson, CNRS, BP 166 X, 25, avenue des Martyrs, 38042 Grenoble Cedex. Tél. : (76) 96 98 37
- RHONE - ALPES-OUEST - M. Pierre Verginot, CNRS, 2, avenue Einstein, BP 1335, 69621 Villeurbanne. Tél. : (78) 89 30 52

CENTRES TECHNIQUES

La recherche au service des professions

Raymonde Blanchard*

Certains centres techniques de l'industrie entretiennent de diverses manières une collaboration étroite avec le CNRS.

CERTAINS CENTRES techniques de l'industrie (CTI) développent un important potentiel de recherche. Ils ont établi, depuis longtemps, d'étroites relations scientifiques avec le CNRS.

Les exemples de collaborations ne manquent pas. Ainsi, pour le compte de l'Institut textile de France (ITF) cherche-t-on à comprendre les phénomènes physico-chimiques fondamentaux lors du traitement de surface des matériaux textiles par les décharges électriques et les plasmas. De même, étudie-t-on les comportements mécaniques du bois avec les Centres techniques du bois et de l'ameublement (CTB) et de la forêt tropicale (CTFT). Comment perfectionner les indicateurs d'endommagement des matériaux ? Le Centre technique des industries mécaniques (CETIM) a solli-

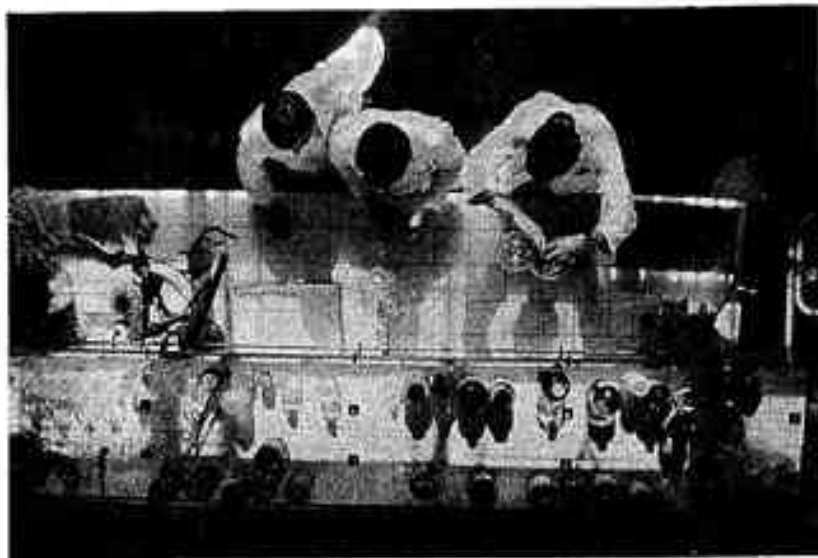
cité le CNRS à ce sujet. Tout comme l'Institut de recherche de la sidérurgie (IRSID) lui a demandé de collaborer à l'étude des nouvelles fontes. De son côté, l'Institut français du pétrole (IFP) accueille, depuis de nombreuses années, des chercheurs du CNRS sur des postes affectés. Des chercheurs des deux organismes se retrouvent réunis sur plusieurs programmes de géophysique, de pétrochimie ou de biotechnologie et l'IFP est bien représenté au Comité national.

Tout naturellement, certains de ces CTI ont signé des accords-cadres avec le CNRS. Régulièrement, lors de comités de coordination et de journées-rencontres organisées par le CNRS, chercheurs et ingénieurs se réunissent afin de discuter sur des thèmes d'intérêt commun.

D'autres rencontres ont également lieu à travers les clubs CRIN (Comité des relations industrielles) du CNRS dont les grands centres techniques sont membres. Tel est le cas, par exemple, des clubs pétrole, mécanique, polymère, thermique ou catalyse.

Il faut aussi se rappeler que pour la mise en place des programmes de recherche soutenus par le ministère de la Recherche et de la Technologie, c'est vers le CNRS que les CTI se tournent. Recherche qui bénéficiera, avant tout, aux entreprises industrielles. Les CTI n'ont-ils pas été les premiers centres de transferts technologiques de la recherche vers les applications ? ■

*Raymonde Blanchard, chargée de mission CNRS. Direction de la valorisation et des applications de la recherche. 15, quai Anatole France, 75700 Paris.



Pour comprendre certains événements fondamentaux liés à leur secteur, les professionnels font souvent appel au CNRS. © CNRS. Photo J.-B. Reichel.

FORMATION

Le CNRS c'est aussi la formation

Michel Charles*

Les 6 et 7 mars dernier, une quarantaine d'industriels français et étrangers ainsi qu'une dizaine de chercheurs se sont réunis au Centre technique de l'industrie horlogère, à Besançon, afin de participer à un stage d'actualisation portant sur les étalons de fréquence.

Jean-Jacques Gagnepan, directeur du Laboratoire de physique et métrologie des oscillateurs (LPMO), responsable scientifique de ces journées, s'était entouré d'intervenants relevant de différents laboratoires du CNRS (LPMO - Laboratoire de l'horloge atomique), d'organismes de recherche extérieurs (Centre national d'études spatiales, Office national d'étude et de recherche ééropatiale, Ecole nationale supérieure de mécanique et des microtechniques, Laboratoire de chronométrie, électronique et piézoélectricité) et de l'industrie (Thomson-CSF, DTAS, Compagnie d'électronique et de piézoélectricité, Oscilloquartz EPRATOM).

Plus de trente industriels venant de France mais aussi de Suisse, d'Allemagne et de Hollande s'intéressant à ces problèmes ont suivi avec profit ce stage. Ces journées sont un exemple des nombreuses actions organisées par le CNRS - Formation, laboratoire propre du CNRS, chargé de diffuser vers l'industrie et les autres organismes de recherche, les connaissances et le savoir-faire détenus au sein des laboratoires. Pour se procurer le programme 1986 on peut s'adresser au laboratoire CNRS - Formation: 27, rue Paul Bert, 94204 Ivry-sur-Seine Cedex. (Contact: Joëlle Hui, (1) 46.72.45.38). ■

*Michel Charles, directeur du CNRS-Formation.

LOGICIELS

INTEGRATION, MAITRISE ET VALORISATION DES LOGICIELS

André Guillaume*

La pratique du logiciel d'application intégré à l'ordinateur tend à se généraliser. Dommage, car la plupart des secteurs de la recherche développent et peuvent fournir des programmes spécifiques.

DE NOMBREUX chercheurs ont pris conscience de la valeur potentielle de leurs travaux d'informatique et de l'intérêt que représente la valorisation des logiciels élaborés dans les laboratoires. L'importance des logiciels de tous types doit, en effet, être reconnue et la valeur de ces produits prise systématiquement en considération, au même titre que celle des matériels.

Les ordinateurs « fermés », dédiés à certaines applications, tendent à se généraliser. Ces machines sont livrées, non seulement avec un logiciel de base, mais aussi avec des logiciels d'application intégrés et codés en mémoires accessibles seulement en lecture. Demain, les logiciels seront couramment implantés directement dans les puces électroniques par les constructeurs. Dans les entreprises comme dans les laboratoires, les chercheurs n'ont peut-être pas suffisamment prêté attention, jusqu'ici, à cette évolution. Certains travaux, dans toutes les spécialités, risquent ainsi d'être bientôt conditionnés, dans une certaine mesure, par des logiciels dont les utilisateurs ne seront pas complètement maîtres. La promotion des logiciels et leur transfert vers l'industrie en vue d'une diffusion internationale devient donc une nécessité.

La France possède quelques bons atouts dans la compétition mondiale. On peut, par exemple, espérer que les ordinateurs réellement scientifiques qui arriveront bientôt sur le marché intégreront les résultats des recherches françaises sur l'estimation des erreurs de calcul engendrées par la structure des machines (en particulier par la méthode CESTAC). Des grands constructeurs, d'ailleurs, s'intéressent à la valorisation de ces travaux. De même, les recherches françaises en intelligence artificielle et dans les domaines faisant appel à l'assistance par ordinateur (de plus en plus asso-

ciées) sont d'un niveau suffisant pour que les logiciels correspondants soutiennent brillamment la comparaison avec leurs meilleurs équivalents étrangers.

Certains organismes ont mis en place, depuis quelques années, des structures permettant d'aider les chercheurs dans leurs démarches de valorisation et de leur permettre d'obtenir de bons produits. On connaît, par exemple, les aides accordées aux laboratoires par l'ADI (Association pour le développement de l'informatique) et par l'ANVAR. Pour sa part, le CNRS n'est pas en reste. Citons, pour mémoire, sa participation à l'Association nationale des logiciels (ANL) ou à d'autres groupements scientifiques spécialisés. Rappelons que l'ANL est un groupement scientifique créé par le CNRS, l'ADI, le CNET, l'INRIA et le ministère de l'Éducation nationale pour faciliter la valorisation des logiciels des laboratoires de recherche : elle réalise, en particulier, l'inventaire des prototypes de logiciels et diffuse des informations par catalogues et centres serveurs. On doit également au CNRS la création de groupes de réflexion - auxquels participent des industriels - tels que le club CRIN « Logiciels en thermique ». C'est aussi le CNRS qui alimente le Fonds de valorisation et les contrats pluriannuels de transfert. De même, il apporte un soutien financier com-

plémentaire aux laboratoires collaborant avec des industriels (abondement des contrats) ainsi que l'assistance matérielle pour l'amélioration de la qualité des prototypes et pour l'impression de la documentation correspondante (un logiciel mal documenté est généralement invendable).

Actuellement, les prototypes de logiciels proposés pour la valorisation couvrent la plupart des secteurs de la recherche (y compris ceux de la médecine et des sciences de la société). Ce fait prouve que les chercheurs et les industriels sont de plus en plus sensibilisés à la valorisation de leurs travaux. On observe, cependant, que certains industriels hésitent encore à se lancer dans ce nouveau domaine de la commercialisation des logiciels issus de laboratoires de recherche.

Mais ceux qui ont osé prendre ce risque et réussissent actuellement le mieux sont souvent des dirigeants de petites entreprises dynamiques qui ont su s'entourer de collaborateurs compétents et garder le contact avec les laboratoires auteurs des logiciels. Il faut rappeler au passage que des conventions de collaboration ou de commercialisation particulièrement souples peuvent permettre à chaque partie de trouver intérêt dans de telles opérations. On doit souligner, par ailleurs, que dans les cas de transferts réussis, les chercheurs et les industriels associés ont su prévoir l'évolution technologique et adapter le logiciel à des matériels dont l'avenir commercial était assuré.

* André Guillaume, chargé de mission CNRS, consultant à l'Agence nationale de valorisation de la recherche, 15, quai Anatole France, 75700 Paris.

Certains travaux, dans toutes les spécialités, risquent d'être bientôt conditionnés, dans une certaine mesure, par des logiciels dont les utilisateurs ne seront pas complètement maîtres. © CNRS/IMAG, Photo : Philippe Flaherty.



LOGICIELS

Intégrer les symboles scientifiques au traitement de texte

Gilles Requillé*

Un système de traitement de texte qui édite tous les types de symboles scientifiques. C'est la fin des ennuis pour tous les auteurs de rapports techniques, de thèses ou de publications.

L'UN DES ENNUIS actuels des laboratoires est de pouvoir inclure dans un texte, d'une manière occasionnelle ou continue, des caractères ou symboles spéciaux de type mathématique ou chimique.

De ce point de vue, la solution graphique sera certainement, dans l'avenir, une bonne réponse. Mais personne n'est encore capable, à ce jour, de traiter simultanément le texte et le graphique d'une manière perfor-

manente et satisfaisante. Reste alors la solution du traitement de texte dit « scientifique ».

Jusqu'à présent, les modèles proposés aux utilisateurs possédaient des jeux de caractères spéciaux en nombre limité et difficilement modifiables, sinon au prix d'une intervention coûteuse sur le matériel ou le logiciel en mémoire morte. Cette caractéristique, outre son manque de souplesse, accroissait considérablement la dépendance de l'utilisateur vis-à-vis du constructeur ou du revendeur du matériel, alors en situation d'imposer ses solutions et ses prix.

Le prototype de logiciel de traitement de texte scientifique multicaractère automatique créé par le Laboratoire de chimie de coordination organique, a été confié à la société française MPU pour être implanté sur une large gamme de machines.

Cette hypothèque peut être levée par le Laboratoire de chimie de coordination organique. En effet, le logiciel-prototype qu'il a développé et mis au point va transformer radicalement le traitement de texte Wordstar édité par Micropro. Lequel est actuellement le plus diffusé mondialement et reste l'un des plus performants, en véritable traitement de texte multicaractère automatique, aussi bien à l'édition d'écran qu'à l'impression.

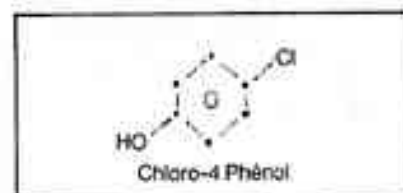
Sa caractéristique principale? Chaque jeu de caractère spécial est entièrement reconfigurable par l'utilisateur. Ces jeux sont stockés dans des fichiers disques appelés par la simple frappe d'une touche de fonction du clavier. Il est possible d'appeler ins-

tautamment deux jeux spéciaux différents. Un utilitaire permet de créer ces fichiers en « dessinant » la matrice de chaque caractère point à point.

Tous les types de symboles sont donc réalisables. Soit par l'utilisation d'un caractère simple, soit par le regroupement de caractères pouvant constituer des modules mémorisables et accessibles à tout moment. Un nombre illimité de fichiers peut être créé, donnant accès à autant de types de jeux de caractères que l'on souhaite.

L'utilisateur a donc à sa disposition une véritable station de bureautique scientifique pour rédiger et imprimer ses rapports techniques, thèses ou publications, tout en conservant, bien sûr, l'intégralité des fonctions habituelles du traitement de texte.

La société française MPU (dans le cadre d'un contrat de collaboration de recherche



C'est la machine qui dessine automatiquement la molécule.

avec le CNRS) est chargée d'implanter ce logiciel sur une large gamme de machines fonctionnant sous MS-DOS (en particulier sur IBM/PC et sa famille de compatibles) ainsi que sur de multiples imprimantes possédant, entre autre, d'excellentes qualités d'impression. La société Micropro (d'origine américaine), concepteur de Wordstar, a présenté ce prototype de logiciel lors du récent SICOB de printemps.

* Gilles Requillé, ingénieur CNRS, Laboratoire de chimie de coordination organique, LA 04-255, université de Paris-Sud 91405, Centre d'Orsay Cedex.

LANGAGE ET PROGRAMMATION

FORGER LES OUTILS DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

Robert Cori*

Modélisation du raisonnement mathématique, langages de haut niveau se rapprochant du langage naturel, ou encore machines dédiées au langage : les interactions entre les recherches fondamentales et appliquées ne manquent pas dans le domaine qui préoccupe la vingtaine d'équipes réunies au sein du GRECO « Programmation avancée et outils pour l'intelligence artificielle ».

L'E GROUPEMENT de recherches coordonnées (GRECO) « Programmation avancée et outils pour l'intelligence artificielle » est articulé autour d'une vingtaine d'équipes réparties dans des laboratoires associés au CNRS, à l'INRIA, au CNET et dans

d'autres organismes publics et privés. Les activités de recherches, divisées en projets, concernent le domaine de l'informatique fondamentale. Elles nécessitent une expérimentation sur machine, des idées développées et des logiciels construits. Celle-ci s'ef-

fectue principalement à l'université de Bordeaux I sur ordinateur VAX 780 disposant du système Unix.

Les thèmes de recherche développés sont très largement inspirés de questions rencontrées dans les multiples tentatives d'accroissement du champ d'application de l'informatique. De ce fait, les retombées pratiques de ces recherches sont nombreuses. Si les produits logiciels réalisés par les chercheurs ne sont pas nécessairement utilisables dans l'industrie, les idées développées et les études effectuées sont, dans de nombreux cas, valorisables.

Parmi les projets les plus fondamentaux figure la modélisation du raisonnement mathématique. Une grande partie des espoirs de pouvoir, un jour, générer automatiquement un programme à partir de la formulation d'un problème est liée aux succès obtenus dans ce domaine.

En marge de cette question figurent la définition de langages de haut niveau se rapprochant du langage naturel (par opposition au langage machine) et la réalisation

d'interpréteurs et compilateurs. C'est là un des points forts des chercheurs français en programmation, réunis au sein du GRECO. Ainsi, Prolog est un langage qui a maintenant acquis une diffusion internationale. Certaines applications de ce langage (écrites en partie par des chercheurs du GRECO) sont diffusées par des sociétés de service (Prologia, GRIL).

De même, les équipes françaises sont au cœur du développement et de l'utilisation du langage Lisp: le logiciel Lelisp développé par une équipe de l'INRIA connaît de grands succès dans des applications très diverses.

Ce savoir-faire accumulé dans le domaine des langages est maintenant utilisé dans la réalisation de machines-langages. Ainsi en est-il du projet de fabrication d'une

machine dédiée au langage Lisp. Cette machine (Maia) est développée par le CNET et la CGEE et sera diffusée par une société de Bayonne (Amaja). La compétence des chercheurs du GRECO a permis une collaboration soutenue entre concepteurs et réalisateurs.

En complément d'un bon langage de programmation permettant d'écrire des programmes courts et efficaces, il est nécessaire d'obtenir des moyens qui permettent de communiquer ces programmes à la machine. Il s'agit là de tout le domaine des environnements de programmation comprenant les éditeurs de texte ou spécialisés, des outils de mise au point, des logiciels de vérification de correction de programme. Une bonne partie des équipes du GRECO travaille dans ce domaine. L'un des produits les plus connus dans les milieux des producteurs de logiciels est le système Mentor utilisé dans de nombreux laboratoires et quelques sociétés de service.

Dans le domaine de l'algorithmique (très développé au sein de la formation), la découverte de méthodes efficaces permet de rendre effectivement réalisable une application qui pourrait nécessiter des jours, voire des mois de calculs. Les utilisateurs de graphiques et d'images sont très demandeurs de ce type d'algorithmes.

Les interactions entre recherche fondamentale et recherche appliquée apparaissent donc comme très nombreuses en informatique. La participation de multiples équipes au projet européen Esprit, en liaison avec des sociétés de service et des industriels, en témoigne. De même, le développement de logiciels sous Unix facilite le problème du transport d'une machine à une autre. Et nombreux sont les logiciels disponibles sur la machine française SM 90, qui sont le fruit du travail des chercheurs du GRECO.

Si notre formation ne conclut pas directement d'accords de valorisation avec des sociétés, elle souhaite néanmoins favoriser largement le transfert des connaissances et du savoir-faire: par l'organisation et la participation à des réunions destinées au secteur des entreprises, par la mise sur pied de stages de formation permanente et par la diffusion des résultats de recherche. ■

Les travaux d'équipes du CNRS, de l'INRIA et du CNET, associées avec le GRECO « Programmation avancée et outils pour l'intelligence artificielle », ont donné naissance à une machine-langage développée par la CGEE et diffusée par la société Amaja. Ce GRECO participe également à la conception de logiciels adaptés au dialogue avec les machines.

*Robert Cori, professeur, Programmation avancée et outils pour l'intelligence artificielle, GRECO 13-0036, université de Bordeaux I, 351, cours de la Libération, 33405 Talence.

SYSTEMES-EXPERTS

La machine qui sait tout sur un sujet

Marie-Christine Rousset*

Du bridge à la prévision de brouillard intense sur les aéroports, le domaine d'application des systèmes-experts s'élargit de plus en plus.

QUEST-CE QU'UN EXPERT? Une personne ayant en mémoire l'ensemble des connaissances dans un domaine donné. Mais la mémoire ne suffit pas à cet expert. Il doit également posséder la faculté de raisonnement qui lui permettra d'utiliser les informations qu'il possède afin de répondre mentalement à une série de questions pour, enfin, énoncer la solution d'un problème qui lui est posé.

Les systèmes-experts, qui ont fait leur apparition en informatique il y a une quinzaine d'années, jouent précisément le rôle d'un expert. Ils sont composés d'une base de connaissances et d'un programme — le moteur d'inférences — qui construit les raisonnements à partir de la base de connaissances. Il existe, à l'heure actuelle, une di-

Le Laboratoire de recherche en informatique d'Orsay développe des systèmes-experts avec des volcanologues, le BRGM, la Météo et la société TRT.

zaine de systèmes de ce genre en France. Principalement dans les domaines de la médecine, de la robotique, de la mécanique, de l'électro-mécanique et de la géologie.

Le Laboratoire de recherche en informatique d'Orsay travaille depuis plusieurs années sur le développement d'applications et sur la définition de méthodologies dans les systèmes-experts. Il a développé, en particulier, deux moteurs d'inférences (Tango et Zéro +). Le premier est adapté à la construction de tels systèmes dans des domaines complexes comme le calcul des primitives ou... le jeu de la carte au bridge. L'ob-

jectif de Zéro + est, pour sa part, de développer un outil de base robuste et efficace permettant de tester rapidement de nombreuses bases de connaissances. Les domaines d'applications et de valorisation? L'analyse acoustico-phonétique, l'étude de risques volcanologiques (avec l'équipe d'Haroun Tazieff), la prospection minière (avec le BRGM), la prévision de brouillard intense sur les aéroports (avec la Météo), le diagnostic des pannes dans les réseaux de données (avec la société TRT), etc.

Les recherches du laboratoire sur les systèmes-experts concernent également le domaine très prometteur de l'enseignement assisté par ordinateur. L'objectif à court terme étant de réaliser un système capable de fournir une solution commentée; les commentateurs devant être adaptés à chaque élève. A plus long terme on espère que ce système sera également « pédagogique ». ■

*Marie-Christine Rousset, Laboratoire de recherche en informatique, université de Paris-Sud, 91405 Orsay Cedex.

RECONNAISSANCE DE LA PAROLE

ENJEUX ET PERSPECTIVES DE LA COMMUNICATION PARLÉE

René Carré*

Si nous ne voulons pas être condamnés, d'ici quelques années, à communiquer en anglais avec les machines, un énorme effort reste à accomplir en synthèse et reconnaissance de la parole.

POUR LES PROCHAINES ANNÉES, les principaux laboratoires qui travaillent sur la communication parlée vont être soumis à une forte demande venant du secteur aval sans pouvoir réellement répondre aux besoins. La tentation sera grande d'essayer d'améliorer tel ou tel défaut alors qu'il semble bien que des progrès significatifs passent, aujourd'hui, par un accroissement considérable des recherches fondamentales.

Les applications que l'on rencontre à l'heure actuelle sont le résultat de travaux fondamentaux des années 1960-1975. C'est le développement des circuits intégrés qui a permis, depuis 1980, l'apparition de nombreux produits. Ces produits et les circuits rencontrés sont bien maîtrisés par de multiples sociétés françaises. Les nouveaux objectifs des laboratoires de recherche consistent donc à reprendre des hypothèses de travail souvent anciennes et qui méritent, aujourd'hui, d'être reconsidérées. Ils doivent considérablement intégrer le développement des études sur la langue française en liaison avec les phonéticiens. Ils doivent permettre d'exploiter les outils de l'intelligence artificielle pour gérer un nombre de plus en plus grand de connaissances. Enfin, les chercheurs doivent effectuer leurs travaux en étant en permanence conscients des possibilités de l'intégration des circuits pour permettre un passage rapide vers l'industrie.

Dans tous les systèmes de synthèse de la parole, il est nécessaire de disposer d'une génération automatique de la prosodie. Elle dépend naturellement de la langue. Pour ceci, une analyse syntaxique (et parfois sémantique) des phrases est à prévoir. Les données, pour effectuer aujourd'hui ces travaux, sont plutôt rares.

Enfin, sans laisser entendre que les futurs systèmes de synthèse seront des copies de l'appareil vocal humain, une modélisation plus fine de cet appareil peut nous aider à mieux comprendre les phénomènes mis en jeu.

Au niveau du prétraitement en reconnaissance de la parole, deux limitations fondamentales sont à considérer : la dépendance au locuteur et la sensibilité des systé-

mes à un environnement bruyant. On peut penser qu'une meilleure connaissance du système auditif périphérique doit faire apparaître des procédés de normalisation, des procédés d'amélioration du rapport signal sur bruit et des techniques de détection de propriétés du signal acoustique qui sont utilisées ultérieurement pour le décodage des sons.

Toutes les connaissances permettant de développer le dialogue homme-machine par la parole sont regroupées au sein du **Groupe de recherches coordonnées « Communication parlée »**.

Dans le domaine de la communication parlée d'une manière générale et, en particulier, en reconnaissance de parole, l'approche « intelligence artificielle » est bien adaptée.

Toutes les perspectives de dialogue homme-machine au moyen de la parole impliquent une connaissance fine des caractéristiques de la langue française parlée (au niveau du signal acoustique, au niveau phonétique et phonologique, lexical, syntaxique, etc.). Seules des bases de données sur les sons et sur les résultats d'analyse de ces sons permettent à la communauté nationale une exploitation efficace des données pour des applications en synthèse ou en reconnaissance. Un énorme effort est à accomplir dans ce sens si nous souhaitons

pouvoir, dans quelques années, « dialoguer » avec la machine en français et non en anglais.

De tels travaux impliquent une forte coordination sur le plan national. Elle est effectuée par le Groupement de recherches coordonnées du CNRS « Communication parlée ». Lequel regroupe les principaux laboratoires français travaillant dans le domaine.

Toutes ces unités ont besoin d'outils appropriés à leurs recherches. La construction de bases de données nécessite, en effet, la mise en place de systèmes spécialisés de gestion, de mémoire et de traitement. A cette seule condition des statistiques pourront alors être correctement entreprises. Un gros travail a déjà été fait dans le cadre du GRECO « Communication parlée ».

Où en est la France dans ce domaine de la parole ? A l'évidence les travaux de nos chercheurs ont acquis une bonne réputation. Leurs laboratoires ont adopté une démarche pluridisciplinaire qu'il est possible d'intensifier encore. Les liaisons avec la phonétique, l'intelligence artificielle, etc., facilitent, en permanence, la mise en place de nouveaux projets et relancent de nouvelles dynamiques.

On peut voir, en complémentarité et concurrence, trois démarches fondamentales : l'une, de type anthropomorphe, aboutissant à de nombreux modèles ; la deuxième, de type apprentissage, à partir des sons du français sur lesquels sont effectuées des statistiques ; enfin, une démarche de type système-expert où des connaissances élémentaires ou bien plus sophistiquées sont formalisées. Les résultats obtenus devront en permanence être comparés. Ils seront exploités dans des applications conséquentes.

Paroles en l'air

Jean-Sylvain Liénard*

Grâce à l'arrivée des micro-processeurs, les recherches théoriques dans la reconnaissance de la parole ont pu faire un bond en avant. Et déboucher sur des applications aussi poussées que le pilotage d'avions de combat par commande vocale.

EN SYNTHÈSE de la parole, on peut distinguer deux grandes tendances. L'une consiste à restituer des mots ou de courtes phrases, initialement prononcés par un être humain, et mémorisés dans le silicium après divers traitements numériques destinés à réduire leur volume d'information. Rappelons à ce propos qu'il faut à peu près autant de mémoire pour coder vingt pages de texte que pour coder une seconde de signal de parole. Le vocabulaire ne peut donc guère dépasser quelques centaines de mots. Il est figé et les mots ne peuvent pas être assemblés en une phrase pourvue d'une intonation naturelle.

*René Carré, directeur de recherche CNRS, Institut de la communication parlée, LA 368 CNRS, INPG-ENSERG - 46, avenue Félix Viallet, 38031 Grenoble Cedex.

L'autre tendance est la transformation complète du texte écrit en parole intelligible et naturelle. Il n'y a plus, alors, de limitation de vocabulaire. Mais les processus mis en jeu sont d'une autre complexité. Ils supposent la traduction phonétique du texte, la connaissance des transitions d'un son au suivant, la génération du son et le calcul automatique de la prosodie, c'est-à-dire la musique de la parole. Ces processus linguistiques et expressifs sont encore imparfaitement connus, et la voix de synthèse à partir du texte ne peut dissimuler son origine artificielle. Si un circuit de synthèse par mots est maintenant disponible pour quelques centaines de francs, un système de synthèse à partir du texte est de dix à cent fois plus cher.

Le Laboratoire d'informatique pour la mécanique et les sciences de l'ingénieur (LIMSI) a mis au point des prototypes de synthèse de la parole tenant chacun sur une carte à microprocesseur standard. C'est la société Veeys, une PME, qui en assure l'industrialisation. Avec la société Crouzet, le LIMSI a également développé un système de reconnaissance vocale adapté au pilotage des avions de combat.

En reconnaissance de la parole on peut aussi distinguer deux approches différentes. La reconnaissance par mots fonctionne correctement moyennant certaines contraintes imposées à l'utilisateur. En revanche, la reconnaissance de la parole continue sera encore sans doute longtemps le sujet de recherches fondamentales. Recherches pour lesquelles la coopération d'acousticiens, d'informaticiens, de linguistes et de psychologues est absolument nécessaire.

Vers 1965, une équipe du Laboratoire d'acoustique musicale de l'université de Paris VI avait mis au point une méthode originale de synthèse de la parole à partir de spectrogrammes schématisés (diphonèmes), relayés au moyen d'un appareil électronique à lecture optique, baptisé Ico-phone. Cette étude avait été menée sans but explicite, par simple curiosité scientifique. La méthode était transposable sur ordinateur muni d'un programme de traduction phonétique, le procédé Ico-phone était breveté en 1968. Par la suite, divers contrats ont permis de construire au Laboratoire d'informatique pour la mécanique et les sciences de l'ingénieur (LIMSI) un prototype industriel, l'Ico-phone V, terminé en 1974. Mais la synthèse à partir du texte venait trop tôt. Aucun acheteur ne se présenta et les chercheurs se tournèrent plutôt vers la reconnaissance de la parole.

Ils avaient mis au point des algorithmes efficaces de reconnaissance par mots lorsque, vers 1976, se généralisa l'utilisation des micro-processeurs. Ils furent bientôt en mesure de présenter des prototypes de synthèse à partir du texte (Ico-log, reposant sur le procédé Ico-phone) et de reconnaissance (Moïse, par mots isolés, puis, plus récemment, Mozart, par mots articulés, ou enchaînés) tenant chacun sur une carte à microprocesseur standard. Ceci coïncida



Cette section sociale mène au point au LIMSI demande au visiteur de prononcer son nom, puis un mot de parole confidentiel. Elle ne s'active que si la vérification est positive. Le prototype figurant sur la photo est prêt à être exploité industriellement. © LIMSI.

avec l'époque (1979) où les recherches sur la parole, perçues jusque là comme exotiques, devenaient populaires. Pour faire face à la demande, le LIMSI passa un accord avec une petite société, Veeys, PME de quelques personnes, qui acheta le savoir-faire du CNRS et industrialisa les cartes. Aujourd'hui, cette société a commercialisé plusieurs centaines de cartes auprès d'utilisateurs variés, et s'est constituée une bonne image de marque dans le domaine. Une coopération fructueuse s'est établie, Veeys assurant une interface industrielle pour laquelle les chercheurs n'ont ni le temps ni la compétence nécessaire.

La coopération du LIMSI avec la société Crouzet est liée à la précédente, mais d'une nature légèrement différente. Il y a dix ans environ qu'un ingénieur de cette société, après avoir visité le laboratoire, a pressenti l'intérêt de la commande vocale (synthèse et reconnaissance intégrées au calculateur de bord) dans la tâche de pilotage d'un avion d'armes. Plusieurs études menées en commun avec l'aide de la Direction des recherches, études et techniques (DRET) ont confirmé ce point de vue. L'éméraire à l'époque. Une collaboration suivie a abouti

à mettre la France dans les tout premiers rangs de cette technique. Un Mirage IIIIR équipé de la commande vocale fait l'objet d'essais en vol depuis plusieurs années. De plus, Crouzet a constitué une équipe d'ingénieurs qui maîtrise parfaitement les techniques de reconnaissance, et les améliore dans le cadre de l'application visée.

Dans un domaine aussi nouveau que la communication parlée, il ne peut y avoir de transfert industriel de quelque envergure que dans la mesure où il existe une demande et un marché. Et il ne peut y avoir de marché que si les utilisateurs potentiels sont correctement informés de l'état des techniques. A eux de mettre en œuvre les applications les plus utiles à la société. Applications souvent très différentes de celles que pouvaient imaginer les chercheurs. L'information scientifique - la vulgarisation bien comprise - doit être considérée comme une forme de valorisation préalable.

Jean-Sylvain Liébard, maître de recherche CNRS, Laboratoire d'informatique pour la mécanique et les sciences de l'ingénieur (LIMSI), université de Paris XI, BP 30, 91406 Orsay Cedex.

TRAITEMENT DU LANGAGE

L'ordinateur comprend le français courant

Gérard Sahah*

Le langage naturel, qui nous paraît si simple, l'est beaucoup moins lorsqu'on veut l'appliquer dans le dialogue avec les machines. On commence pourtant à en savoir beaucoup plus sur la question.

UN MEME MOT qui a des sens différents, deux phrases distinctes qui signifient la même chose, des non-dits lourds de sens... Les langues naturelles sont pleines de systèmes, de pièges et de particularités qui ne se laissent pas appréhender par la logique classique.

Les échecs des premières tentatives de traduction automatique (il y a environ vingt-cinq ans) ont permis de mettre en évidence la nécessité de comprendre réellement un texte pour le traiter efficacement. On s'est aperçu alors qu'il fallait, pour ce faire, fournir beaucoup de connaissances à la machine, ce qui parut, à l'époque, totalement chimérique. Depuis, un vent plus optimiste souffle chez les linguistes et les informaticiens. Dans le dialogue homme-machine, des applications telles que le dictionnaire électronique sont déjà entrées dans les mœurs, aujourd'hui aussi banales que celles de la bureautique.

L'équipe « Informatique linguistique », alors membre du groupe de recherche Claude-François Picard, a réalisé une ma-

L'équipe « Informatique linguistique » du groupe de recherche Claude-François Picard a réalisé la maquette d'un système permettant d'interroger les pages jaunes de l'annuaire téléphonique en langage courant.

quette permettant d'interroger les pages jaunes de l'annuaire téléphonique. Ce système utilise un analyseur de phrases qui intègre syntaxe et sémantique et comprend le français courant. Il reconnaît divers types de questions et propose des réponses adéquates, directes s'il le peut, approximatives, sinon.

Les notions de synonymies approchées mises en place permettent, par exemple, de

proposer un démenageur de pianos pour transporter un coffre-fort (les deux objets étant lourds). La maquette est également capable d'identifier le sujet général dont on parle, le point particulier que l'on développe. Elle peut même faire face à un interlocuteur qui passe d'un thème à un autre.

Il s'agit bien donc, à travers cette réalisation, d'un dialogue « intelligent » où l'utilisateur peut intervenir d'une façon active et où les conventions des conversations entre humains sont respectées.

*Gérard Sabah, chargé de recherche CNRS, Groupe de recherche Claude-François Picard, GR 05-0022, Structures de l'information (LIMS), 4, place Jussieu, université Paris VI - 75230 Paris Cedex 05.

DOCUMENTATION AUTOMATIQUE

Cinq chercheurs qui créent une société

C. Fluhr*

Les cinq chercheurs qui se sont associés pour industrialiser le fruit de leurs travaux sur la documentation automatique trouvent bien des avantages à cette formule.

LE PROBLÈME essentiel de la documentation automatique est de permettre l'accès à des textes (livres, articles, rapports), non seulement par des informations signalétiques (nom de l'auteur, date de parution, titre, etc.), mais surtout par le contenu informationnel des textes eux-mêmes.

La société Systex qui industrialise le système Spirit mis au point par ses membres en a confié la commercialisation à la CISI. Bull a acquis ce système.

Une première remarque vient à l'esprit. De même que le documentaliste utilise les mêmes règles pour indexer les documents et décrire la question de l'utilisateur, on devra, dans un système automatique, avoir un traitement homogène des textes et des questions. Cela implique donc la possibilité d'exprimer la question ou le problème à résoudre en langage naturel, ce qui rend accessible le système d'interrogation à l'utilisateur final.

*C. Fluhr, professeur à l'Institut national des sciences et techniques nucléaires (INSTN), CEN-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette.

Actuellement, les recherches portent surtout sur l'introduction de raisonnements automatiques capables de reformuler la question selon des expressions plus proches de celles contenues dans des textes et cela afin de s'approcher d'une certaine exhaustivité dans la recherche des documents pertinents.

Il est important de souligner l'extrême difficulté de mettre au point des systèmes de traitement linguistique ou de raisonnement automatique dans le cas de la documentation automatique car il faut être capable de traiter, à tout moment, des bases de données textuelles dans n'importe quel domaine et portant, chacune, sur des univers sémantiques très larges.

On doit également savoir que ces études sont très longues. Trouver le moyen de faire une analyse linguistique automatique traitant n'importe quel texte, avec un coût informatique acceptable, demande une dizaine d'années d'efforts. C'est le cas de l'équipe qui a développé le système Spirit. Les travaux de recherche fondamentale sur le traitement du langage naturel avec des algorithmes à apprentissage et l'étude de modèles statistiques se sont déroulés de 1969 à 1979. Ils ont été entamés par le CEA qui a été épaulé, à partir de 1974, par le CNRS.

En 1979, l'équipe conceptrice (qui comprenait une dizaine de personnes dont un seul titulaire d'un poste fixe) décide de créer une SARI (Systex) pour industrialiser les méthodes précédemment mises au point. Dans un premier temps la société a passé un contrat avec Bull pour introduire des traitements linguistiques autour du logiciel Mistral. Dans un deuxième temps, Systex a décidé de réaliser un logiciel documentaire autonome. Pour ce projet, elle a bénéficié d'une aide à l'innovation de l'ANVAR (1981) et de l'aide de la société CISI qui commercialise le logiciel Spirit.

Depuis, d'autres applications ont été réalisées, utilisant la même technologie d'analyse du langage - détection et correction d'erreurs pour l'édition; réalisation de sous-titres Antiope en temps réel pour les sourds à partir d'une saisie sténographique en

coopération avec le Laboratoire d'informatique pour la mécanique et les sciences pour l'ingénieur (LIMS) sur contrat Centre commun d'études de télévision et télécommunications; participation aux recherches sur la dictée vocale (avec le LIMS); étude d'une machine base de données textuelles (avec Copernique).

La création d'une société tampon entre les chercheurs et les industriels qui commercialisent, présente de nombreux avantages en particulier dans le cas où les chercheurs contrôlent cette société. Un montage de ce type garantit un droit de regard sur l'utilisation des recherches. Il permet aussi au chercheur de pouvoir s'appuyer sur une structure industrielle attentive à ses problèmes pour la réalisation de certaines expérimentations.

La réalisation de logiciels industriels et leur utilisation sur des données réelles de très grand volume (et donc de coût de traitement important) donne au chercheur des outils nouveaux et des données nouvelles pour poursuivre sa réflexion scientifique. Ce qui n'aurait pas été possible avec un budget de laboratoire de recherche. On peut faire remarquer que Systex fait bénéficier de ses produits, non seulement les chercheurs qui la contrôlent, mais aussi l'ensemble des laboratoires avec lesquels ils sont en relation (LIMS, Linguistique mathématique appliquée à l'informatique juridique, Institut national des sciences et techniques nucléaires).

De plus, dans le cas de Systex, jusqu'à présent, la totalité des bénéfices a été réinvestie dans la recherche et le développement. Les chercheurs jouissent, par exemple, des facilités de ressources en ordinateurs que met la société à leur disposition.

En ce qui concerne les transferts de personnes entre la recherche et l'industrie, dans le cas de Systex, parmi les cinq chercheurs ayant créé la société, deux d'entre eux sont passés définitivement dans le secteur industriel. Les autres, après s'être plus ou moins longtemps impliqués dans le lancement de la société, sont revenus dans le secteur de la recherche, la partie développement des produits industriels étant achevée.

LEXIQUES AUTOMATIQUES

Premier prix de français: la machine

Maurice Gross*

En conjugant leurs savoirs, des linguistes et des informaticiens ont réalisé des lexiques gérés par ordinateurs dont les applications intéressent beaucoup les industriels du traitement de l'information.

IL Y A « COUVENT » et « couvent ». Ici, il s'agit du lieu monacal et là, du verbe couvrir. À l'heure de la traduction assistée par ordinateur, de la reconnaissance vocale et de la correction automatique des fautes d'orthographe, il serait fâcheux que les machines commettent un contresens devant pareils homographes.

Pour parer à de tels risques, le Laboratoire d'automatique documentaire et linguistique réalise des lexiques et des grammaires gérés par ordinateur. Ces outils résultent de travaux de recherches fondamentales interdisciplinaires en informatique et linguistique. De ce fait, ils ne contiennent que des informations d'une grande fiabilité. Information morphologique sur la variation des mots (conjugaison, mise au pluriel ou au féminin). Informations syntaxiques sur les variations de formes de phrases (description des prépositions, des verbes, des pronoms, du passif). Ces lexiques ne comportent pas d'informations sémantiques qui, par exemple, seraient particulières à un domaine technique.

Ces différents lexiques élaborés par le laboratoire sont présentés d'une manière aussi indépendante que possible des applications. Ainsi, par exemple, le dictionnaire Delaf (environ 50.000 mots), comporte les codes grammaticaux qui permettent d'engendrer un lexique Delaf d'à peu près 350.000 mots fléchis (verbes conjugués à tous les temps simples, féminin et pluriel des noms et des adjectifs).

Ses utilisations potentielles sont variées: reconnaissance d'une entrée de dictionnaire à partir d'une forme fléchie en vue

d'une analyse syntaxique, détection et correction de certaines fautes d'orthographe d'usage dans des systèmes de traitement de texte ou de reconnaissance de caractères imprimés, consultation pour jeux philologiques, etc.

AGA	SALAS	SOIS
ALLA	SANAS	SIS
ANA	SAPAS	GNOGOMU
APA	SAS	SOLOS
AVVA	SARSAS	SAS
AXA	SELLES	TALAT
BOB	SEMAIES	TALLAT
ELLE	SEVES	TANNAT
ERE	SENES	TAPAT
ERRE	SENNES	TARAT
ESSAYASSE	SERRIES	TASSAT
ESSE	SES	TATAT
ETE	SEVES	TAXAT
ETETE	SENES	TEY
EUJ	SHAHU	TOT
GAG	RADAR	TUT
ICI	REER	
KAYAR	REHER	
LEBEL	RESSASSER	
NANON	RETATER	
NON	REVER	
PEP	ROTOR	
POP	SAGAS	

Liste des palindromes formés en groupement de mots pouvant être lus indifféremment dans les deux sens sans en conservant la même signification) du français extraite du lexique DELAF des 350.000 mots fléchis. Cette liste n'est pas exhaustive, car le contenu des dictionnaires dépend du niveau de langage. Ainsi, on pourrait ajouter le mot « SEMOS », pluriel de l'abréviation de « SEMOS », ou bien encore le verbe « RENNER », trouver les révers dans l'usage il est pas très réversible.

Un autre lexique de près de 11.000 verbes décrit, pour sa part, les phrases simples du français. Il intervient dans les applications à base d'analyse syntaxique et de génération automatique de textes. D'autres lexiques syntaxiques analogues sont en cours de construction pour d'autres catégories (noms, adjectifs, etc.).

Bull, Intertechnique, le CNET et Eurosoft suivent de très près les travaux du Laboratoire d'automatique documentaire et linguistique.

Par ailleurs, l'étude des termes composés a abouti à un recensement de plus de 15.000 verbes composés (« prendre en considération », etc.), de plus de 4.000 adjectifs composés (« tout à fait », etc.). Un lexique des noms composés (« pomme de terre », etc.), évalué à plus de 200.000 termes, est en cours d'élaboration.

Tous ces lexiques intéressent au plus haut point certaines entreprises industrielles ou les services gravitant autour du traitement de l'information. C'est le cas, par exemple, de Bull et Intertechnique dont les systèmes de traitement de texte sont liés à la correction orthographique. C'est le cas, encore, du CNET (travaillant sur des générateurs de texte avec intonation) ou d'Eurosoft pour la correction orthographique de ses programmes d'enseignement assisté par ordinateur.

ORTHOGRAPHE AUTOMATIQUE

Rêve de cancre

Nina Catach*

Parler à un ordinateur et se faire comprendre de lui, c'est déjà bien. Mais si votre interlocuteur électronique retransmet vos paroles et vos écrits sans la moindre faute d'orthographe, voilà qui est encore mieux. Les chercheurs sont sur la bonne voie.

C'est toute la bureautique qui est concernée par les travaux du Groupement de recherches sur les textes modernes.

DEMAIN LES MACHINES à écrire, les machines à traitement de texte, les ordinateurs et les mini-ordinateurs corrigeront eux-mêmes les fautes d'orthographe de leurs utilisateurs. Un rêve de mauvais élève? Nullement. D'ores et déjà il existe un certain nombre de logiciels de correction. Malheureusement ils ne traitent que l'orthographe d'usage en se contentant de comparer le mot tapé sur le clavier à un dictionnaire pré-enregistré. Ils ne trouveront rien à redire, par exemple, à la lecture d'une phrase du genre: « Les pilote ferme les porte ».

Le CNRS est actuellement en train d'aider à franchir un pas supplémentaire dans la chasse aux fautes d'orthographe. L'équipe de recherches sur les orthographes et systèmes d'écriture travaille sur un projet de logiciel qui devrait permettre le redressement automatique de tous les types de fautes: typographiques, lexicales, phonétiques (dans une certaine mesure) et morphosyntaxiques (tels les accords de participes). Ainsi, dans les cas les plus simples, la correction sera faite après simple affichage, en tapant sur une touche. Dans les cas les plus complexes, la correction sera assistée et optimisée, c'est-à-dire qu'une solution sera conseillée plutôt qu'une autre.

La correction automatique des fautes d'orthographe intéresse, en premier lieu, le secteur de la bureautique. De plus, les recherches faites en ce sens sont indispensables pour passer, demain, à la dictée automatique. Dans cette étape ultime l'homme parlera directement à la machine qui éditera un texte écrit sans faute. Un tel objectif ne pourra être atteint que lorsqu'un certain nombre de problèmes phonétiques et linguistiques seront résolus.

* Maurice Gross, professeur responsable du Laboratoire d'automatique documentaire et linguistique (LADL), U.A. 07-0247, université de Paris VII, 2, place Jussieu, 75221 Paris Cedex 05.

* Nina Catach, directeur de recherche CNRS, Groupement de recherches sur les textes modernes, CNRS-HESO, histoire et structure des orthographes et systèmes d'écriture, ER 113, 27, rue Paul-Bert, 94204 Ivry-sur-Seine.

PHONETIQUE

La Marine voulait tester ses codages

Mario Rensi*

Pour tester l'intelligibilité de ses machines à transmettre oralement les ordres, la Marine nationale a utilisé une méthode mise au point par des phonéticiens.

LA COMMUNICATION verbale s'établit entre le locuteur et l'auditeur. Chez le locuteur la phonétique étudie les processus d'encodage, c'est-à-dire les mécanismes qui permettent de passer des ordres neuro-moteurs de haut niveau aux articulations périphériques et à l'objet acoustique; chez l'auditeur, elle étudie les processus de décodage, c'est-à-dire la façon dont le système auditif traite le signal acoustique pour en extraire l'information utile à la compréhension du message. Ces deux pôles de la recherche phonétique délimitent les différents domaines de la valorisation: celui de la pathologie (audioprothèse, orthophonie et correction des troubles du langage, orthophonie), celui du dialogue homme-ma-

chine (synthèse de la parole, reconnaissance automatique de la parole, intelligibilité de la parole codée à bas débit) et, enfin, celui de la didactique des langues (applications des résultats de nos travaux aux méthodes d'enseignement des langues étrangères ou du français aux étrangers).

Un exemple permettra d'illustrer la façon dont les résultats de nos recherches peuvent être valorisés dans le domaine du dialogue homme-machine. Nous avions, en 1973, mis au point en collaboration avec un ingénieur d'IBM, J.P. Peckels, un test d'intelligibilité. Ce test, dit de rimes, permettait d'évaluer et de chiffrer le taux d'intelligibilité de la parole à la sortie des systèmes de transmission et d'établir un diagnostic sur l'état du codeur de parole.

Ce test contient des paires de mots qui ne sont différenciés que par l'une des caractéristiques phonétiques contenues dans la consonne initiale (exemple: pile/hile et mil/Nil). La première paire se différencie par le trait de voisement (absence ou présence de vibrations des cordes vocales), la seconde, par le trait de gravité («m», consonne labiale, est grave tandis que «n», consonne dentale, est aiguë).

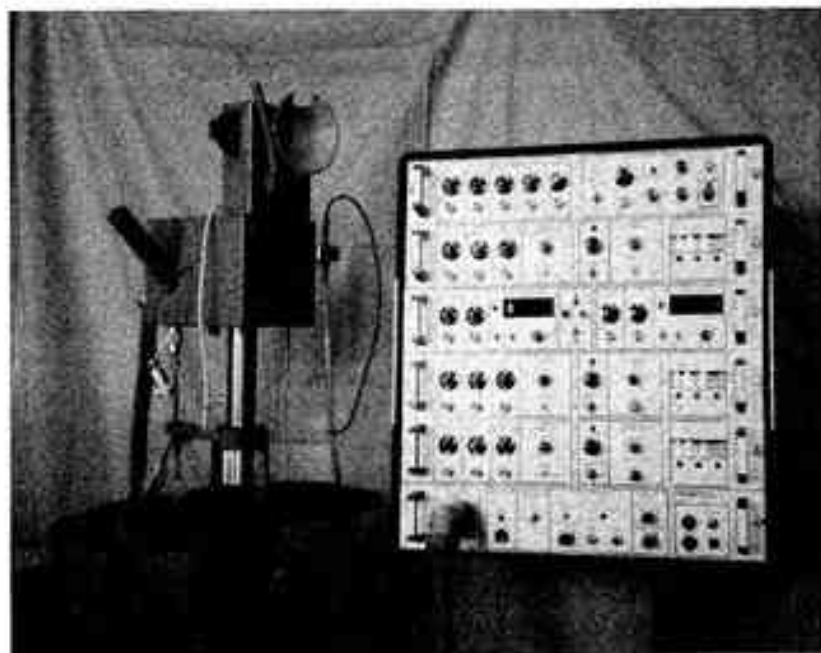
L'Institut de phonétique a signé un contrat avec Thomson CSF pour tester les divers types de codage que celle-ci avait livrés à la Marine nationale.

On donne à entendre à des auditeurs l'un des mots de chaque paire sorti du système de transmission. Puisque l'on connaît (grâce à des recherches parallèles fondamentales en phonétique) les propriétés acoustiques par lesquelles se réalisent les traits phonétiques dans le signal de parole, il est relativement facile d'identifier la partie du signal acoustique mal reconnue et les sources de la distorsion apportée par le système de transmission.

La Marine nationale devait mesurer l'intelligibilité de divers types de codage, élaborés par les ingénieurs de Thomson CSF (le codage consiste à transmettre de la parole à bas débit, c'est-à-dire avec un taux d'information réduit dans une proportion de un à cent en moyenne). Notre test d'intelligibilité, outil de laboratoire, était long et supposait des connaissances linguistiques. Il n'était pas adapté à une évaluation rapide des systèmes de transmission «sur le terrain», par un non spécialiste. Thomson CSF s'adressa à notre laboratoire et nous demanda si nous pouvions lui livrer une méthode de mesure de l'intelligibilité rapide (quelques minutes), utilisable et interprétable immédiatement par un opérateur quelconque.

Un contrat fut signé entre l'Institut de phonétique et Thomson CSF qui nous permit de recruter, pendant quelques mois, un étudiant de haut niveau. Ce chercheur a soumis tous les tests d'intelligibilité existants au jugement d'un grand nombre d'auditeurs. Après une étude statistique et linguistique des résultats, il est apparu que le test de rimes du laboratoire était celui qui fournissait le taux d'intelligibilité le plus stable et le plus réaliste. L'interprétation des données nous montra également qu'il était possible de le simplifier sans modifier la mesure de l'intelligibilité.

Nous avions remarqué, en effet, que les erreurs sur certaines caractéristiques phoniques (par exemple, le trait grave/aigu) étaient représentatives de la moyenne des erreurs sur le test; que, par ailleurs, certaines consonnes fournissaient un taux d'intelligibilité plus stable que d'autres. Il nous a été possible alors de proposer un test simple, rapide (quatre minutes), accompagné d'une méthode de calcul de l'intelligibilité à l'aide d'un ahaque dont les valeurs ont été dérivées des nombreuses expérimentations menées au laboratoire. La livraison de ce produit, aujourd'hui utilisé par la Marine nationale, était accompagnée d'une étude exhaustive où étaient exposés les tenants et les aboutissants de la méthode.



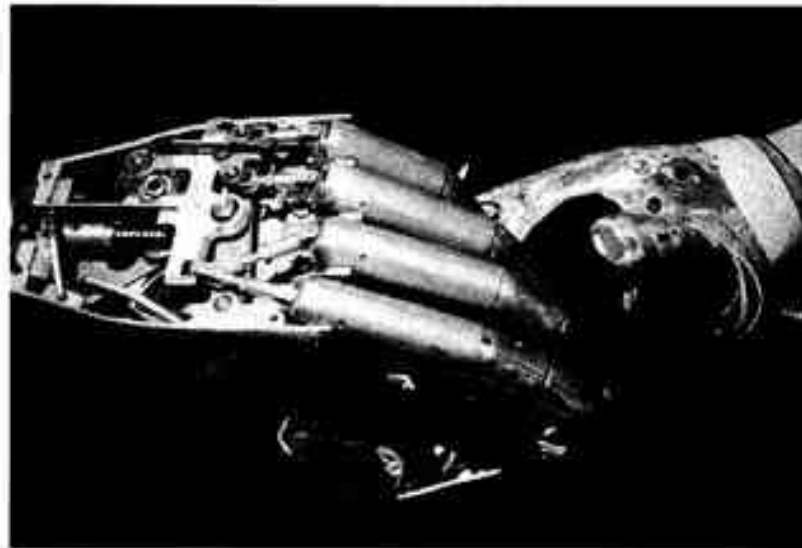
Polyphonisme mesurant des paramètres physiologiques tels que les pressions intercostales. Cet appareil a été conçu et réalisé au Laboratoire parole et langage grâce à un contrat signé avec l'INSERM Génie biologique et médical. © Laboratoire parole et langage.

*Mario Rensi, professeur, responsable du Laboratoire parole et langage, U.A. 261, Institut de phonétique, 26, avenue Robert Schuman, 13621 Aix-en-Provence Cedex.

UN PREMIER BILAN D'ARA

Georges Giralt*

D'ici la fin de l'année, 45 équipes et 160 chercheurs auront travaillé sur le programme « Automatisation et Robotique Avancée ». D'ores et déjà on se rend compte que depuis cinq ans ARA a contribué à nouer des liens étroits et variés entre la recherche et l'industrie.



De nombreuses actions d'échange et de transfert entre chercheurs et industriels sont à mettre à l'actif du programme ARA. © LAAS, Toulouse CNRS, photo Ph. Pluilly.

LE PROGRAMME Automatisation et robotique avancée (ARA) a démarré en octobre 1980. Il est conduit par le CNRS en association avec des organismes et des entreprises: l'Agence pour le développement de la production automatisée (ADEPA), le Commissariat à l'énergie atomique (CEA), le Centre d'études et de recherches de Toulouse de l'Office national d'études et de recherches aérospatiales (CERT-ONERA), le Centre technique des industries mécaniques (CETIM), le Centre national d'études spatiales (CNES), l'Institut national de la recherche en informatique et en automatique (INRIA), la Régie Renault et la Télémécanique.

Il constitue une action de recherche et de recherche et développement sur les robots de manipulation et les systèmes automatisés intégrés tels que les ateliers flexibles.

Conduit par le CNRS, le programme ARA regroupe d'autres organismes et entreprises: l'ADEPA, le CEA, le CERT-ONERA, le CETIM, le CNES, l'INRIA, la Régie Renault et la Télémécanique.

Les objectifs poursuivis à travers le programme ARA sont doubles: d'une part, développer la recherche en France dans le domaine considéré et, d'autre part, développer, évaluer et transférer des méthodes, des outils techniques généraux et des constituants instrumentaux.

En 1985, il réunit quarante-cinq équipes et cent soixante chercheurs équivalents temps plein organisés en quatre pôles thé-

matiques: téléopération avancée, mécanique et technologie, robotique générale, ateliers flexibles. Au niveau de ces quatre pôles, environ une trentaine d'industriels sont directement associés au suivi de l'action. Le programme a été conduit en deux phases: octobre 1980 - mi-1983 et mi-1983 - fin 1985. ARA est, depuis 1983, une composante essentielle du programme robotique du ministère de la Recherche et de la Technologie. Le programme de base est essentiellement mené par les laboratoires de grands organismes publics (CEA, CNRS, INRIA, CERT-ONERA, CETIM, CNES, Régie Renault).

Au cours de l'année 1983 ont été mises en place les Actions objectives produits (AOP) qui permettaient de poursuivre l'effort de recherche de base développé au cours de la première phase tout en accentuant et en accélérant les actions d'échange et de transfert avec le secteur économique. Ces actions de transfert sont entreprises par des équipes industrie-laboratoire public sous la maîtrise d'œuvre de l'industriel concerné.

Parmi les éléments positifs du bilan du programme ARA concernant la valorisation et les relations recherche-industrie et qui feront l'objet d'une présentation complète et officielle en mars-avril 1986, divers points forts apparaissent d'ores et déjà. On constate, en effet, l'importance des relations recherche-industrie par la participation des industriels associés au suivi de l'action à travers de nombreuses réunions de travail (quatre à six par an). La dynamique créée a conduit, en plus des AOP, à un très grand nombre d'actions de recherche et développement directes. On note également la naissance et le développement, dans l'environnement d'ARA, d'une dizaine de sociétés d'innovation notamment à Grenoble, Paris et Toulouse. La formation par la recherche et le passage dans le secteur socio-économique d'une centaine de spécialistes (dont trente boursiers ARA) peut également être observée. Enfin, vingt-cinq Actions objectives produits concernant la totalité du domaine d'ARA, de la péri-robotique mécanique aux logiciels de gestion de production, ont été mises en place. Les industriels responsables de ces actions couvrent un large spectre, depuis la PME d'innovation jusqu'aux très grands groupes. ■

*Georges Giralt, responsable du programme ARA, directeur de recherche, Laboratoire d'automatisme et d'analyses des systèmes, 7, avenue du Colonel Roche, 31400 Toulouse.

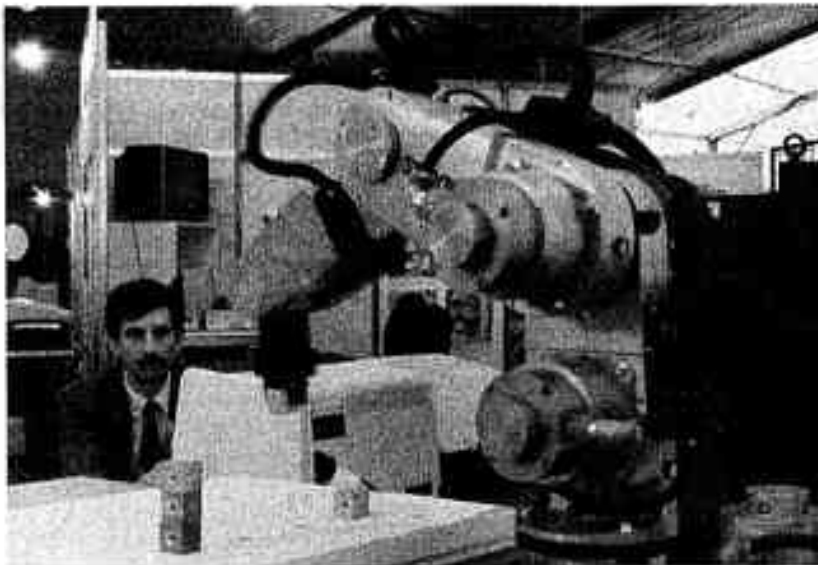
Dix labos valent mieux qu'un

Jean-Claude Guinot*

Le nouveau Groupement scientifique "Robotique région parisienne", capable désormais de répondre à des appels d'offres ou de proposer des actions coordonnées, prouve qu'à l'échelon régional comme ailleurs, l'union fait la force.

LA FRANCE industrielle de demain sera robotisée ou ne sera pas. Pour faire face à ce proche avenir l'ensemble du potentiel public et privé concerné par la recherche de pointe en robotique a été regroupé au sein du programme ARA (Automatique et Robotique avancée). Un certain nombre de laboratoires et d'équipes de recherches (du CNRS, de l'Université, du CEA et de l'INRIA) établis en Ile-de-France sont intégrés à ce programme.

Mais, à l'exception de celles du CEA et de l'INRIA, les autres équipes ont en commun un double désavantage. D'une part, elles ne recouvrent pas tous les domaines de compétence en robotique (automatique, in-



L'opérateur dialogue vocalement avec un robot du laboratoire informatique pour la mécanique et les sciences pour l'ingénieur (LIMSI) d'Orsay. © CNRS/LIMSI. Photo: P. Wendling.

formatique, mécanique) et, par ailleurs, elles sont de taille insuffisante (nombre de chercheurs et équipements) par rapport aux normes admises.

Une dizaine de laboratoires du CNRS, de l'Université, du CEA et de l'INRIA unissent leurs compétences pour le développement de la robotique en région parisienne.

Pour pallier ces inconvénients et donner plus de crédibilité et d'efficacité à ce potentiel atomisé, on a créé, l'an dernier, le Groupement scientifique "robotique région parisienne".

Un tel ensemble qui mobilise une dizaine de laboratoires et environ cent vingt personnes est désormais capable de répondre à des appels d'offre ou de proposer des actions coordonnées.

Les multiples compétences individuelles des partenaires du nouveau GS sont rassemblées autour de seize thèmes de recherche. La moitié d'entre eux concernent des logiciels (simulation, par exemple) ou des composants (actionneurs, préhenseurs, manipulateurs, etc.). Les huit autres, pour leur part, se rapportent à des projets complexes tels que le robot mobile ou les systèmes homme-machine.

Une carte de commande intégrée

Robert Perret*

Des chercheurs spécialisés dans l'électrotechnique, un constructeur de moteurs et une société de conseil en microprocesseurs s'associent afin de réaliser une carte de commande intégrée pour robot.

*Robert Perret, professeur, responsable du Laboratoire d'électrotechnique de Grenoble. U.A. 355, Institut national polytechnique de Grenoble, Ecole nationale supérieure d'ingénieurs électriciens, BP 46, 38402 Saint-Martin-d'Hères.

LE LABORATOIRE d'électrotechnique de Grenoble, avec Jean-Pierre Rognon et Daniel Roye, mène actuellement une intéressante action de valorisation dans le domaine de la robotique. Elle porte sur une carte de commande intégrée pour axe courant continu.

Cette action a été entreprise avec deux PME. La société Infranor (de Lourdes) est spécialisée dans la conception et la construction de moteurs d'asservissement, de convertisseurs de puissance à découpage, de variateurs de vitesse et de systèmes de commande de position multiaxes à microprocesseurs. La société de service et de conseils en microélectronique, Option, est,

Un exemple de transfert de technologie en robotique qui met en scène le Laboratoire d'électrotechnique de Grenoble, les sociétés Infranor et Option. Le MRT soutient l'affaire.

quant à elle, centrée sur l'innovation, le développement, l'étude et la fabrication de prototypes de petites et moyennes séries de produits utilisant des microprocesseurs. Le ministère de la Recherche et de la Technologie apporte son soutien dans l'affaire.

Deux niveaux de réalisation sont envisagés pour mener à bien ce transfert indus-

triel. Le premier doit permettre d'assurer la commande en vitesse et en position, intégralement numérique, d'un axe. Ce système de commande doit être réalisé autour de composants microprocesseurs. Une liaison normalisée doit permettre la communication avec l'opérateur, avec un système de niveau hiérarchique supérieur et avec les autres commandes d'axes.

Sa configuration doit être possible sur site afin de permettre une parfaite adapta-

tion au processus en tenant compte de l'identification préalable de la machine. Il faut également que ce système soit conçu d'une façon telle qu'il puisse prendre en charge, au niveau local, l'ensemble des problèmes relatifs à l'axe commandé. Ceci, dans le but de simplifier la commande du niveau hiérarchique supérieur qui, pour le positionnement, n'a plus qu'à générer les trajectoires.

A cet effet, la structure réalisée doit pouvoir conduire à l'implantation de fonctions

supplémentaires permettant la mise en place d'un deuxième niveau de réalisation. Dans celui-ci, il est envisagé de prendre en compte les variations des inerties et des couples résistants (dues aux déplacements des masses associées à l'axe), les jeux et la correction, etc.

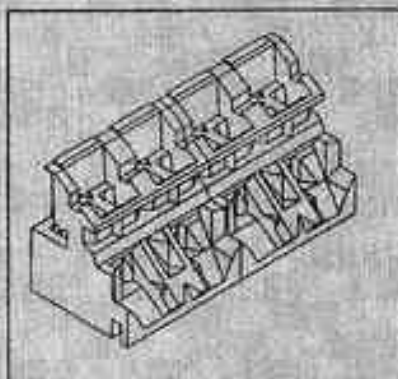
VUE DE L'INDUSTRIE

Quand le CNRS roule pour Renault

Ferid Annabi*

Carrefour des technologies avancées, l'automobile est en prise directe sur la recherche. Témoins ces deux exemples de collaboration entre Renault et le CNRS.

Il y a près de deux ans la Régie Renault a demandé au Laboratoire de métallurgie de l'Institut national polytechnique de Lorraine — Ecole nationale supérieure de l'industrie des mines de Nancy (LA-169) de réaliser un logiciel de simulation visant à maîtriser l'état des pièces obtenues en moulage basse pression en permettant le calcul des transferts thermiques et, en particulier, le positionnement des circuits de refroidissement. Cette modélisation devra permettre au constructeur automobile d'appliquer sa technique de moulage des culasses de moteurs en alliage léger, et donc, d'en accroître la qualité et la productivité (moins de rebut). Par ailleurs, grâce à tous les critères, Renault espère réaliser un gain minimum de six mois sur les délais de préparation des moules de fonderie (actuellement de dix-huit mois). Le Régie pense également améliorer ainsi la cadence d'au moins 10 %, ce qui se traduirait par un accroissement de production annuel supérieur à 10 000 pièces.



Représentation d'une culasse pour la modélisation numérique.

Un logiciel modélisant le moulage des culasses, un autre simulant et aidant la gestion d'ateliers : deux études associées à Renault le Laboratoire de métallurgie de l'Institut national polytechnique de Lorraine et le Laboratoire d'automatique et d'analyse des systèmes (LAAS).

Cette étude, par ses aspects théoriques développés sur un problème industriel, met en jeu et utilise pleinement la complémentarité des deux partenaires. En effet, rejoint au

CNRS la formulation théorique du problème ainsi que la simulation numérique. A Renault, pour sa part, de déterminer les paramètres physiques nécessaires au calcul et de réaliser les mesures pour validation du modèle.

Le second exemple, qui met en jeu Renault et le Laboratoire d'automatique et d'analyse des systèmes (LAAS) à Toulouse, est d'ordre beaucoup plus conceptuel. La Régie s'est rendu compte que l'automatisation croissante de la production se traduisait par un nombre de plus en plus grand d'informations à gérer. D'où, pour le chef d'atelier, une difficulté accrue à maîtriser cette masse d'information dans la conduite de l'atelier. En particulier sur les décisions à prendre lors d'incidents.

L'étude qui porte sur deux ans se déroule en deux parties. La première, plus fondamentale, doit permettre de mener une réflexion plus approfondie sur la décomposition modulaire du pilotage d'atelier, de façon à pouvoir construire des régimes de décision variés à partir de modèles standards « en catalogue ». La seconde partie, plus appliquée, consiste à développer un logiciel ISAGA : simulation et aide à la gestion d'ateliers. Celui-ci regroupe un « éditeur de modèles d'ateliers » permettant de construire des modèles des parties physiques et décisionnelles d'un système de production, et un simulateur classique qui anime ce modèle afin d'en calculer les performances.

* Ferid Annabi, directeur de la recherche Renault, 9-11, avenue du 18 juin 1940, 92500 Reuilly-Malmaison.

MACHINES ELECTRIQUES A HAUTES PERFORMANCES

LE BOND EN AVANT

Bernard Tranoy*

Les découvertes récentes sur les semi-conducteurs, les nouveaux matériaux et les techniques, ont largement bénéficié à l'électrotechnique et fait progresser les machines électriques à hautes performances.

Au cours des dix dernières années, l'électrotechnique a été marquée par une recherche active et efficace des équipes universitaires associées au CNRS à travers le Groupement de recherches coordonnées (GRECO 22) « Machines électriques à hautes performances ». Leurs travaux ont contribué au renouveau de la discipline. Mais si ces progrès ont été réalisés, on le doit aussi à certaines découvertes récentes sur les semi-conducteurs de puissance, les nouveaux matériaux et les techniques numériques.

Les résultats les plus caractéristiques des laboratoires et du GRECO 22, dans le domaine de l'électrotechnique et de l'électronique de puissance, concernent trois domaines.

Dans celui de la modélisation numérique, des logiciels conversationnels ont été

Le Groupement de recherches coordonnées « Machines électriques à hautes performances » contribue au renouveau de cette technologie.

conçus pour le calcul des champs électromagnétiques en deux dimensions et pour la conception assistée par ordinateur (CAO) des structures (FLUX 2D, DIFIMEDI). Certains ont été transférés dans plusieurs industries. Actuellement les travaux se poursuivent sur les calculs en trois dimensions, les courants de Foucault, l'association avec les convertisseurs statiques. La simulation numérique des circuits électriques mettant en œuvre de nombreux interrupteurs à semi-conducteurs de puissance a aussi fait l'objet d'importants travaux (par exemple, le logiciel Script) également diffusés dans l'industrie.

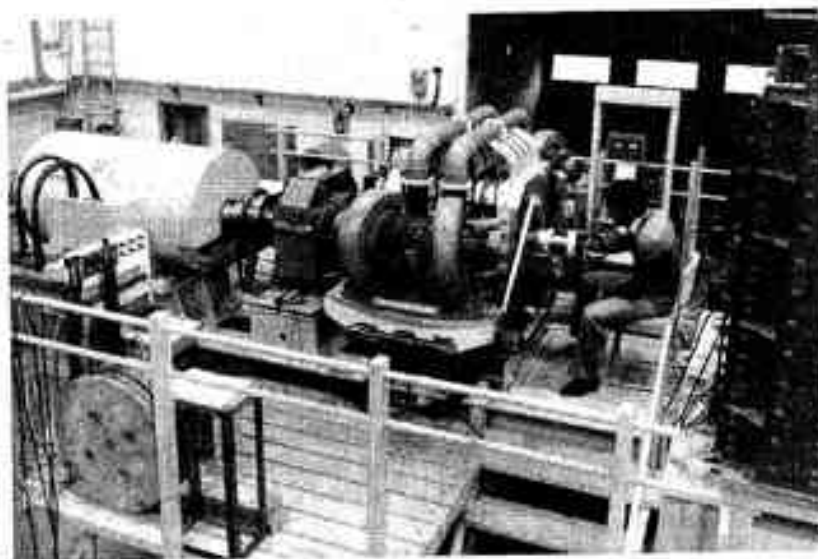
Enfin, la mise au point de modèles de calcul de pertes et d'échauffement dans les machines électriques permet désormais la prise en considération des problèmes thermiques indispensable pour la conception correcte des structures électromagnétiques.

* Bernard Tranoy, Professeur, responsable du Laboratoire d'électrotechnique et d'électronique industrielle, GRECO 11-0022, UA 07-0847, Institut national polytechnique de Toulouse - 2, rue Charles Camichel, 31071 Toulouse Cedex.

Dans le domaine des machines électriques nouvelles à commutation électronique, l'effort s'est porté sur des structures de conception nouvelle ou utilisant des matériaux récents ou encore des moyens d'alimentation originaux. C'est le cas des machines sans fer, des machines à réactance variable et des machines à aimants pour lesquelles les travaux des laboratoires ont été le point de départ du développement de produits industriels destinés à la robotique, la machine outil, la traction électrique et, de façon générale, aux entraînements à vitesse variable.

Troisième domaine: les convertisseurs statiques et la commande. Une large réflexion sur l'application des nouveaux composants de puissance, les mécanismes de commutation, la synthèse des structures de convertisseurs, la dualité, etc., a été particulièrement fructueuse. Elle a entraîné la conception de nouveaux interrupteurs statiques et d'alimentations électroniques de puissance originales qui ont eu un large impact industriel (plusieurs brevets et licences). Quant aux recherches sur l'apport des techniques numériques en commande, elles ont eu des retombées en robotique (commande d'axes), vitesse variable et, plus généralement, en automatisation des systèmes électriques.

Une collaboration profitable, encouragée depuis plusieurs années par le ministère de la Recherche et de la Technologie, existe entre partenaires industriels et chercheurs. De nombreux contacts ont été signés et certains ont déjà débouché sur des opérations de valorisation.



La machine de validation. © Laboratoire d'électrotechnique d'Orsay.

Les derniers seront les premiers

Christian Raux*

Grâce aux formidables progrès techniques enregistrés ces dernières années dans l'électronique de puissance et les matériaux, les moteurs électriques à réactance variable ont retrouvé un deuxième souffle. Au détriment des moteurs classiques.

Il existe deux types de moteurs électriques: les bons vieux «classiques» et ceux «à réductance variable». Les «classiques» sont les plus répandus dans l'industrie. Et pour cause: leur fiabilité n'a d'égal que leurs faibles coûts. Par ailleurs ils utilisent de basses fréquences (50 Hertz fréquemment) et l'on peut fortement les surcharger. Revers de la médaille: leurs performances sont loin d'être excellentes. Et il ne paraît guère envisageable, actuellement, de voir sensiblement bouger les choses dans la mesure où les performances des moteurs «classiques» dépendent beaucoup plus des matériaux employés que du savoir faire des concepteurs-mécaniciens.

Pour les moteurs «à réductance variable», l'avenir s'annonce plus prometteur. Ces moteurs n'ont, pourtant, jusqu'il y a vingt-cinq ans, connu qu'un succès limité à certaines applications où l'on demandait, surtout, une grande robustesse du rotor. Mais contrairement à leurs concurrents ils relèvent d'abord, du savoir-faire en matière de construction mécanique. Il s'agit, ici, d'imbriquer étroitement de multiples parties fixes et mobiles (cylindres fins ou disques) afin que la finesse d'imbrication (dont dépendent les performances) soit la plus grande possible. A cet égard, la situation a singulièrement évolué au cours de ces dernières années. Pourquoi? Parce que, dans trois domaines, la technique a avancé à grands pas. Premièrement, l'électronique de puissance et sa commande a permis la maîtrise des hautes fréquences électrotechniques. Deuxièmement, les matériaux composites ont donné naissance à des isolants mécaniquement résistants. Troisièmement, les tôles au nickel et les matériaux amorphes ont entraîné une sensible réduction des pertes d'énergie.

Le Laboratoire d'électrotechnique du CNRS, les conseille dans une opération dont CGEE/Alstom est le maître d'œuvre.

Profitant de ces acquis et des importantes possibilités techniques qui s'offraient, le Laboratoire d'électrotechnique a orienté ses travaux dans deux directions principales: les moteurs à basse fréquence (vitesses basses, actionneurs) et les moteurs à haute fréquence électrotechnique (vitesses moyennes). Avec l'aide financière de la Direction des recherches, études et techniques (DRET) et de l'EDF, le laboratoire a réalisé une maquette de validation à basse vitesse (200 kW, 500 tours/minute, triphasée avec alimentation électronique) ainsi qu'un modèle d'actionneur (avec alimentation et commande).

Parallèlement le laboratoire a entrepris une opération d'innovation sur ces deux moteurs basse fréquence en proposant de nouvelles structures. Deux prototypes de laboratoire sont en cours de réalisation avec l'aide de l'ANVAR, il s'agit d'une maquette de moteur polycylindrique polyen-

trefer à champ radial et d'un actionneur linéaire.

Depuis juillet dernier le laboratoire d'électrotechnique s'est également lancé dans la valorisation. Il intervient en tant que conseil dans une opération dont CGEE/Alstom est le maître d'œuvre. Opération qui consiste, dans un premier temps, à faire l'étude de faisabilité d'un prototype indus-

triel pour le compte de la DRET. Dans un second temps on réalisera une maquette de validation industrielle (50 kW, 52 tours/minute, 6900 Newtons-mètre) qui sera expérimentée sur banc puis sur un site mis à disposition par Elf, Société qui, avec la DRET, l'EDF, l'ANVAR et la Direction de la valorisation du CNRS, finance cette affaire.

VUE DE L'INDUSTRIE

Faire jouer la synergie

Michel Boidin*

Jeumont Schneider, en associant le CNRS à l'ensemble de ses recherches industrielles, fait jouer la meilleure synergie entre les partenaires.

La collaboration CNRS-industrie est une longue habitude de la société Jeumont Schneider. Elle revêt la forme d'un dialogue permanent qui permet à l'industriel de suivre, pas à pas, l'évolution des recherches dans le domaine de l'électrotechnique moderne et dans les domaines connexes. Pour ce qui concerne plus particulièrement la division «équipement d'électronique industrielle», quel est le cadre de cette collaboration?

La division spécialisée de Jeumont Schneider (MEI) conçoit, développe, fabrique les équipements électriques de puissance et de contrôle. Elle en effectue la diffusion soit séparément, soit intégrée dans des ensembles dont elle assure la responsabilité. Les ensembles électriques proposés par cette division de Jeumont Schneider couvrent une

gamme très large, allant du simple variateur associé à son moteur jusqu'au total du lot électrique d'un grand complexe industriel.

Les principaux champs d'activité de la division sont au nombre de quatre. Celui consacré aux équipements de l'industrie recouvre des domaines aussi variés que la métallurgie, la pétrochimie, les cimenteries, la papeterie, l'industrie des minis, l'aéronautique, etc. Dans le domaine des équipements de la traction électrique, la division MEI réalise des sous-stations et certains matériels embarqués. En matière d'économies d'énergie, elle s'est spécialisée dans les entraînements à vitesse variable de 1 kW à puissances d'égale MW. Son quatrième domaine, la distribution d'énergie, a trait aux problèmes de stabilité et de dépollution des réseaux électriques.

En regard de ces différents champs d'activité un certain nombre d'axes de recherche industrielle existent. En effet, nos ingénieurs étudient actuellement des dispositifs électroniques de puissance faisant appel à une grande diversité de composants: diode, transistor, thyristor, GTO (Gate Turn Off thyristor) ainsi que composants d'électronique de commande, analogique ou numérique (microprocesseurs). Ils s'efforcent également de déterminer des lois de commande de ces actionneurs de puissance pour l'alimentation des moteurs de type continu ou alternatif. Enfin, ils se consacrent à l'étude des composants d'automatisme, automates programmables, réseaux locaux, microcalculateur, etc.

Dans l'ensemble de ces domaines, la collaboration CNRS-industrie est active au sein de Jeumont Schneider et donne lieu, périodiquement, à des études communes. A cette occasion on recherche la meilleure synergie entre les partenaires, tant au plan des connaissances qu'au niveau des méthodes et moyens d'études.

*Michel Boidin, chef du service développement, Jeumont Schneider, division équipements d'électronique industrielle, 77430 Champs-sur-Seine.



Ne de la collaboration Jeumont Schneider/CNRS, cet investissement a permis de réaliser une maquette de validation industrielle (50 kW, 52 tours/minute, 6900 Newtons-mètre) qui sera expérimentée sur banc puis sur un site mis à disposition par Elf, Société qui, avec la DRET, l'EDF, l'ANVAR et la Direction de la valorisation du CNRS, finance cette affaire.

*Christian Rioux, maître de recherche CNRS, Laboratoire d'électrotechnique, UA 07-0838, université de Paris VI, Paris XI, bâtiment 214, 91405 Orsay Cedex.

La success story du thyristor-dual

Henri Foch*

Déjà huit contrats de licence pour ce nouveau composant ! Un des plus beaux exemples de valorisation...

SANS LE SAVOIR, une équipe toulousaine de chercheurs avait inventé un nouveau concept. Petit à petit, celui-ci se transforma en nouveau composant. Entretemps, ce « mutant », breveté en 1978, a fait l'objet de huit contrats de licence. L'édifiante histoire du thyristor-dual vaut d'être contée.

En 1978, la tenue en tension des transistors de puissance est insuffisante pour autoriser leur fonctionnement naturel sur le réseau industriel 380 V-50 Hz. Le Laboratoire d'électrotechnique et d'électronique industrielle qui travaille depuis de nombreuses années sur la conversion statique d'énergie électrique bute sur cette limitation.

Deux chercheurs imaginent alors un ensemble de circuits électroniques actifs et passifs qui, associés aux transistors de puissance, permettent à ces derniers de franchir ce cap fatidique de tension en bénéficiant d'une marge de sécurité satisfaisant les normes industrielles. Ils montrent, en outre, que les pertes dynamiques des transistors se trouvent, de ce fait, extrêmement réduites. Ce qui procure ainsi aux équipementiers

un excellent rendement et leur permet d'atteindre les plus hautes fréquences. Le CNRS et l'ANVAR s'intéressent à ce procédé et cette dernière dépose un brevet en novembre 1978. A Toulouse, la société Ruggieri Electronique acquiert une licence d'exploitation afin de réaliser des variateurs de vitesse pour moteurs électriques.

Par la suite, en tentant d'expliquer simplement l'ensemble complexe des fonctions réalisées par l'électronique de commande et les propriétés nouvelles acquises ainsi par le transistor de puissance, les chercheurs ont montré qu'ils avaient réalisé une sorte de nouveau composant interrupteur dont la description, le fonctionnement et les domaines d'application pouvaient être déduits de ceux du thyristor (un « vrai » composant semi-conducteur ayant aussi la fonction d'un interrupteur). Ainsi venait de naître le concept de thyristor-dual.

Le thyristor-dual, inventé par le Laboratoire d'électrotechnique et d'électronique industrielle, est actuellement exploité sous licence par les sociétés Ruggieri Electronique, Cefes, Compagnie Générale de Radiologie, ATEI et Jeumont Schneider (trois contrats).

Cette nouvelle vision des choses va permettre de concevoir les applications optimales de ce nouveau composant à partir de la connaissance des applications optimales du thyristor, bien connues depuis de nombreuses années. Parmi celles-ci, on peut citer : l'alimentation des moteurs électriques, le chauffage par induction, la soudure électrique, la charge de batteries d'accumulateurs, les alimentations THT de puissance, la mise en série de transistors de puissance pour atteindre les réseaux industriels moyenne tension, ou encore les convertisseurs à résonance à commutation « douce ».

Une entreprise du Haut-Rhin, la société Cefes, spécialisée dans le chauffage par in-

duction, acquiert à son tour une nouvelle licence d'exploitation. Puis c'est le tour de la Compagnie générale de radiologie (Thomson) pour réaliser des alimentations THT. De son côté, la société ATEI (Applications techniques de l'électronique industrielle), qui réalise des groupes statiques de secours pour recréer des réseaux électriques alternatifs à partir de batteries, prend deux licences d'exploitation du brevet ANVAR. Enfin, la société Jeumont Schneider acquiert trois licences d'exploitation dont deux concernent le domaine de la haute tension (alimentation de moteurs et alimentations d'auxiliaires à bord des véhicules ferroviaires) et la troisième, les alimentations d'électroaimants pour la création de champs magnétiques très stables (CERN).

Depuis les premiers travaux de 1978, plusieurs perfectionnements sont apparus et ont nécessité une extension de la protection industrielle. Le brevet français initial a été étendu à quatre autres pays. En 1979 et en 1982, deux additifs ont été déposés en France sur une marche particulière du thyristor-dual et sur ses mises en série. Leur protection a été étendue, en 1983, à l'Europe, aux Etats-Unis et au Japon.

A la suite de contacts et de travaux industriels, il a été décidé, en 1984, de déposer un nouveau brevet qui tend à généraliser le concept de thyristor-dual à tout interrupteur blocable (autre que le transistor) piloté suivant la technique éprouvée. L'extension de ce nouveau brevet est en cours pour l'Europe, les Etats-Unis et le Japon.

De nouveaux prolongements sont actuellement en phase d'évaluation au laboratoire et nécessiteront de nouvelles protections industrielles. Parallèlement, des études portant sur l'hybridation des circuits du thyristor-dual se poursuivent et marqueront, peut-être, une étape vers son intégration, étape ultime au cours de laquelle le concept de « nouvel interrupteur » deviendra une réalité. ■

*Henri Foch, professeur, Laboratoire d'électrotechnique et d'électronique industrielle, U.A. 07-0536, Institut national polytechnique de Toulouse - 2, rue Charles-Camichel, 31071 Toulouse Cedex.

INSTRUMENTATION

DE LA MESURE EN TOUT

Joël Kermarrec*

Les appareils de mesure, contrôle et analyse sont, le plus souvent, le résultat d'un développement industriel propre. Mais lorsque la recherche s'associe à l'industrie, l'une et l'autre y trouvent un meilleur compte.

LE DOMAINE de l'instrumentation de mesure est vaste par la diversité des techniques auxquelles il fait appel : mécanique, optique, électronique, informatique et aussi matériaux puisque toute mesure est fondée sur un récepteur. Ce domaine est encore plus large lorsqu'on considère les secteurs d'applications. Bien peu lui échappent.

On a l'habitude de distinguer deux grandes catégories d'instruments de mesure. Les instruments scientifiques, pour leur part, permettent surtout d'accéder à la structure ou à la composition de la matière, mais aussi d'isoler des quantités connues avec précision de produits bien définis (balances, centrifugeuses, chromatographie,

etc.). De leur côté, les appareils de mesure, de contrôle et de régulation répondent à des besoins différents. La production automatisée dans l'industrie chimique, par exemple, dépend de mesures de température, de pression et de composition. Ces appareils peuvent également servir au contrôle de qualité ou contribuer à des besoins de conservation en maintenant constant un paramètre (température ou hygrométrie). D'autres, encore, veillent à la sécurité, etc.

Dans un laboratoire, l'appareil de mesure est l'outil des chercheurs. Ceux-ci cherchent toujours à les perfectionner afin

d'obtenir des mesures plus précises et plus sensibles en améliorant les appareils existants ou en imaginant une nouvelle méthode de mesure.

La naissance d'un concept nouveau (tel le calorimètre à flux ou la microsonde ionique) ou l'utilisation d'une découverte (comme l'effet Raman) permettent d'arriver à des mesures inaccessibles auparavant. Ce sont des exemples de choix où la « dimension de l'invention » est élevée. Ce qui permet de réaliser dans de bonnes conditions un transfert entre le laboratoire et l'industriel. Et ce, pour le plus grand profit des deux partenaires. En effet, ce transfert implique une interaction qui permet au chercheur de comprendre les impératifs industriels (coûts de production, délais, fiabilité, approche du marché). De son côté, l'industriel tirera profit de l'apport intellectuel du laboratoire, d'un marché nouveau et, souvent, d'une bonne protection par brevet. Sauf lorsqu'une divulgation prématurée dans une publication, lors d'un congrès ou au cours d'une thèse, a rendu impossible ou inefficace toute protection. Il faut d'ailleurs souligner qu'une divulgation prématurée empêche, en général, le transfert.

L'importance économique de l'instrumentation scientifique est, au premier degré, négligeable. Ce marché, dans un pays développé, représente environ 1 % de l'ensemble des biens électriques et électroniques. En revanche, l'impact indirect est considérable. Les instruments les plus récents — donc les plus performants — sont d'abord diffusés dans leur pays d'origine (à condition, toutefois, que les industriels de ce pays soient suffisamment dynamiques et



La recherche scientifique sera avantagée dans des domaines où l'industrie de l'instrumentation scientifique sera en pointe. © CNRS/IFODYS. Photo : Philippe Pluhy.

disponibles pour réfléchir sur les opportunités offertes). Il en découle que la recherche scientifique, dans de nombreux domaines, sera avantagée lorsque l'industrie de l'instrumentation scientifique sera en pointe.

Un appareil fondé sur un concept nouveau naît presque toujours dans un laboratoire de recherche. En revanche, les appareils de mesure, contrôle et analyse sont, le plus souvent, le résultat d'un développement industriel propre. Il existe cependant des exemples de collaboration recherche-

industrie qui aboutissent à la mise au point de ce type d'appareil (par exemple, en analyse à partir d'un capteur). Ces cas sont particulièrement intéressants à la fois pour les industriels (car les marchés sont beaucoup plus importants) et pour les chercheurs. En effet, les contraintes industrielles étant plus sévères, l'ouverture sur des problèmes nouveaux sera, pour eux, plus large.

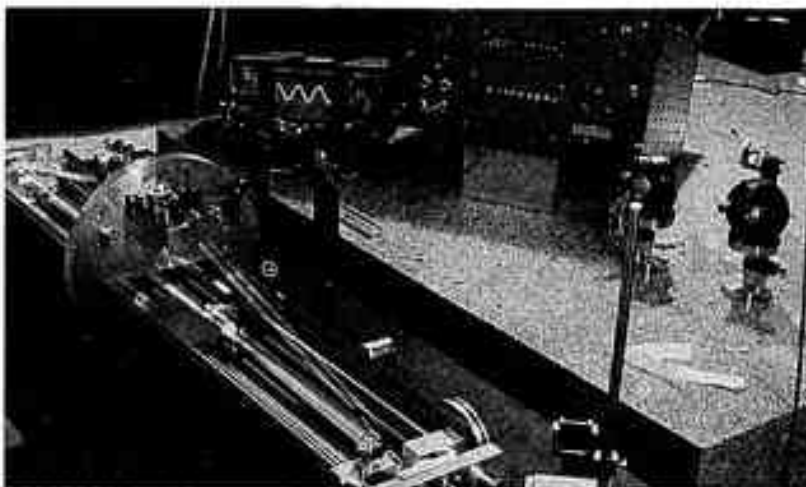
Joël Kermaroc, chargé d'affaires à l'Agence nationale de valorisation de la recherche, 43, rue de Caumartin, 75436 Paris Cedex 09.

TEMPS-FREQUENCE

Le temps, c'est de l'argent

Raymond Beson*

Le Groupement d'intérêt public « Temps-fréquence » vient à point nommé. Les perspectives de cette filière qu'il doit développer débouchent sur un marché évalué à plusieurs dizaines de millions de dollars sur cinq ans.



Le hautboisier du Laboratoire de l'horloge atomique, à Orsay, mesure la longueur d'onde des lasers. © CNRS.

DEPUIS DE NOMBREUSES ANNÉES, il existait des contacts entre plusieurs laboratoires de Besançon (dans les domaines de l'électronique et du temps-fréquence) et la Compagnie d'électronique et de piézoélectricité (CEPE), filiale de Thomson CSF. Dès le mois de mars 1982, des dispositions ont été prises afin de créer un Groupement d'intérêt public (GIP). Plusieurs arguments militaient en faveur de cette création. En effet, la CEPE commençait, pour sa part, l'exploitation d'inventions mises au point à Besançon. Par ailleurs, un accord international, dans le domaine des oscillateurs ultrastables venait d'être signé. Enfin, Besançon disposait, du point de vue scientifique et technique, d'un important potentiel dans le domaine de la piézoélectricité et des oscillateurs ultrastables. Et ce potentiel était reconnu à l'échelon national et international.

Le Groupement d'intérêt public pour le développement de la filière « Temps-fréquence » — GTF — a été constitué en décembre 1983 pour cinq ans avec les partenaires suivants : le Laboratoire de chronométrie, électronique et piézoélectricité (LCEP) de l'École nationale supérieure de mécanique et des microtechniques de Besançon, le Laboratoire de physique et métrologie des oscillateurs (LPMO — Besan-

con) du CNRS, le Laboratoire de l'horloge atomique (LHA - Orsay) du CNRS et, enfin, la CEPE.

Le GIP-GTF a commencé à fonctionner très activement dès l'obtention des premiers crédits prévus en 1984. Un programme actualisé a été entrepris (résonateurs, oscillateurs à quartz, horloges atomiques) après adoption par les instances du groupement.

Le GIP, depuis juillet dernier est abrité dans une petite usine (358 m²) construite à cet effet à Besançon sur un terrain de 3 500 m².

La filière « Temps-fréquence » qui va de l'étalon de référence absolu du temps, au

Le GIP « Temps-fréquence » regroupe, depuis deux ans, les Laboratoires de chronométrie, électronique et piézoélectricité, de physique et métrologie des oscillateurs, de l'horloge atomique ainsi que la Compagnie d'électronique et de piézoélectricité (CEPE), filiale de Thomson-CSF.

plus simple oscillateur à quartz, en passant par l'appareillage de mesure constitue un tout qu'il importe de maîtriser si l'on veut assurer notre indépendance et notre autonomie sur le plan des technologies fonda-

mentales ouvrant la voie aux nouveaux systèmes de communication et de localisation.

Par ailleurs, les perspectives d'avenir sont optimistes dans la mesure où les produits développés dans la filière « Temps-fréquence » bénéficient d'un marché très porteur évalué à plusieurs dizaines de millions de dollars sur cinq ans. Des accords commerciaux ont été signés pour permettre l'exploitation de ce marché.

* Raymond Besson, professeur, responsable du Laboratoire de chronométrie et de piézoélectricité, GIS 41-0009, Ecole nationale supérieure de la mécanique, route de Gray, 25030 Besançon.

Un détecteur gazeux ultra rapide

Vincent Comparat*

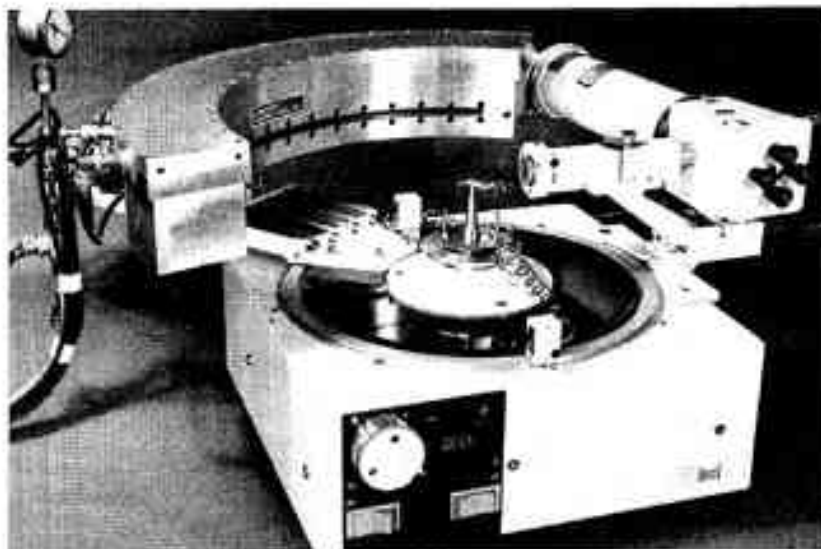
Grâce à ce détecteur courbe à haute résolution angulaire, le temps de détection des diverses phases dans un alliage aluminium est divisé par cinquante. Et ceci n'est qu'un exemple parmi d'autres.

DEPUIS UNE dizaine d'années, l'Institut des sciences nucléaires (ISN) de Grenoble développe des détecteurs gazeux pour la détection des particules. En avril 1982 la société Inel acquiert le département Rayons X de ISA-Jobin-Yvon. Ce qui la conduit à s'intéresser au développement de l'instrumentation dans ce domaine de la physique. « Pourquoi ne pas essayer de réaliser ensemble un détecteur courbe à haute résolution angulaire ? » demande M. Duchemin, directeur d'Inel aux responsables de l'ISN lors d'une visite dans leurs laboratoires. L'équipe de l'ISN a alors expérimenté la possibilité d'utiliser l'arête d'une lame très fine portée à la haute tension pour créer des avalanches électroniques bien localisées dans un gaz. Les essais ont démontré que ceci permettait d'obtenir un fonctionnement stable du détecteur à lame avec une bonne résolution spatiale (0,2 mm).

Un détecteur de particules créé par l'Institut des sciences nucléaires de Grenoble et commercialisé par la société Inel.

Quant au caractère courbe du détecteur, il permet des ouvertures angulaires plus larges et, donc, un gain de temps très appréciable par rapport à un détecteur rectiligne.

* Vincent Comparat, chargé de recherche CNRS, Institut des sciences nucléaires, IN2 P3 24-0021, université de Grenoble, 53, avenue des Martyrs, 38026 Grenoble Cedex.



Le prototype monté sur un goniomètre. © Institut des sciences nucléaires de Grenoble.

Devant ces résultats encourageants Inel s'est déclarée prête à passer un contrat avec l'ISN pour développer cette idée jusqu'à la phase d'industrialisation. Fin 1982, l'invention était protégée par le dépôt d'une demande de brevet au nom du CNRS. De son côté, le fonds de valorisation du CNRS attribuait une aide financière à l'ISN pour soutenir les études préliminaires.

Ces fonds devaient permettre l'acquisition d'un équipement spécifique pour mener l'étude d'un prototype courbe de 60° d'ouverture. Des essais de ce premier prototype ont été effectués au Laboratoire de cristallographie du CNRS, à Grenoble et chez Inel. Ils ont permis de déterminer les points à améliorer pour déboucher sur un produit commercialisable (nature du mélange de gaz, augmentation de la pression, dimensions géométriques).

Le ministère de l'Industrie et de la Recherche (instrumentation scientifique) s'est déclaré prêt à soutenir cette affaire. A une condition : que l'industriel soit prêt dans un an et puisse exposer le détecteur dans une foire commerciale qui se tiendrait en mars 1984 aux Etats-Unis. Une convention de trois ans a été passée entre l'ISN-INP, le CNRS et Inel. Ainsi, bénéficiant d'un soutien financier et intellectuel, l'Institut a pu

produire un prototype de type industriel (ouverture angulaire 120°, rayon de courbure 250 mm).

Quels progrès ce détecteur courbe à lame a-t-il apporté ? Une très grande sensibilité et une très grande ouverture angulaire qui ont entraîné un gain de temps très important pour acquérir des spectres de diffraction par rapport aux techniques traditionnelles. Exemple : pour détecter les diverses phases dans un alliage d'aluminium il faut à présent cinquante fois moins de temps que par la méthode Seeman Böhlén. De même, grâce à la très grande sensibilité de ce détecteur, on peut désormais imaginer certaines études en cinétique qui n'étaient pas réalisables auparavant.

Le champ d'application de cet appareil est très vaste. Il va de l'étude des poudres, des métaux, des monocristaux, des amorphes aux analyses chimiques des matériaux.

La commercialisation qui a débuté fin 84 s'est d'abord traduite par l'implantation d'un détecteur au CNRS de Grenoble (étude sous très hautes pressions) et d'un autre au centre de recherche de Pechiney, à Voireppe (étude des matériaux). D'autres appareils ont, par la suite, été vendus en France et à l'étranger.

SPECTROMETRIE DE MASSE

Pour une mesure précise des grosses molécules

Yvon Le Beyec*

Le spectromètre de masse par temps de vol n'est pas né d'hier. Mais en l'équipant d'un miroir électrostatique on obtient un nouvel instrument qui permet d'améliorer sensiblement la résolution en masse des grosses molécules.

L'INSTITUT DE PHYSIQUE NUCLÉAIRE d'Orsay, pour approfondir les connaissances de la structure la plus intime de la matière développe une instrumentation spécifique. C'est le cas, notamment, d'un spectromètre de masse par temps de vol, particulièrement adapté à la mesure des molécules complexes dont la masse atomique dépasse les 5 000 unités. Lesquelles, dans l'industrie et la recherche retiennent de plus en plus l'attention des chimistes et des bio-chimistes. Le spectromètre de masse magnétique étant, pour sa part, mieux adapté à la mesure de masses moléculaires moins élevées.

Le spectromètre de masse par temps de vol réalisé par l'Institut de physique nucléaire d'Orsay est actuellement utilisé par plusieurs laboratoires. Des négociations sont en cours avec des entreprises pour développer le prototype industriel.

Comment fonctionne l'appareil ? Un élément radioactif (ici, du californium) se scinde spontanément en deux produits. L'un d'eux assure le signal de départ des mesures à effectuer. L'autre, qui vient heurter violemment une plaque recouverte de l'échantillon organique à analyser, crée dans celui-ci un phénomène de désorption. Ainsi, sous l'influence de ce choc, des ions moléculaires, pouvant comporter jusqu'à des milliers d'atomes, sont émis à partir de la surface de la couche de produit organique.

Ces éléments de masse différente, propulsés au même instant, pénètrent d'abord dans une zone de quelques millimètres où

ils sont accélérés par un champ électrostatique pour aborder, ensuite, à environ 30 000 km/s, une zone de dérive de moins d'un mètre dans laquelle ils voyagent à une vitesse uniforme. Au bout du tube ils s'écrasent sur une plaque réceptrice. Il reste alors à mesurer le temps de vol de tous ces éléments pour en déduire ensuite leur masse.

Dans cette configuration classique du spectromètre de masse par temps de vol, l'Institut de physique nucléaire d'Orsay a introduit une innovation — un miroir électrostatique — qui a permis d'améliorer sensiblement la résolution en masse. L'étude des fragmentations en vol (donnant des informations structurales) est également rendue possible grâce au miroir.

Contrairement à la spectrométrie de masse magnétique, la technique du temps de vol permet l'analyse de matériaux solides non volatiles. Et, fait appréciable, sans détruire l'échantillon qui peut être presque intégralement récupéré.

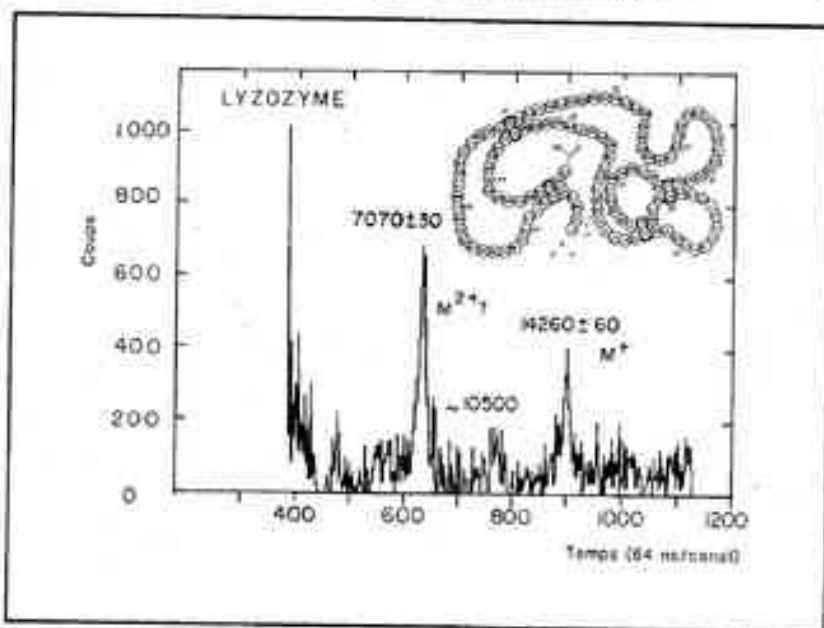
A l'heure actuelle, la connaissance des phénomènes de surface n'est pas totale et, dans certains cas, il arrive qu'aucun résultat ne soit observé par le bombardement au californium. C'est la raison pour laquelle l'Institut de physique nucléaire d'Orsay poursuit des recherches dans la voie du bombardement par canon à ions. Un tel

système sera opérationnel en 1986. Dans une troisième étape, l'étude d'un canon à laser est envisagée.

Mais d'ores et déjà l'Institut peut présenter le prototype industriel d'un spectromètre à temps de vol qui a été efficacement exploité par divers laboratoires de recherche. Ainsi le Service central d'analyse du CNRS de Vernaison et le Laboratoire de synthèse organique de l'Ecole polytechnique ont effectué des travaux sur la mesure de masse de nouveaux types d'antibiotiques ionophores, sur celle de molécules diverses et sur des comparaisons de méthodes en spectrométrie de masse. Par ailleurs, le Laboratoire de physique et chimie biomoléculaire (Paris VI) a montré que l'appareil était parfaitement adapté à des études de modifications moléculaires d'acides nucléiques par des agents chimiques et physiques.

Ainsi qu'en témoignent les expériences effectuées par le Laboratoire René Bernas, à Orsay, l'appareil permet également d'étudier les problèmes d'interaction ion-surface.

Une étude de marché est en cours et des contacts ont été pris avec des entreprises afin d'assurer l'industrialisation de ce spectromètre de masse dont le coût serait sensiblement moins élevé que celui d'un spectromètre de masse magnétique.



Spectrométrie de masse de la protéine lysozyme (composant 129 acides aminés) réalisée par l'appareil. Photo Laboratoire de physique nucléaire d'Orsay.

*Yvon Le Beyec, maître de recherche CNRS, Institut de physique nucléaire d'Orsay, université de Paris XI, BP 1, 94405 Orsay.

Une PMI dans un GIP

Francis Wallart*

Pour la première fois, un Groupement d'intérêt public associe une PMI à technologie avancée à des laboratoires de recherche.

Le Groupement d'intérêt public « Instrumentation et spectrométrie » qui regroupe le CNRS et l'université des sciences et techniques de Lille, se compose également de la Société Dilor. C'est la première fois qu'un GIP associe une PMI à des laboratoires de recherche.



Prototype d'un spectromètre optique (entièrement informatisé) conçu dans le cadre du GIP et qui sera commercialisé par Dilor. © CNRS / Dilor.

LA RÉGION Nord/Pas-de-Calais jouit d'une réputation nationale et internationale dans le domaine de l'instrumentation scientifique en spectrométrie. Tout particulièrement dans l'application de méthodes physiques d'analyse non destructive (spectrométrie vibrationnelle, infrarouge, Raman, fluorescence, microscopie et imagerie sélective). Ces méthodes apportent des données précieuses à de nombreux problèmes touchant à la recherche ou à l'analyse industrielle (matériaux naturels ou synthétiques, défauts, matériaux composites, composants électroniques, etc.).

Cette vocation scientifique a donné lieu, en octobre 1984, à la création du Groupement d'intérêt public (GIP) « Instrumentation et spectrométrie ». Une telle structure garantit la convergence des techniques, la concentration des spécialistes, la recherche en commun des solutions optimales et, surtout, la continuité ainsi que le développement des travaux entrepris avec un échéancier et des objectifs précis. Ce type d'association est, également, idéal pour réaliser des transferts bilatéraux laboratoire-industrie devant déboucher sur le développement de prototypes industriels.

Elle permet aussi une bonne diffusion de l'information de même que des opérations de formation sur les techniques et les méthodes concernées.

Ce GIP est le premier qui associe directement une PMI à technologie avancée à des laboratoires de recherche. Celle-ci, la société Dilor (spécialisée dans la production de spectromètres couplés à des microscopes avec une détection multicanal), contribue pour 25 % au budget de recherche du GIP aux côtés du CNRS (50 %) et de l'université des sciences et techniques de Lille (25 %).

Dans la première phase de leur programme d'activité, les membres du GIP ont concentré leurs efforts pour créer des instruments mêlant des méthodes et des techniques relevant de la spectrométrie optique, de la détection et du traitement de signaux faibles et de la micro-informatique. Leurs travaux devront permettre la mise au point de nouveaux détecteurs optiques et d'un microspectrofluorimètre à source laser devant intéresser le domaine biomédical et celui du contrôle des matériaux.

La structure et le programme du GIP n'étant pas figés, il est envisagé d'élargir son champ d'activité et d'y accueillir d'autres laboratoires et de nouvelles entreprises.

*Francis Wallart, chargé de mission CNRS aux relations industrielles, Direction de la valorisation et des applications de la recherche, antenne Nord/Pas-de-Calais, cité scientifique, 59655 Villeneuve-d'Ascq Cedex.

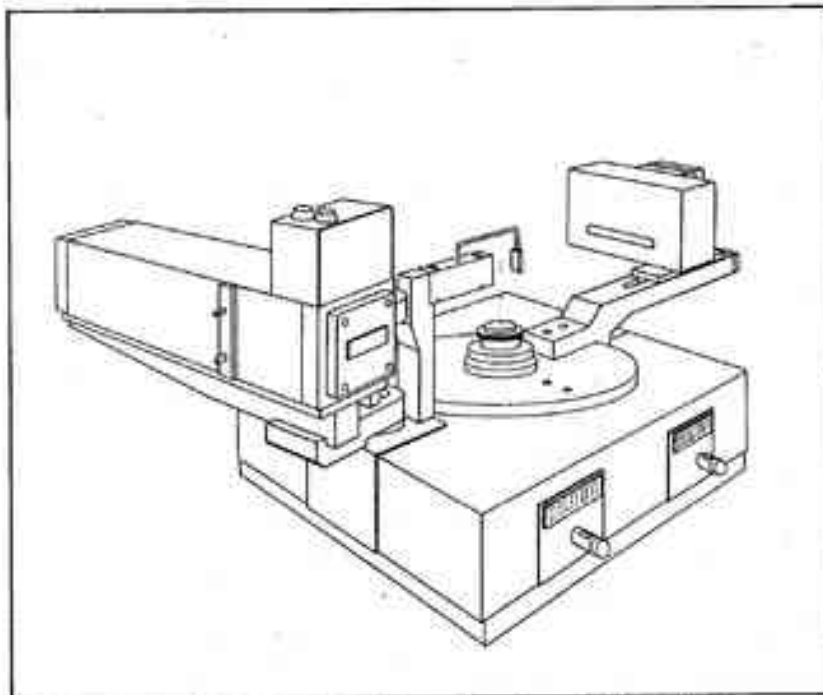


Schéma du prototype industriel du diffractomètre automatique de rayons X à détecteur linéaire.

Plus d'enregistrements dans moins de temps

Jean Galy*

Avant, il fallait deux semaines pour enregistrer mille points de mesure. Aujourd'hui, avec ce diffractomètre, quelques heures suffisent pour en enregistrer trois fois plus.

LA CONNAISSANCE de l'architecture atomique ou moléculaire des matériaux et des composés sous leurs diverses formes et états est un enjeu capital pour les industries électroniques verrières, pharmaceutiques ou chimiques (catalyse) avides de nouveaux matériaux.

L'étude de la diffusion des rayons X aux grands angles par ces matériaux à l'état amorphe est une technique d'investigation qui permet, précisément, d'atteindre leur structure dans ses dimensions les plus intimes. Malheureusement, les dispositifs conventionnels d'enregistrement sont d'une grande lenteur : deux semaines pour enregistrer mille points de mesure. Cet inconvénient majeur a été supprimé récemment grâce à une intervention développée par le Laboratoire de chimie de coordination du CNRS à Toulouse. Avec son diffractomètre automatique de rayons X à détecteur linéaire, quelques heures seulement sont nécessaires pour enregistrer trois mille cinq cents points de mesure.

L'appareil est placé sous le contrôle d'un microordinateur jouant le rôle d'analyseur multicanaux. Celui-ci assure le pilotage complet du diffractomètre, stocke les données et les envoie éventuellement vers d'autres systèmes de calcul. Le logiciel LASIP (Liquid and Amorphous Structure Investigation Package) qui a été spécialement conçu pour cette application permet également au chimiste de simuler ses modèles structuraux et d'en tester la validité.

L'appareil, breveté par le CNRS et l'ANVAR, est réalisé industriellement et commercialisé par Philips. Sa partie mécanique a été confiée à la société toulousaine SIMPA. Il faut signaler, enfin, que cette réalisation avait été couronnée lors du

concours Innovation 1984, organisé par l'Association pour le développement de l'enseignement de l'économie et des recherches de Midi-Pyrénées (ADERMIP), à Toulouse.

Le diffractomètre automatique de rayons X à détecteur linéaire, inventé par le Laboratoire de chimie de coordination est industrialisé et commercialisé par Philips.

*Jean Galy, directeur de recherche CNRS, Laboratoire de chimie de coordination, LP 00-8241, 205, route de Narbonne, 31400 Toulouse.

Les robots du labo

Kuppusami Govindaraja*

En raison de certaines interférences, on ne pouvait, auparavant, doser avec précision les éléments en trace dans les roches. Aujourd'hui, les géochimistes disposent d'un robot programmé pour le traitement de trente-six échantillons par jour. Dont, pour la première fois au monde, le dosage simultané de l'uranium, du thorium et de dix terres rares. Demain, un autre système multipliera encore la capacité du premier robot.

LA TORCHE à plasma induit (ICP : inductively coupled plasma) couplée comme source d'excitation avec un spectromètre d'émission atomique (ICP-SEA) est un outil puissant et sensible pour le dosage des éléments en traces. Or, l'application pratique d'ICP-SEA dans le domaine de l'analyse des roches se heurte aux problèmes aigus des interférences spectrales par les éléments majeurs sur les éléments en traces à doser. Ces interférences excluent toute possibilité de dosage précis des éléments en traces tels que l'uranium (U) et le thorium (Th) et les terres rares. Devant cet obstacle majeur, nous avons développé un système robotique, appelé LabRob I, permettant la séparation spécifique d'un groupe d'éléments à doser afin que le dosage s'accomplisse sans interférences.

La société Instruments S. A. (ISA), à Longjumeau, premier fabricant de spectromètres d'émission en France, s'intéresse à

nos études et nous aide matériellement. Une aide à l'innovation par l'ANVAR nous a également mis dans une condition propice pour mener à bien nos recherches dans ce domaine de la robotique.

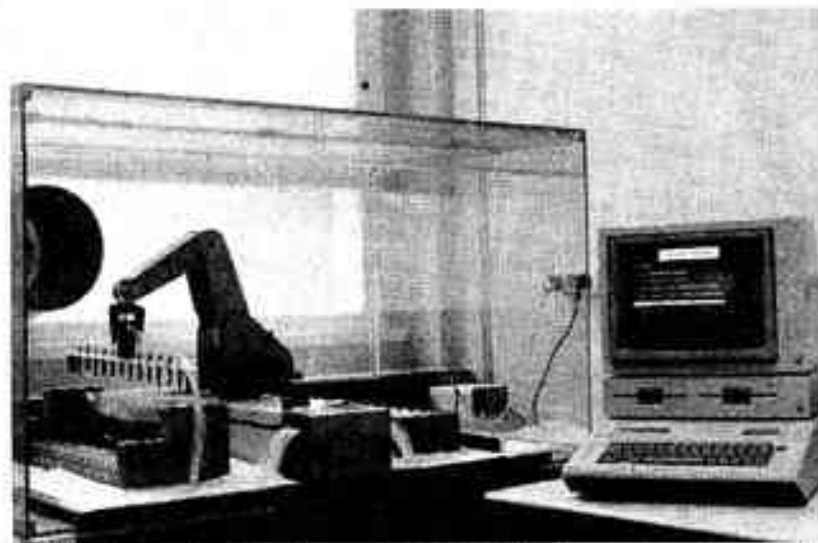
Grâce à un système robotique du Centre de recherches pétrographiques et géochimiques, diffusé par Instruments SA, une victoire sur le temps a été remportée.

Le premier résultat de ces travaux est la commercialisation, depuis deux ans, de LabRob I par ISA. La photographie présente ce système robotique dans son environnement de travail. L'originalité de la séparation chimique par LabRob I réside dans le fait que la colonne utilisée est petite, contenant moins d'un gramme de résine échangeuse d'ions. Grâce à la mise en solution particulière de l'échantillon (roche), la petite colonne de résine ne retient que les éléments programmés à doser. Rappelons qu'en séparation classique à l'aide de résines échangeuses d'ions, l'emploi de grandes colonnes avec plusieurs grammes de résine est de rigueur. Il en résulte que de telles

procédures sont longues et onéreuses ; de plus, elles exigent la surveillance d'un chimiste. LabRob I travaille avec douze échantillons à la fois (batch process) et douze colonnes individuelles (visibles à gauche sur la photo). LabRob I qui est programmé pour traiter trente-six échantillons dans une journée est une première mondiale pour le dosage simultané de U et de Th et dix terres rares.

Avec cet appareil la société dispose d'un argument supplémentaire pour proposer ses spectromètres avec des applications réelles en géochimie analytique. De ces efforts de la production assistée par l'ordinateur, une retombée importante reste acquise au Centre de recherches pétrographiques et géochimiques (CRPG). En effet, celui-ci, dans son service d'analyses, peut traiter plus de cinq mille échantillons par an pour les éléments stratégiques tels que U et Th, les terres rares et d'autres éléments difficiles à doser.

Fort de ces expériences, le CRPG développe actuellement LabRob II. Ce nouveau robot, qui est mobile, peut effectuer des tâches unitaires telles que la pesée, mise en solution, dilution et même le travail de deux ou trois LabRob I.



LabRob I avec la « cage » de travail et le micro-ordinateur. © Centre de recherches pétrographiques et géochimiques.

*Kuppusami Govindaraja, ingénieur CNRS, Centre de recherches pétrographiques et géochimiques, LP 00-8241, 15, rue Notre-Dame-des-Pauvres, BP 20, 54501 Vandœuvre-les-Nancy Cedex.

INSTRUMENTATION

Du côté des torches à plasma

Philippe Leprince*

Comme pour la torche à plasma à décharge micro-ondes, le Laboratoire de physique des gaz et des plasmas s'efforce de fournir à des PMI des maquettes dont la technologie serait très rapidement transférable.

PLUSIEURS applications industrielles sont en cours ou seront développées au moyen des torches à plasma du Laboratoire de physique des gaz et des plasmas d'Orsay.

Dans les années 70 le laboratoire a mis au point et breveté un premier procédé permettant de transférer l'énergie micro-ondes à un plasma et, par suite, de créer un nouveau type de décharge. L'Air Liquide, depuis le début des travaux du laboratoire, s'est intéressé à l'utilisation de ces décharges pour l'usinage thermique. D'autres applications ont été développées à Orsay comme, par exemple, le traitement de surface et la chimie sélective.

Avec le soutien de l'ANVAR un second brevet a été déposé concernant la mise au

L'Air Liquide s'est intéressé à la torche à plasma à décharge micro-ondes mise au point par le Laboratoire de physique des gaz et des plasmas. Ses applications : usinage thermique, traitement de surface, chimie sélective, etc.

Autre invention de ce laboratoire, une torche de puissance avec des applications en analyse spectroscopique d'échantillons en microgravure et autres traitements de surface.

point d'une torche de puissance qui laisse espérer de nouvelles applications : analyse spectroscopique d'échantillons, microgravure et d'autres traitements de surface.

L'expérience montre qu'en ce domaine il faut cinq ans pour qu'une application atteigne le stade industriel. Un tel délai, en général, rebute les petites entreprises. C'est la raison pour laquelle le laboratoire s'efforce de présenter à ces entreprises des maquettes dont la technologie serait très rapidement transférable. A cette fin, il s'est associé à l'Ecole supérieure d'électricité (service des mesures) à travers un Groupement scientifique dont le but est, précisément, de transférer les connaissances du laboratoire vers l'industrie en effectuant des recherches finalisées.

*Philippe Leprince, maître de recherche CNRS, Laboratoire de physique des gaz et des plasmas, L.A. 04-0073, université de Paris XI, bâtiment 212, 91405 Orsay Cedex.

MATERIAUX

MATÉRIAUX METALLIQUES OU AMORPHES

LA METALLURGIE MODERNE INNOVE ET REGENERE

Jean Hanus*

Ici, l'arrivée de nouveaux alliages aux performances exceptionnelles. Là, des méthodes de production qui redonnent une nouvelle jeunesse à des matériaux métalliques traditionnels. La métallurgie moderne évolue très vite.

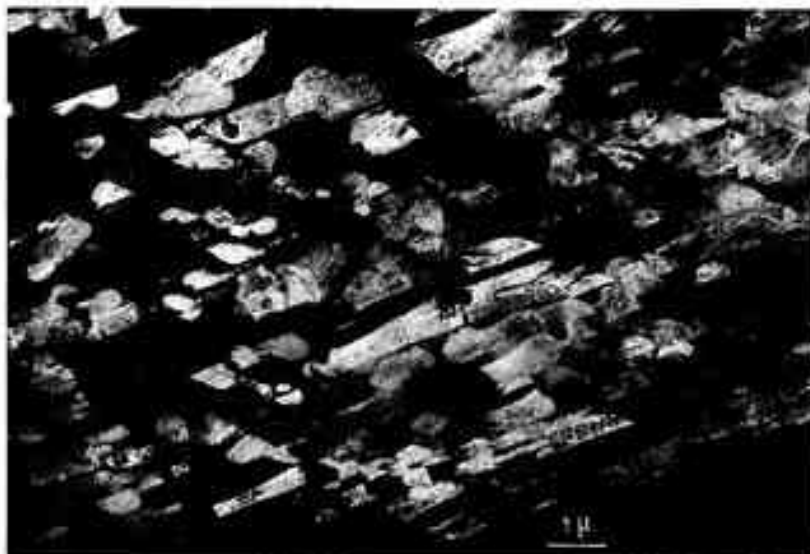
LIBÉRATION des matières plastiques a complètement bouleversé le jeu des matériaux. Elles ont de nombreux atouts : variété et adaptabilité des polymères et des composites dérivés, aptitude à épouser des formes complexes, légèreté, etc. Mais les métallurgistes ne sont pas restés inactifs devant cette invasion des plastiques. Ils ont donné naissance à des superalliages pénétrant les turbines qui ont permis d'atteindre des températures plus élevées, en accroissant les performances. Pour leur part, les

alliages d'aluminium contiennent, en partie, les matériaux composites dans l'aviation. Et si, dans l'automobile, la fonte et l'acier ne cessent de reculer, les nouveaux aciers à haute résistance, quant à eux, progressent plus vite que les plastiques.

Grâce aux progrès de la métallurgie on sait maintenant combiner résistance en traction et aptitude à l'emboutissage. De même, par l'évolution rapide des procédés d'élaboration, de transformation et de mise en forme, les matériaux métalliques tradi-

tionnels restent « jeunes ». Aujourd'hui, la métallurgie des poudres, le frittage, permettent d'obtenir un gain de matière et des compositions qui seraient trop hétérogènes par fusion. Par cette technologie on obtient aussi des phases hors équilibre et la trempe ultra rapide. Tous ces sujets qui nécessitent des recherches fondamentales très poussées, indiquent que les matériaux traditionnels peuvent subir des mutations importantes et rester « jeunes », compétitifs.

Si performant soit-il, un matériau n'est intéressant que s'il peut être assemblé et s'il possède une bonne tenue en service. Dans bien des cas la durabilité, la résistance à l'usure, l'abrasion ou la corrosion dépendent des propriétés superficielles du matériau. Aux techniques plus traditionnelles sont venus s'ajouter, récemment, les ini-



Les alliages d'aluminium contiennent, en partie, les matériaux composites dans l'air. Ici, un alliage aluminium-argent 25 %. © CNRS.

plantations ioniques ou les traitements par laser et plasmas froids.

Le formidable essor de la microélectronique est lié à des matériaux de très hautes performances (le silicium et l'arséniure de gallium) ainsi qu'à la mise au point de « process » destinés à réaliser une forte intégration. A côté du silicium, d'autres matériaux sont aussi indispensables au développement de systèmes complexes : les fibres, les matériaux non-linéaires, les diodes, les récepteurs pour les communications optiques et les matériaux pour l'enregistrement, l'affichage ou la lecture. Sur tous ces fronts technologiques le CNRS est présent et y opère des transferts.

*Jean Flanin, directeur du Programme interdisciplinaire de recherche sur les matériaux (PIRMA), CNRS, 15, quai Anatole France, 75700 Paris.

COMPOSES FERRO ET FERRIMAGNETIQUES

L'enregistrement magnétique en profite

Gérard Demazeau*

Deux matériaux élaborés et étudiés au CNRS ont permis de pousser plus loin les applications industrielles de l'enregistrement magnétique.

DEPUIS BIENTÔT UN SIÈCLE la France possède une longue tradition de travaux sur le magnétisme. Pour les applications industrielles les composés ferro- et ferrimagnétiques sont les plus importants. Les principaux matériaux peuvent, de manière très schématique, être classés selon leurs applications en plusieurs catégories comprenant, notamment, les aimants permanents, les pigments magnétiques, les matériaux magnéto-optiques, etc.

En effet, un matériau ferro- ou ferrimagnétique s'aimante lorsqu'il est soumis à l'action d'un champ magnétique extérieur. Comme il présente une certaine hystérésis, il conserve une trace de cette aimantation lorsque le champ disparaît. C'est sur ce phénomène que repose le principe de l'enregistrement magnétique. De tels matériaux peuvent être utilisés soit sous forme très divisée (particules magnétiques), soit sous forme de couches minces. Ils connaissent, depuis une trentaine d'années, un développement considérable lié aux besoins

de stockage et de diffusion des informations, des sons (audio), des images (vidéo), des données (informatique).

Depuis environ quinze ans le CNRS a soutenu des recherches dans les domaines des matériaux finement divisés. Recherches qui ont mené très rapidement à une coopération avec les industriels concernées. Deux matériaux élaborés, puis étudiés au Laboratoire de chimie du solide du CNRS de Bordeaux peuvent illustrer cette démarche : le dioxyde de chrome (CrO_2) et les carbonitrures de fer.

Le dioxyde de chrome et les carbonitrures de fer ont été élaborés et étudiés au Laboratoire de chimie du solide. Le premier passionné BBL (Alsthom-Atlantique) Pyral (Rhône-Poulenc) et BASF (Rhône-Poulenc-Système) RPS s'intéresse beaucoup aux seconds.

Le dioxyde de chrome a été largement promu outre-Atlantique comme pigment pour l'enregistrement magnétique par Dupont de Nemours. Dès 1974, des travaux entrepris au laboratoire ont conduit à breveter un nouveau procédé pour l'élaboration de ce matériau (l'oxydation hydrothermale) puis à accroître ses propriétés magnétiques et, enfin, à l'originaliser. Le dioxyde de chrome ne pouvant être élaboré que dans des conditions de pression élevée, ces travaux ont été menés en collaboration avec un spécialiste de construction de matériaux hautes pressions BBL (Alsthom-Atlantique) et un fabricant de bandes et dis-

ques magnétiques, Pyral (Rhône-Poulenc). Cependant, la spécificité de la technologie hautes pressions n'avait pas permis de dégager une solution française. En revanche BASF, l'un des leaders des produits à base de CrO_2 , intéressé par les résultats obtenus, a signé une option sur licence avec le CNRS.

Les particules métalliques, celles de fer notamment, de taille submicronique, étant facilement oxydables, à l'atmosphère ambiante, le Laboratoire de chimie du solide a développé depuis quatre années une nouvelle famille de particules ferromagnétiques dérivées du nitrure Fe_3N : les carbonitrures de fer. La substitution partielle de l'azote par du carbone apporte alors une meilleure stabilité (brevet CNRS). Ces travaux, soutenus également par le CNRS et l'ANVAR, sont menés en collaboration avec Rhône-Poulenc-Systèmes (RPS) dans le cadre du développement de l'enregistrement magnétique de haute densité. Une option sur licence exclusive a été récemment octroyée à RPS par le CNRS.

D'autres laboratoires français ont aussi fourni un large effort sur d'autres matériaux particuliers, en particulier Fe_2O_3 substitué au cobalt, $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$, et les particules métalliques. La vitalité de ces recherches, conjuguée avec un vif intérêt de RPS pour l'enregistrement magnétique de haute densité, mènera très bientôt à la constitution d'un Groupement d'intérêt scientifique, les pigments magnétiques et les dispositifs qui en découlent étant partie intégrante des composants pour l'électronique.

*Gérard Demazeau, professeur, Laboratoire de chimie du solide, LP 00-8661, université de Bordeaux I, 351, cours de la Libération, 33405 Talence Cedex.

VUE DE L'INDUSTRIE

Une alliance pour des alliages

Michel de Mender*

Si le numéro un européen du connecteur introduit un jour les nouveaux alliages à mémoire de forme dans ses produits, il le devra à la passion commune d'un directeur commercial et d'un chercheur du CNRS pour le tir de précision.

*Michel de Mender, Souriau et Cie, 9-13, rue du général Gallieni, BP 410, 92103 Boulogne-Billancourt Cedex.

Notre société, première en Europe dans le domaine des connecteurs, fournit du matériel aussi bien aux télécommunications et à l'informatique, qu'à l'aéronautique ou l'espace.

En 1983 et, d'une manière plus pressante, début 1984, nous avons éprouvé le besoin d'utiliser des alliages à mémoire de forme en connectique. Notre connaissance dans ce domaine, sauf pour l'un de nos jeunes ingénieurs qui avait fait ses études à l'Institut national des sciences appliquées (INSA) de Lyon, était absolument nulle et nous avons donc recherché qui, en France, pouvait nous apporter des connaissances et une expérience dans ce domaine.

Labinto, interrogé par l'intermédiaire d'un Minitel, restait absolument muet sur la question. C'est alors que les relations humaines sont venues remplacer les systèmes informatiques défaillants et què, par l'intermédiaire de l'un de nos directeurs commerciaux qui partageait, avec un chercheur du CNRS, la passion du tir de précision, nous avons pu avoir un premier contact avec M. Dubertret, du Centre d'étude de chimie métallurgique de Vitry.

Ces contacts ne étaient à leur début lorsqu'un appel d'offre du ministère de la Recherche et de la Technologie (MRT) - Comité composants passifs - est venu nous inciter à accélérer les choses. Une proposition de recherche a été faite, rassemblant le CNRS, l'INSA de Lyon, les sociétés Tréfilmétaux et Souriau. Proposition qui a été retenue par le Comité et qui a permis à ce groupe, bientôt enrichi de deux autres sociétés, Cézus et l'Air Liquide, de dominer ses travaux. Les buts poursuivis par cette équipe sont nombreux.

Il s'agit de mettre au point des alliages à mémoire ayant des températures de transition et des domaines d'utilisation compatibles avec les différentes classes de température des connecteurs. Alliages qui devront être élaborés sous forme de fil ou de feuillard. L'équipe travaille également à des procédés de mise en forme pour l'obtention de contacts ou parties de contacts et à l'élaboration des procédés d'éducation des pièces ainsi obtenues. Les travaux, enfin, visent à concevoir et fabriquer des maquettes de connecteurs ainsi qu'à réaliser des outillages portatifs pour la mise en œuvre de tels connecteurs.

Actuellement, cette étude qui a commencé en novembre 1984, se poursuit dans de bonnes conditions et a de fortes chances d'aboutir, d'une part, à des résultats concluants à l'horizon 88 et, d'autre part, à une collaboration durable dans le domaine des alliages à mémoire de forme.



Ce connecteur (S-609) est universel par Souriau comporte plusieurs centaines de points de contact. Il sera prochainement déployé une force de 30 à 50 kg pour réaliser les connectants. Grâce aux futurs alliages à mémoire de forme, cette force sera nulle, le contact sera meilleur et la souplesse d'utilisation sera plus grande. Document Souriau et Cie.

ALLIAGES D'ALUMINIUM

L'alu change d'état

Gérard Beck*

Avoir fait passer un alliage d'aluminium de l'état cristallin à l'état amorphe a constitué une grande première. L'industrie s'intéresse de très près à ce nouveau matériau qui pourrait bien concurrencer le titane.

HABITUELLEMENT, les alliages d'aluminium se présentent sous forme d'un mélange de phases cristallines, c'est-à-dire comme un milieu où, idéalement au moins, tout groupe d'atomes se reproduit régulièrement le long d'un déplacement en ligne droite. Cependant, si on refroidit un de ces alliages (bien choisis) de l'état liquide à l'état

solide à une vitesse de l'ordre d'un million de degrés par seconde, on obtient un alliage amorphe où cette régularité des cristaux n'existe plus. Ce changement d'état d'un alliage d'aluminium est une grande première qui a été accomplie par le Laboratoire de métallurgie de Nancy à partir d'un modèle de structure des verres métalliques qu'il a réalisé et breveté en 1982.

Depuis une dizaine d'années on assiste à une très vive compétition internationale dans le domaine des verres métalliques. Américains et Japonais ont déjà déposé de nombreux brevets pour d'autres alliages amorphes. Ces nouveaux matériaux constituent un enjeu industriel considérable. Ils possèdent, en effet, simultanément, certaines propriétés souvent incompatibles dans leurs homologues cristallins. Ainsi, pour leur part, les verres métalliques à base d'aluminium possèdent une résistance mé-

canique deux fois plus élevée que les meilleurs alliages métalliques cristallins. En revanche, ils sont très fragiles. Et c'est bien là que se situe le problème. De plus, ce nouvel alliage amorphe ne s'obtient, à l'heure actuelle, que sous la forme d'un ruban extrêmement mince. L'un des buts de la recherche est donc de produire des matériaux massifs à partir de l'alliage amorphe. Lorsqu'il sera atteint, on pourra alors envisager d'intéressantes applications industrielles. Sa légèreté et sa résistance pourraient bien, en effet, le substituer, dans certains cas, au titane.

Dans le domaine des composants mécaniques de haute technologie (spatial, aéronautique) ces propriétés intéressantes pourraient aboutir à des applications de ce nouveau matériau. D'ores et déjà, celui-ci a retenu l'attention de Pêchiney qui a signé un accord avec le CNRS. Le groupe a également paraphé, avec le ministre de la Recherche et de la Technologie, un contrat de faisabilité du matériau. ■

Pêchiney et le MRT signent avec le CNRS, l'un un accord, l'autre un contrat de faisabilité. C'est que la découverte du Laboratoire de métallurgie constitue un enjeu de taille pour le spatial et l'aéronautique.

*Gérard Beck, maître de recherche CNRS, Laboratoire de métallurgie LA 159, Institut national polytechnique de Lorraine, Ecole des mines, Parc de Saurupt, 54042 Nancy Cedex.

CHIMIE

ZEOLITHES

DU SUCRE AU GASOIL

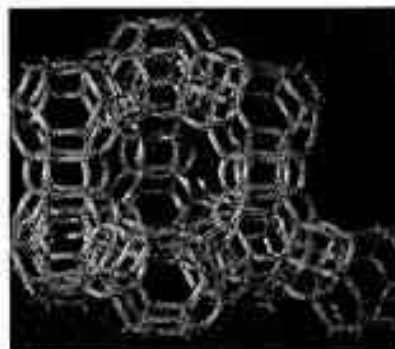
Raymond Maurel*

Les zéolithes qui jouent le rôle de tamis pour molécules ont de bien curieuses propriétés qui intéressent, non seulement les fabricants de lessives, mais aussi l'industrie agro-alimentaire et pétrolière.

LES ZEOLITHES sont des aluminosilicates cristallisés d'origine naturelle ou synthétique. Une famille qui compte plus de deux cents variétés aux propriétés singulières dont l'industrie tire de nombreux avantages. Elles possèdent, en effet, des structures de formes variables, ouvertes, caractérisées par de petits canaux contenant de l'eau. Mais une fois déshydratées les zéolithes peuvent être occupées par d'autres molécules suivant un processus sélectif qui dépend des dimensions des molécules et des canaux. En un mot, les zéolithes jouent

le rôle de tamis moléculaires. Mais les chercheurs, qui s'y intéressent de plus en plus, leur ont trouvé bien d'autres propriétés.

L'utilisation la plus spécifique et la plus ancienne de la porosité des zéolithes réside dans leur emploi comme adsorbants et comme tamis moléculaires. On fait ainsi appel à elles pour déshydrater le gaz naturel ou dessécher les gaz réfrigérants. L'industrie du bâtiment y a aussi recours dans la fabrication des doubles vitrages. Comment éliminer des molécules indésirables de CO₂ ou des gaz corrosifs ou nocifs? En les retenant dans les pores de zéolithes. De même, en vue d'un fractionnement cryogénique, le CO₂ du gaz naturel et de l'air sera éliminé quand il passera sur des zéolithes. Lesquelles permettent, encore, de supprimer certaines pollutions, en retenant, par exemple, l'odeur du gaz naturel. Du mer-



Les zéolithes jouent le rôle de tamis moléculaire. Ici, la structure de la faujasite. © Institut de recherche sur la catalyse.

cure, des oxydes de soufre et d'azote dans l'air? Les canaux des zéolithes vont piéger ces molécules polluantes. Grâce à eux, également, l'azote sera purifié de ses ultimes traces d'oxygène ou bien encore des composés chimiques très voisins (isoparaffines et n-paraffines) pourront être séparés.

Les zéolithes sont également de merveilleux échangeurs d'ions, les fabricants de lessives l'ont bien compris. En effet, la suppression du calcium et du magnésium des

*Raymond Maurel, directeur de recherche CNRS, Institut de recherche sur la catalyse, I.P. 5401, 2, avenue Albert Einstein, 54626 Villeurbanne Cedex.

eaux est essentielle à la bonne efficacité de l'agent détergent. Les zéolithes ont pris la place des trop polluants phosphates. Le domaine agricole n'est pas en reste et les zéolithes sont employées pour enrichir le sol ou directement dans la nourriture animale. L'industrie agro-alimentaire utilise également leurs propriétés d'échangeurs d'ions pour la séparation du fructose et du dextrose dans les sucres.

Récemment le CNRS a apporté son concours à la modification de zéolithes produites par l'Air Liquide. Ce qui permettra d'obtenir des oléfines à partir de méthanol.

Même si sa connaissance est plus récente, c'est la propriété de catalyseur des zéolithes qui est la plus utilisée. Utilisation qui fait appel à leurs propriétés acides, parfois en association avec celles de tamis moléculaires.

Ainsi dans le domaine de la transformation des hydrocarbures, et ce dès 1960, l'industrie pétrolière les a progressivement substituées aux silices-alumines amorphes. Actuellement, la quasi totalité des unités de craquage catalytique des hydrocarbures opère avec des catalyseurs à base zéolithique. Le rendement en essence s'en est trouvé accru ainsi que la durée de vie des catalyseurs métalliques qui leur sont associés lors de la production, par hydrocraquage, de kérosène et de gasoil. La porosité contrôlée des zéolithes a également permis de développer de nouveaux procédés dans la pétrochimie (fondés toujours sur les propriétés acides mais aussi sur le principe de sélectivité de forme par lequel seules seront transformées les molécules de petit diamètre ayant accès aux pores des zéolithes): sélectoforming, M-Forming, alkylation, isomérisation, aromatisation et déparaffinage des combustibles. La mise au point de certaines zéolithes a également permis de développer des procédés industriels nouveaux tels que la conversion du méthanol en essence dont une unité, implantée en Nouvelle-Zélande, produira environ 15 000 barils par jour (2,4 millions de litres).

Récemment, enfin, le CNRS a apporté son concours à la modification de zéolithes (mordenites) produites par l'Air Liquide. Les solides ainsi obtenus permettent la production d'oléfines à partir de méthanol. Un procédé basé sur ces catalyseurs est en cours de développement avec le concours financier du ministère de la Recherche et de la Technologie.

La diversité de ces utilisations illustre l'étendue du potentiel des zéolithes. A chaque nouvel usage, à chaque nouvel impératif économique ou écologique, il semble désormais possible d'adapter une nouvelle zéolithe fraîchement sortie des autoclaves de synthèse ou puisée dans la réserve des zéolithes connues depuis longtemps et judicieusement modifiées pour remplir une nouvelle fonction.

La copie vaut mieux que l'original

François Figueras*

En synthétisant l'offretite et l'omega, le Laboratoire de chimie organique physique appliquée a considérablement amélioré les propriétés physiques de ces deux zéolithes naturelles. Grâce à ces travaux, de nouveaux procédés catalytiques sont étudiés par les pétroliers.

CERTAINES ZÉOLITHES connues depuis longtemps (comme l'offretite et l'omega) n'ont pas eu, jusqu'ici, d'application industrielle. Surtout à cause de la faible stabilité thermique des préparations que l'on savait obtenir. Ces deux zéolithes commencent, en effet, à perdre leur structure dès 550-600 °C. Or, il fallait les calciner à cette température pour éliminer les ions ammoniums et tétra méthylammoniums introduits lors de la synthèse et préparer la zéolithe sous la forme acide utilisable comme catalyseur.

Les travaux menés à Montpellier, dans notre laboratoire, ont consisté à étudier la synthèse de ces zéolithes en relation avec leurs propriétés physiques et ont permis d'améliorer d'environ 200 °C la stabilité thermique de ces solides: laquelle atteint, maintenant, 750 °C pour la forme acide. Cette amélioration est attribuée à l'obtention de solides ayant une structure cristalline exempte de défauts d'empilement.

L'amélioration des propriétés physiques est obtenue par une synthèse originale utilisant l'addition, au gel de synthèse, de germes de zéolithe préparés séparément. Cette technique permet d'employer des produits de départ bon marché (kaolinite des Charentes, par exemple) et de diminuer de façon spectaculaire le coût de la synthèse, tout en conduisant à une zéolithe très pure.

Les propriétés catalytiques de ces zéolithes ont été étudiées (après mise sous forme acide) dans un certain nombre de réactions qui sont généralement catalysées par la ZSM5, une zéolithe utilisée par Mobil. Il ressort de cette étude que des procédés catalytiques nouveaux, basés sur l'offretite,



Structure moléculaire de la zéolithe ZSM5 utilisée par Mobil. © Laboratoire de chimie organique physique appliquée.

peuvent être envisagés pour l'hydratation des oléfines, le déparaffinage des gasoils, la conversion du méthanol en oléfines légères ainsi que celle des naphthènes en essences, ou pour les alkylations et acylations d'aromatiques.

Trois brevets ont été déposés par le Laboratoire de chimie organique physique appliquée sur la zéolithe omega de synthèse et ses applications au raffinage et à la pétrochimie. Elf et l'IFP ont pris en charge les essais en pilote sur des charges réelles.

Les applications de la zéolithe omega sont moins connues bien que des brevets de Mobil proposent son utilisation pour la distillation des aromatiques, le craquage des gasoils, l'alkylation du benzène en éthylbenzène et la désalkylation des aromatiques.

Compte tenu de sa stabilité thermique excellente, cette zéolithe doit trouver des applications importantes dans la conversion des charges lourdes par craquage ou hydrocraquage. En effet, ces opérations nécessitent l'utilisation de zéolithes à grands pores. C'est le cas de la zéolithe omega qui adsorbe des molécules ayant un encombrement de l'ordre de 10 Å et qui pourrait donc être à la base des futurs catalyseurs de craquage. Ces travaux ont donné lieu au dépôt de trois brevets revendiquant les solides originaux obtenus et leurs applications au raffinage et à la pétrochimie. Ils sont actuellement poursuivis, dans le cadre d'un contrat, en collaboration avec Elf et l'IFP, qui prennent en charge les essais en pilote sur des charges réelles.

*François Figueras, maître de recherche CNRS, responsable du Laboratoire de chimie organique physique appliquée, UA 07-0 954, université des sciences et techniques du Languedoc. Ecole nationale supérieure de chimie de Montpellier, 8, rue de l'École normale, 34075 Montpellier Cedex.

Catalyseurs acides

Raymond Wey*

Seules des zéolithes assez riches en silicium sont utilisables comme catalyseurs acides par les raffineurs et les pétrochimistes. Le Laboratoire de matériaux minéraux leur en a synthétisé trois sortes.

Zéosilite, aluzéosilite, borozéosilite : trois zéolithes synthétisées par le Laboratoire de matériaux minéraux. La Compagnie française de raffinage s'intéresse aux deux premières pour la fabrication d'essence sans plomb.

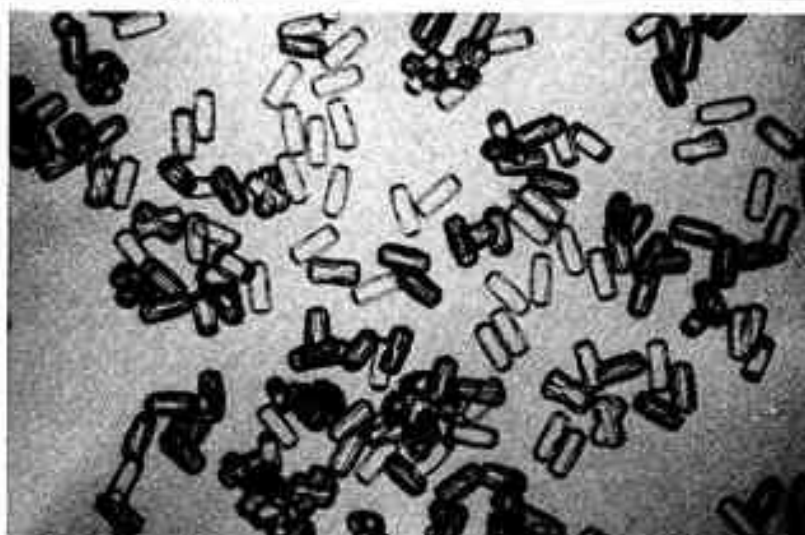
L'UTILISATION des zéolithes comme catalyseurs acides en raffinage ou en pétrochimie n'est possible que sous certaines conditions. Dans ces domaines industriels elles doivent, en effet, conserver leurs structures et leur activité au cours de la réaction et lors des traitements thermiques nécessaires à la régénération. Seules les zéolithes assez riches en silicium répondent à ces conditions.

C'est pour cette raison que le Laboratoire de matériaux minéraux s'est intéressé à la synthèse de certains d'entre eux en milieu fluorure. Notamment fut obtenu du zéosilite, un polymorphe de silice, à partir de silices exemptes d'alumine. Sa surface interne, remarquablement hydrophobe, permet de l'employer pour l'adsorption et la séparation de certaines molécules. On pourrait ainsi imaginer la possibilité de son utilisation pour séparer l'eau de l'alcool à la place du procédé de distillation.

Le laboratoire a réalisé deux dérivés du zéolithe en remplaçant une partie de son silicium par de l'aluminium ou du bore au cours de la synthèse. Ceux-ci, les aluzéosilites et les borozéosilites, après calcination, deviennent des catalyseurs acides offrant aux utilisateurs des caractéristiques nouvelles et variées.

La synthèse de ces trois types de produits a fait l'objet de brevets dont les deux premiers ont été déposés par la Compagnie française de raffinage (en vue de la fabrication d'essence sans plomb) et le dernier par l'ANVAR.

*Raymond Wey, professeur, responsable du Laboratoire de matériaux minéraux, U.A. 428, université de Haute-Alsace, Ecole nationale supérieure de chimie de Mulhouse, 3, rue Alfred Werner, 68093 Mulhouse Cedex.



Photographie au microscope optique d'une borozéolite (en haut) et d'une zéosilite (en bas). © Laboratoire de matériaux minéraux - Photo : Jean-Louis Gath.

CATALYSE

Les mystères de la catalyse

Michel Vrinat*

Plus rapide, plus performant et plus rentable, ce nouveau micro-réacteur sous pression facilite considérablement la connaissance des réactions chimiques mises en œuvre dans les procédés catalytiques.

P OUR MIEUX COMPRENDRE les réactions chimiques des procédés catalytiques, les chercheurs et les industriels ont recouru à leur étude cinétique. A cet effet l'Institut de recherche sur la catalyse a mis au point un micro-réacteur sous pression. La société

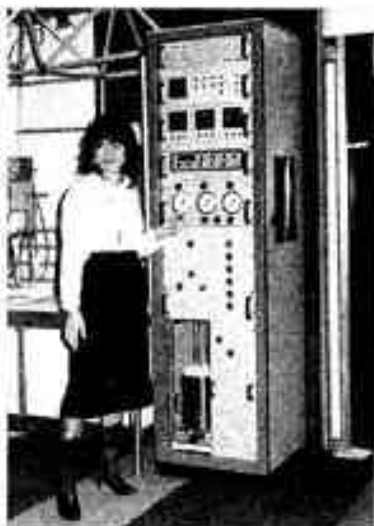
Sotelem qui a signé avec le CNRS un contrat de licence de savoir-faire en assure la production et la commercialisation.

Ce nouveau procédé présente des avantages incontestables par rapport aux unités de réaction sous pression classiques. C'est ce que démontre une étude comparative réalisée sur deux systèmes et portant sur l'activité catalytique de catalyseurs d'hydrotraitement : l'hydrogénation d'un hydrocarbure aromatique en présence d'un hydrocarbure sulfuré. Quatre grandes conclusions se dégagent de cette comparaison. Il apparaît, en premier lieu, qu'un test catalytique sur molécule modèle, couram-

ment mis en œuvre en petit pilote dans des études de développement de catalyseurs de raffinage, peut être effectué sans perte d'information dans un micro-réacteur de volume environ dix fois plus faible. Par ailleurs, la durée de mise en régime en micro-réacteur a été divisée, au moins, par un fac-

La société Sotalem produit et commercialise le micro-réacteur sous pression mis au point par l'Institut de recherche sur la catalyse.

teur cinq. En troisième lieu on note, pour une micro-unité équipée de l'analyse automatique en ligne, que la durée d'un test (exploitation comprise) ne devrait pas excéder vingt-quatre heures alors que dans le système classique il n'est guère possible de réaliser plus de six tests par mois et par unité. Enfin, on peut ainsi espérer multiplier par trois le délai de réponse d'un test et d'en diviser par six le coût unitaire.



Réacteur dynamique sous pression RDP 310.
Document Sotalem.

Parmi les diverses réactions catalytiques étudiées au moyen de cette unité on peut citer l'hydrogénation catalytique et l'hydropurification catalytique (hydrodésulfuration, hydrodénitration, etc.). L'adaptabilité et la grande souplesse du système ont d'ores et déjà permis à des chercheurs de formuler de nouvelles masses, de mener à bien des études comparatives de catalyseurs ou des études cinétiques en phase gazeuse. ■

*Michel Vrinat, chargé de recherche CNRS, Institut de recherche sur la catalyse, LP 00-5401, CNRS, 2, avenue Albert Einstein, 69626 Villeurbanne Cedex.

Présent sur tous les fronts

Germain Marteau*

Que ce soit à travers le Groupement d'études pour la catalyse, le club « Pétrole », les contrats du ministère de la Recherche et de la Technologie ou le Groupement scientifique « Hydrotraitements », le CNRS est toujours associé à l'industrie des catalyseurs.

LES RELATIONS entre les chercheurs du CNRS et ceux de l'industrie, dans le domaine de la catalyse, n'ont cessé de s'améliorer au cours des quinze dernières années. Les raisons en sont, d'une part la volonté affichée de nombreuses personnes qui, en créant le Groupement d'étude pour la catalyse (GECAT), puis le Comité des relations industrielles (CRII), ont permis aux chercheurs de se connaître et de s'apprécier, et d'autre part, les différentes incitations financières mises en avant par les ministères pour favoriser les actions coopératives.

Ces efforts conjugués font qu'aujourd'hui de nombreux contrats lient des laboratoires du CNRS à un industriel ou,

souvent à un groupement d'industriels. Ces associations sont fructueuses car les motivations sont claires: les équipes du CNRS sont retenues pour leurs compétences et leur complémentarité, et il existe une volonté commune d'aboutir à la mise au point d'un catalyseur.

Dans le cadre de la chimie des C_1 , divers contrats lient Cdf Chimie, Grande Paroisse et IFP à l'Institut de recherche sur la catalyse ainsi qu'à d'autres laboratoires publics. De même, le Groupement scientifique « Hydrotraitements » associe le CNRS à la CFR, Elf et IFP.

Parmi les contrats importants du ministère de la Recherche et de la Technologie, il convient de signaler ceux lancés dans le cadre de la chimie des C_1 à partir du gaz de synthèse $CO + H_2$ ou, éventuellement, $CO_2 + H_2$ et qui concernent, l'un, la mise au point d'un nouveau procédé de synthèse du méthanol en phase liquide, et l'autre, la synthèse d'oléfinés à partir de $CO + H_2$ ou de méthanol. Dans les deux cas, le groupement d'industriels est constitué par Cdf Chimie, Grande Paroisse et IFP et ils sont associés à des laboratoires aussi divers que ceux de Caen, Lille, Lyon (Institut de recherche sur la catalyse - IRC), Poitiers et Strasbourg.

Chaque laboratoire apporte sa compétence propre pour réaliser les travaux définis au cours des réunions programmes et dont les résultats sont discutés régulièrement. Le programme est amenagé chaque fois pour tenir compte des résultats récents. Ce type de coopération élargie, mobilisant des laboratoires de compétences complémentaires, s'avère être une réussite.

Il en est de même du Groupement scientifique « Hydrotraitements », créé en 1982, et qui associe au CNRS, CFR, Elf et IFP. L'objectif initialement fixé, c'est-à-dire la connaissance des phases actives de catalyseurs à base de nickel-tungstène (NiW) sulfurés supportés sur alumine et l'optimisation du système catalytique, est pratiquement atteint; la formule catalytique retenue est en cours de réalisation à Procatalyse et sera, après reconnaissance de sa conformité, testée par les industriels. Les quatre équipes CNRS impliquées - Caen, Lille, Lyon (IRC) et Montpellier - ont travaillé ensemble, les mêmes échantillons traités de façon analogue étant examinés par les divers groupes, de sorte que tous les résultats ont pu être repris et mis en commun pour atteindre l'objectif visé.

On ne peut que souhaiter la reconduction de telles opérations qui permettent de mobiliser le CNRS sur des sujets d'actualité pour l'industrie des catalyseurs et leurs utilisateurs. ■

*Germain Marteau, Institut français du pétrole, 1 et 4, avenue de Bois-Préau, BP 311, 92506 Rueil-Malmaison Cedex.

POLYMERES

DE LA MACROMOLECULE A L'OBJET FINI

Jean-Pierre Vairon*

L'immense éventail des propriétés des polymères en fait un ensemble extraordinairement complexe. D'où l'intérêt témoigné par l'industrie des matières plastiques à l'égard de la recherche fondamentale dans ce domaine. Laquelle s'est, depuis longtemps, ouverte aux applications.

P RINCIPAUX MATÉRIAUX issus de la chimie organique, les polymères sont les constituants de ces « matières plastiques » et « caoutchoucs » divers qui ont envahi notre environnement quotidien. Utilisés tels quels sous forme de films, de plaques, de tubes et profilés, d'objets moulés, ou encore en association avec des charges particulières ou fibreuses, ils présentent un ensemble remarquable de propriétés, alliant souvent légèreté, souplesse, transparence, à la résistance mécanique et à la facilité et la rapidité de mise en œuvre.

Mais derrière l'apparente simplicité de ces matériaux, se dissimulent une science et une technologie extraordinairement complexes. Si leur composante commune est leur nature macromoléculaire, la diversité de leurs structures chimiques, de leurs morphologies, explique le très large éventail de leurs propriétés et donc le fait qu'ils soient en mesure de répondre à la plupart des cahiers des charges des matériaux modernes. De la macromolécule à l'objet fini, le chemin est long qui va de la connaissance la plus fondamentale de la chimie de synthèse, de la structure moléculaire et supra-moléculaire, de la physique des polymères à l'état solide, à la maîtrise des procédés industriels de production et, enfin, à la transformation des demi-produits. Sans oublier que chaque étape de cette chaîne conditionne la morphologie des matériaux et donc ses propriétés finales, rendant ainsi indispensable, à tout niveau, une étroite articulation entre une recherche en amont finalisée et l'utilisation en aval.

Le CNRS, qui dispose dans ce domaine d'un excellent potentiel fondamental, s'est largement ouvert vers l'industrie des polymères. Les relations directes des laboratoires sont habituelles et nombreuses; néanmoins le CNRS a mis en place des structures adaptées destinées à écouter les industriels et à favoriser les contacts des laboratoires, à organiser et à coordonner les opérations de recherche, en particulier si elles sont pluridisciplinaires: il s'agit du Pro-

gramme interdisciplinaire sur les matériaux (PIRMAT), du Club des relations industrielles « Polymères » particulièrement actif, et bien sûr, du département de valorisation de la recherche. Le pilotage et le soutien de ces recherches finalisées se font par l'intermédiaire d'actions thématiques, de Groupements de recherches coordonnées, en place ou en cours d'étude (GRECO « Chimie des composites », « Mécanique des composites », « Adhésion et collage », « Membranes »), de Groupements scientifiques associant, sur un thème donné, les laboratoires et un partenaire industriel (silicones, plasmas et textiles, cellulose et papier). Nombre de ces actions ont été structurées en harmonie, et souvent avec le soutien efficace, du ministère de la Recherche et de la Technologie qui intervient par les secteurs matériaux, chimie, filière bois de sa mission scientifique et technique (contrats programmes matériaux, polymères pour l'électronique, action cellulose-papier).

Nombre de ces opérations conduites avec l'industrie des polymères ont été de remarquables réussites, qu'il s'agisse des matériaux en émergence comme les polymères « techniques » (pour l'électronique,



Laboratoire d'étude des macromolécules de réaction.
© CNRS. Photo: J.-N. Reichert

thermostables, biomatériaux, etc.), les matériaux composites, ou qu'il s'agisse des matériaux traditionnels comme les polymères de grande diffusion pour lesquels on recherche plus l'optimisation des procédés que la mise au point d'un matériau nouveau. Les quelques exemples qui suivent, pris parmi beaucoup d'autres apparaissent en être l'éclatante démonstration. ■

Pour une poignée de valeur ajoutée en plus

Jacques Villermans*

L'industrie des matières plastiques est à faible valeur ajoutée. D'où l'intérêt d'en maîtriser la production le plus en amont possible. CdF Chimie l'a compris qui demande, entre autres, à des fondamentalistes comment s'y prendre pour mieux contrôler la structure des macromolécules lors de la polymérisation.

L ES MATIÈRES PLASTIQUES de grande diffusion comme le polyéthylène sont soumises à une concurrence internationale intense. Leur prix de revient comprend, essentiellement, le coût des matières premières et de l'énergie nécessaire à leur fabrication. La valeur ajoutée est faible. D'autre part, les propriétés recherchées par les utilisateurs varient, suivant que la résine est destinée à fabriquer des films, des produits d'emballage, des tuyaux, des plaques ou des objets moulés.

*Jean-Pierre Vairon, chargé de mission CNRS, direction scientifique du département Chimie, 15, quai Anatole France, 75700 Paris.

Or ces propriétés dépendent, dans une large mesure, de la structure des macromolécules qu'il faut savoir contrôler lors de la polymérisation. Pour toutes ces raisons, l'industrie occidentale ne peut espérer maintenir ses positions sur un marché mondial très tendu qu'au prix d'un effort technologique important, s'appuyant sur une connaissance scientifique des procédés.

Les vertus de la modélisation

C'est ce qu'avaient compris, dès 1973, les responsables des pilotes industriels de la société Ethylène-Plastique, à Lillebonne (devenue, entre temps, CdF Chimie) lorsqu'ils consultèrent l'équipe de chercheurs du Laboratoire des sciences du génie chimique, à Nancy. Il s'agissait, à l'époque, d'analyser les distributions de temps de séjour dans les réacteurs pilotes afin de voir si l'hydrodynamique interne et les conditions d'agitation avaient une influence sur le produit obtenu.

C'était un problème difficile car la polymérisation radicalaire a lieu sous haute pression (1500 à 2000 bars), entre 180 et 300°C par injection d'un amorceur chimique dans un milieu supercritique proche de la démixion. Parallèlement, se posait le problème de l'établissement d'un modèle cinétique fondé sur les mécanismes de base identifiés par les chercheurs d'Ethylène-Plastique et capable de rendre compte des caractères structuraux des macromolécules : masse moléculaire moyenne, polydispersité, taux de branches longues et courtes, doubles liaisons vinyliques et vinylidènes.

Toutes caractéristiques dont on pouvait penser qu'elles influençaient sur les propriétés d'usage industriel. A cet égard, des tentatives de corrélations statistiques en « boîte

noire », entre ces caractères et les conditions de marche des réacteurs, entreprises à l'Ecole des Mines, n'avaient pas donné satisfaction. L'équipe de Nancy se mit donc au travail. Elle ne devait plus abandonner le problème jusqu'à sa solution en 1984, après onze années d'une collaboration maintenue obstinément, à travers les changements de structures et d'interlocuteurs.

On établit d'abord un modèle mathématique simple de l'écoulement, grâce à des mesures de distribution de temps de séjour effectuées sur une maquette froide construite à Nancy. Puis on s'attaqua au problème de la modélisation cinétique, en essayant de rendre compte, dans un premier temps, de la consommation du monomère (et donc de la production du polymère) dans les essais pilotes. Pendant plusieurs années, on se heurta à un mur : il était impossible d'expliquer la marche des réacteurs avec les hypothèses classiques.

Grâce au Laboratoire des sciences du génie chimique, CdF Chimie dispose désormais d'un modèle complet de simulation et d'optimisation du procédé radicalaire de fabrication du polyéthylène haute pression basse densité.

La solution fut trouvée en supposant que le mélange du courant d'amorceur dans la masse en cours de polymérisation était imparfait, par application d'un modèle de ségrégation partielle imaginée au laboratoire dans des études tout à fait fondamentales sur le micromélange des fluides. C'était la clé de l'explication et la situation se débloqua immédiatement.

Restait à rendre compte de la qualité du polymère en fonction des conditions de marche des réacteurs. L'approche classique de la chimie macromoléculaire (qui suit en détail le devenir de chaque espèce

radicalaire en cours de croissance) s'avérait, ici, impraticable en raison de la complexité du schéma cinétique, où interviennent des processus de branchement et de coupure des macromolécules.

Là encore la solution fut trouvée par application des méthodes de modélisation du génie chimique fondées sur une approche systémique. On mit au point un « modèle de tendance » qui, oubliant l'existence sous-jacente des molécules individuelles, s'intéressait uniquement aux concentrations globales en polymère mort et en radicaux libres, aux moments statistiques de la distribution des masses moléculaires, et aux concentrations de caractères structuraux mentionnés ci-dessus (points de branchement, liaisons doubles, etc.). En s'appuyant sur les mécanismes élémentaires, on put établir des expressions mathématiques donnant les vitesses de production ou de consommation de toutes ces entités, considérées comme des pseudo-composés. Encore fallait-il déterminer les constantes cinétiques du modèle. Ceci fut possible grâce à plusieurs campagnes menées sur site industriel à Mazingarbe, dans un réacteur d'étude de type agité continu, avec participation directe des chercheurs de Nancy.

L'épreuve de vérité

Restait l'épreuve de vérité : la comparaison aux résultats obtenus sur les lignes industrielles. Celle-ci se révéla très satisfaisante et l'on peut dire que CdF Chimie, dispose maintenant d'un modèle complet de simulation et d'optimisation du procédé radicalaire de fabrication du polyéthylène haute pression basse densité.

Parallèlement, toute cette recherche a permis à l'équipe du Laboratoire des sciences du génie chimique de Nancy de progresser et de se poser des problèmes de modélisation tout à fait fondamentaux. Problèmes qu'il n'aurait probablement pas abordés autrement. Mais l'exposé de collaboration serait incomplet si l'on ne mentionnait un élément décisif pour le succès du transfert de connaissances : l'embauche par CdF chimie du chercheur ayant assuré le succès de la mise au point finale du modèle.

L'histoire n'est pas terminée puisque, fort de ce succès, le laboratoire s'attaque maintenant, avec CdF Chimie, à un autre procédé de polymérisation. Elle illustre le rôle important que peut jouer le transfert de méthodologie dans l'optimisation des procédés industriels. ■

* Jacques Villermans, directeur de recherche CNRS, Laboratoire des sciences du génie chimique, LP 00-6811, Ecole nationale supérieure des industries chimiques, 1, rue Grandville, 54042 Nancy Cedex.



Les installations de polyéthylène de CdF Chimie à Dunkerque. © Marie-Françoise Lantier.

BIOMATERIAUX

L'avenir radieux des biomatériaux

Georges-Michel Chevallier*

Le secteur économique des « biomatériaux », qui représente environ 7 % du marché des technologies biomédicales, croît chaque année de 15 % en valeur. Dans vingt ans il sera du même ordre de grandeur que celui des médicaments.

LES « BIOMATERIAUX » sont des substances naturelles ou synthétiques capables d'être tolérées de façon permanente ou transitoire par un corps vivant.

Leur concept est apparu très récemment bien que, pendant très longtemps, ces matériaux aient été choisis empiriquement parmi les métaux précieux. Avec le développement de matériaux nouveaux comme les céramiques, les polymères, les composites, etc., le champ d'applications a dépassé celui des prothèses osseuses ou dentaires pour s'élargir à d'autres domaines comme l'ophtalmologie ou la cardiologie.

Le club CRIN « Génie biomédical » qui a développé une large information sur le problème des biomatériaux adaptés au domaine des prothèses a également édité une base de données regroupant les entreprises et les laboratoires publics concernés.

Le secteur économique des « biomatériaux » (c'est-à-dire des dispositifs comme les organes artificiels, les prothèses ou les objets consommables travaillant sans contrainte biologique et utilisant, par conséquent, les biomatériaux) représente environ 7 % du marché des technologies biomédicales. Leur taux de croissance annuelle atteint 10 à 15 % en valeur. On peut estimer que ce marché deviendra, dans une vingtaine d'années, du même ordre de grandeur que celui des médicaments.

Les problèmes posés en terme de recherche s'articulent autour de trois idées.

D'abord, on souhaite connaître le comportement physique du matériau ou d'un assemblage de matériaux dans son « milieu biologique » (résistance, fatigue, usure, formage, élasticité, etc.).

Ensuite, on veut comprendre les conditions d'activité des cellules biologiques à l'interface du vivant et de l'inertie (facteurs de croissance bio-chimiques, rôle de certaines enzymes, conditions d'initialisation du phénomène de rejet ou de prolifération cellulaire anarchique, contrôle de la biodégradabilité, etc.).

Enfin, il conviendrait de dégager une méthodologie permettant d'exercer des choix raisonnables parmi tous les nouveaux matériaux susceptibles d'être fabriqués en vue d'applications précises (mise en œuvre de tests probatoires, circulation de l'information, etc.).

Actuellement les efforts qui sont faits en France se développent dans les domaines de l'hémocompatibilité et des matériaux pour l'ophtalmologie et pour l'orthopédie.

Le club CRIN « Génie biomédical » a tenu à aborder ce sujet de deux manières. D'abord en suscitant l'organisation de réunions scientifiques. L'une, d'information assez large, a porté sur les implants permanents comme les prothèses de hanche (40.000 opérations en France par an) ou du genou (10.000 opérations par an), sur les prothèses en contact avec le sang (il y a 15.000 installations en prothèse vasculaire par an dans notre pays) et sur l'ophtalmologie (lentilles de contact mais aussi implant cristallin et remplacement de l'humour vitré). Une seconde réunion a été centrée sur l'odontologie et, plus particulièrement, sur l'intérêt du développement de l'association alumine-céramique pour effectuer des prothèses dentaires. Ensuite, partant de l'idée que des obstacles majeurs au développement, en France, des biomatériaux résultaient des difficultés d'échange entre les concepteurs de matériaux nouveaux, le corps médical et les scientifiques capables de s'intéresser à la dynamique biochimique de l'interface tissu-matériau, le club CRIN « Génie biomédical » a édité une base de données regroupant les firmes industrielles et les laboratoires publics.

Toutes ces actions ont surtout eu pour objet de sensibiliser la communauté scientifique et le secteur économique, laissant, évidemment, aux directions scientifiques le soin de développer des initiatives spécifiques.

* Georges-Michel Chevallier, directeur scientifique CNRS, département Génie biologique à l'université de Compiègne, UA 07-0910, rue Personne-De-Roberval, BP 233, 60206 Compiègne Cedex.

POLYMERES

L'avenir des matériaux carbonés

François Carmona*

En comprimant un polymère additionné à des particules de carbone on s'est rendu compte que sa conductivité variait. Cette propriété a trouvé un emploi particulièrement intéressant dans la fabrication des jauges.

Des jauges et capteurs de contraintes mécaniques sont développés en collaboration par le Centre de recherche Paul Pascal et le CEA-CESTA.

LUN DES CINQ THEMES de recherche du Centre Paul Pascal, à Bordeaux, concerne les matériaux carbonés, notamment les matériaux hétérogènes polymères - particules de carbone. Ceux-ci présentent des comportements électriques originaux en raison, d'une part, de la grande différence entre les conductivités de la matrice polymérique (isolante) et des particules de carbone (conductrices) et, d'autre part, de leur constitution.

En soumettant un tel matériau conducteur à une contrainte mécanique (une compression hydrostatique, par exemple) on se rend compte que sa conductivité électrique varie. Il est donc piézorésistant. Cette propriété a trouvé un emploi particulièrement intéressant dans la fabrication de jauges et de capteurs de contraintes mécaniques. On peut, en effet, ajuster à volonté la sensibilité, la résistance nominale, le domaine de contraintes d'utilisation et la géométrie de ces composants.

Le développement de ces jauges, dont on peut attendre l'utilisation dans de nombreuses applications, est mené en collaboration avec le CEA-CESTA. Il a donné lieu au dépôt de plusieurs brevets.

* François Carmona, Centre de recherche Paul Pascal, magnétochimie et chimie structurale, LP 8641, domaine universitaire, université de Bordeaux I - 33405 Talence Cedex.

POLYMERES

Une torche dans le fil

Jean-Claude Brosse*

L'Institut textile de France a adhéré l'an dernier au Groupement scientifique « Physico-chimie des plasmas ». La qualité des vêtements de demain a tout à y gagner.

LES MATÉRIAUX TEXTILES, par leur origine, leur mise en œuvre et leur transformation sont redevables de la plupart des sciences et, sans doute, de toutes les technologies, rappelle-t-il, en mai 1983, le directeur

des programmes de recherche de l'Institut textile de France (ITF) lors d'une journée CNRS-ITF. Et il ajoutait : « Nous devons progresser dans l'analyse et la compréhension de la structure et de la texture des matériaux. A ce titre, l'appui des chercheurs du CNRS, dans de nombreuses disciplines, est nécessaire ».

Quand le CNRS aide à réaliser des vêtements de meilleure qualité.

En application de ces deux affirmations, le CNRS et l'ITF ont signé le 15 janvier dernier la convention de création du Groupement scientifique « Physico-chimie des plasmas. Application aux matériaux textiles ». L'objectif de ce GS ? Mettre en œuvre et coordonner les recherches sur la structure et les propriétés de l'interface plasma/matériaux textiles de divers plasmas et divers matériaux choisis pour leur intérêt dans la connaissance des mécanismes réactionnels.

Les chercheurs ont porté leur choix sur un réacteur à plasma de type basse pression, générateur d'espèces excitées qui modifient les propriétés de surface des matériaux textiles qui lui sont soumis. Les travaux portent actuellement sur des matériaux à base de polyéthylène téréphthalate (PET) et de polypropylène. Ils permettent de comprendre les mécanismes des réactions chimiques se produisant dans l'action d'un plasma sur une fibre textile. Et, par là même, il sera possible de modifier les conditions d'application de ces plasmas.

Grâce aux suites qui seront données à ces travaux, les industriels du textile pourront améliorer leurs enductions fines sur tissus ou l'ensimage du fil à coudre.

*Jean-Claude Brosse professeur, Laboratoire de chimie et physico-chimie macromoléculaire, UA 07-0311, université du Maine, Le Mans, Route de Laval, 72017 Le Mans Cedex.

Des accumulateurs en polymères conducteurs

Michel Armand*

Les nouveaux polymères conducteurs bousculent les idées reçues en matière de stockage de l'énergie. Et, notamment, dans le domaine du véhicule électrique.

EN TRAITANT certains polymères avec un métal ou un sel métallique (dopage), on est parvenu à rendre ceux-ci conducteurs : les électrons ou les ions devenant mobiles. Aujourd'hui, la liste de ces nouveaux matériaux et de leurs applications possibles s'allonge. En effet, les polymères conducteurs possèdent de sérieux avantages : faible coût, grande variété, légèreté et grande sur-

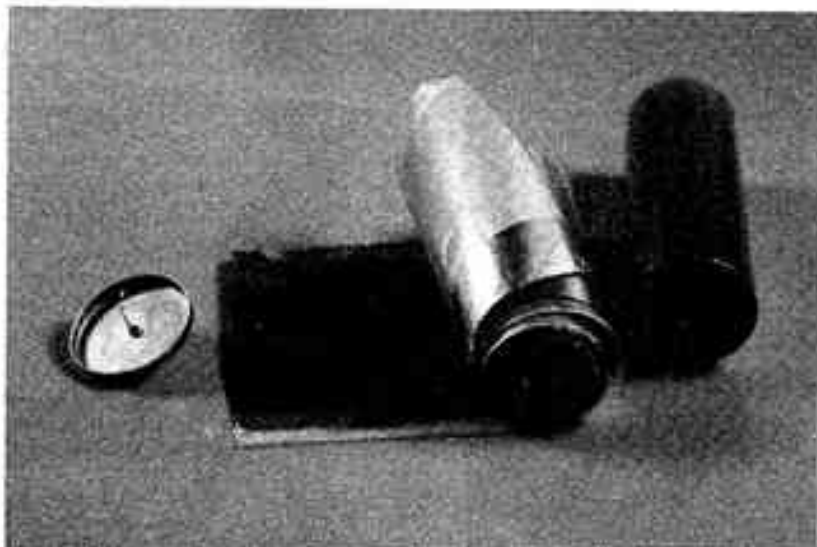
La batterie à électrolyte polymère du Laboratoire d'énergie électrochimique fait l'objet d'une action de valorisation d'envergure auprès d'Elf-Aquitaine et d'Hydro-Québec.

face spécifique. Mais tous les problèmes en amont ne sont pas encore résolus.

Le Laboratoire d'énergie électrochimique, pour sa part, développe depuis 1978 des générateurs « tout solide » utilisant le couple lithium-composé d'insertion. Ce type de batterie à électrolyte polymère fait actuellement l'objet d'une action de valorisation de grande envergure avec Elf-Aquitaine, en France, et Hydro-Québec, au Canada. Elle regroupe vingt-quatre chercheurs qui en sont, depuis 1982, au stade de la construction de prototypes (phase de pré-développement). Les tests effectués sur des éléments réels montrent d'excellentes performances en durée de vie et en énergie stockée (120 Wh/kg).

Si des progrès peuvent encore être attendus (conductivité dès la température ambiante, meilleure sélectivité de l'électrolyte), cette filière bouscule d'ores et déjà les idées reçues en matière de stockage de l'énergie. Et, notamment, dans le domaine du véhicule électrique.

Avec ces perspectives, les polymères conducteurs sont devenus un des jeux majeurs de l'ionique du solide. Ils font l'objet d'une active compétition internationale (France, Grande-Bretagne, États-Unis et Japon). On doit savoir que la mise au point de ces générateurs aura exigé le maximum des technologies connues pour produire des surfaces considérables (30 m²/KWh) de film mince sans défaut. Et ce, à partir de matériaux aussi réactifs que le lithium.



Prototype de générateur électrochimique « tout solide ». La photographie montre l'empilement des films minces des collecteurs de courant, électrodes et électrolytes. Réalisé au centre de recherche de l'Hydro-Québec dans le cadre de la collaboration CNRS-ANVAR, Elf et Hydro-Québec. © Laboratoire d'énergie électrochimique.

*Michel Armand, maître de recherche CNRS, Institut national polytechnique de Grenoble, Laboratoire d'énergie électrochimique, LA 04-0265, ENSEEG, Domaine Universitaire, BP 75, 38402 Saint-Martin-d'Hères.

SEPARATION

L'IRRESISTIBLE ASCENSION DES MEMBRANES

Louis Cot*

D'ici cinq ans les marchés des procédés à membranes seront multipliés, selon le cas, par quatre, huit et dix. Les chercheurs ne veulent pas rater le coche.

OSMOSE INVERSE, ultrafiltration, microfiltration, électrodialyse : ces procédés à membranes représentent, respectivement, des marchés mondiaux de 34, 36, 220 et 40 millions de dollars. Marchés qui, d'ici 1990, seront multipliés par 4, 10, 4 et 8. Pourquoi ces techniques de séparation prendront-elles une place de plus en plus grande dans notre environnement (cadre de vie, industrie chimique, etc.) ? Parce qu'elles possèdent d'indéniables qualités intrinsèques.

En effet, leur modularité leur confère une grande facilité d'adaptation aux problèmes à résoudre ainsi qu'aux volumes à traiter. Leur coût d'exploitation est faible ainsi que la dépense en énergie. Elles sont d'une grande simplicité de fonctionnement et traitent les substances fragiles sans les désorganiser.

La mise en œuvre d'un procédé membranaire fait appel, en particulier, à une profonde connaissance en chimie des matériaux (conception des membranes) et à la maîtrise du génie chimique (étude du transfert et du génie du procédé). C'est cette nécessité d'avoir une équipe pluridisciplinaire qui est à l'origine de la création du GRDM (Groupe de recherche et de développement sur les membranes). Douze laboratoires s'y sont associés avec, pour objectif, l'étude fondamentale, la maîtrise de l'ensemble de la fabrication, la mise en œuvre des membranes avec transfert effectif à l'industrie.

Le GRDM a, depuis trois ans, conduit des études de base concernant la fabrication et la caractérisation de nouvelles membranes mais aussi développé de nombreux

autres applications en relation avec les industries et la communauté scientifique internationale, dans différents domaines.

Depuis trois ans le Groupe de recherche et de développement sur les membranes conduit des études théoriques et développe de nombreuses applications industrielles dans ce domaine.

Dans celui des technologies alimentaires, l'objectif est l'adaptation des différents procédés à membranes pour la clarification et la stabilisation des vins et jus de fruits, le traitement du lait et du lait de soja. Actuellement, le groupe travaille sur six axes différents de recherche :

- conception et réalisation des membranes minérales ayant des diamètres de pores inférieurs à 0,2 μ et de membranes conductrices, en vue de l'étude de la couche de polarisation et de l'optimisation du décolmatage;
- étude du décolmatage des appareils d'ultrafiltration sur membranes minérales des vins et moûts par le système de pression inverse;
- mise au point de la production de jus de kiwi stérile;
- optimisation hydrodynamique du fonctionnement de membranes organiques pour la stérilisation de jus de fruits (raisin blanc, pomme);
- mise au point d'une base concentrée de lait de soja pour la fabrication de tofou;
- étude du traitement des caillés acides par ultrafiltration.

Le traitement de l'eau et des effluents constitue un thème prioritaire de par les applications qui en découlent : il s'agit d'adapter différents procédés à membranes de microfiltration, ultrafiltration, électrodialyse et électrocoagulation pour obtenir la dépollution des effluents et la purification des eaux très polluées.

La mise au point de nouveaux supports et de divers types de membranes pour la préparation d'eau potable, l'optimisation des procédés de microfiltration pour transformer les eaux usées en eau d'irrigation sont des opérations dont le développement est promis à un bel avenir dans tous les pays du pourtour méditerranéen, du golfe Persique et d'Afrique.

L'étude d'additifs permettant l'ultrafiltration et le traitement des bains de chromage et de tannage pour arrêter les métaux, les mises au point concernant la régénération des huiles de coupe et la purification des rejets industriels (huiles de vidange, effluents de teinturerie) sont d'un intérêt primordial pour la protection future de notre environnement.

Les bioréacteurs à membranes vont connaître un essor important dans la prochaine décennie. Le GRDM y apporte sa contribution en développant un réacteur biologique en vue de la production de galactose à partir de lactosérum, sous-produit de l'industrie laitière.



Vue en coupe, au microscope électronique à balayage, d'une structure minérale asymétrique. © Laboratoire de chimie des matériaux, Montpellier.

*Louis Cot, Professeur, Laboratoire de chimie minérale appliquée, chimie des matériaux, UA 07-0314, 8, rue de l'Ecole Normale, 34075 Montpellier Cedex.

VUE DE L'INDUSTRIE

**Ni barrières,
ni tabous**

Claude Humbert*

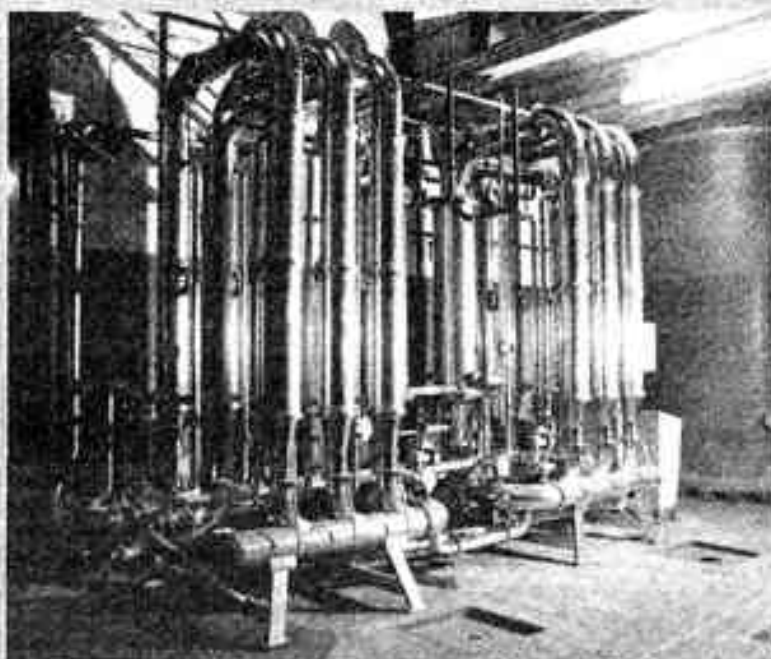
Le directeur de la société Imeca tire les conclusions de trois années de collaboration avec le Groupe de recherche et de développement sur les membranes.

La société Imeca et le Groupe de recherche et de développement sur les membranes (GRDM) auquel elle est associée, ont pu, dans cette expérience, s'enrichir, apprendre à réfléchir et à raisonner en commun. Le chercheur a eu, enfin, la possibilité de voir rapidement se concrétiser ses travaux à travers une réussite immédiate ou un échec momentané. Tout a été positif et a permis la progression.

De son côté, l'industriel a eu l'occasion d'utiliser la formidable appareil de la recherche publique. Il a appris à appréhender et à organiser une recherche dans les faits et dans l'esprit. Les horreurs ont pu ainsi s'apprécier et se connaître. Les barrières sont tombées et les tabous ont disparus.

Depuis trois ans, notre société, très proche du GRDM, collabore à différents programmes de recherches appliquées et fondamentales avec les professeurs Col, Tardieu de La Fuente et Rumeau. Les contrats qui nous lient intéressent la microfiltration et l'ultrafiltration tangentielle sur membranes minérales dans le secteur agroalimentaire liquide et le genre des eaux.

Une partie de nos travaux communs est aujourd'hui concrétisée par plusieurs instal-



«Pompe» microfiltration ultrafiltration de microfiltration des eaux et des minéraux dans l'usine coopérative de Canet (Hérault) alimentée des travaux communs entre Imeca et le GRDM. Dessous: Imeca.

lations industrielles. Elles concernent, notamment, la microfiltration des vins et des moûts (coopérative de Canet, dans l'Hérault), la séparation des protéines d'hydrolysat de

poissons (centre de traitement des produits de la pêche, à Boulogne-sur-mer) et le traitement des eaux d'alimentation urbaine (commune de Saint-Gervais, dans le Gard).

Une collaboration qualifiée d'exemplaire au niveau des hommes et des résultats. ■

Les contrats qui lient la société Imeca au Groupe de recherche et de développement sur les membranes intéressent la microfiltration et l'ultrafiltration tangentielle sur membranes minérales dans l'agroalimentaire et le genre des eaux.

* Claude Humbert, président directeur général d'Imeca, Zone Industrielle, BP 94, 34800 Clermont-l'Hérault.

ALIMENTATION

**Des acides pour la
fin de la faim**

Auguste Commeyras*

En ajoutant une toute petite pincée de certains acides aminés, on multiplie considérablement l'efficacité protéique des aliments. Mais ces substances, à l'état naturel, coûtent cher. C'est dire si l'on fonde de gros espoirs sur les acides aminés de synthèse qui font leur apparition.

* Auguste Commeyras, professeur, Laboratoire de chimie organique, UA 07-0555, université de Montpellier II - 2, place Eugène-Bataillon, 34060 Montpellier Cedex.

SIL EN QUATRE-VINGT JOURS un poulet absorbe quatre kilos de céréales naturelles il prendra un kilo. Ajoutez à cette quantité de céréales des acides aminés (quatre grammes de lysine et six grammes de méthionine). Résultat : en quarante-neuf jours l'animal grossira de deux kg. En effet, l'ajout d'acides aminés dans l'alimentation (la supplémentation) favorise singulièrement le rapport d'efficacité protéique des céréales. Ainsi, pour le riz naturel ce rapport est de 1,5. En l'enrichissant de 0,4 % de certains acides aminés il atteint 2,6. De même pour le blé dont le rapport d'efficacité protéique passera de 0,7 à 2,7, et pour le maïs dont le rapport passera de 0,9 à 2,6.

Les acides aminés constituent donc un espoir considérable pour résoudre le problème de la faim dans le monde dont la

cause principale est la carence en protéines. Lesquelles protéines, on le sait, proviennent de l'assemblage d'une vingtaine d'acides aminés. Que l'un d'eux fasse défaut dans l'alimentation et des troubles divers, voire la mort, se produisent.

L'enjeu scientifique et économique de la production d'acides aminés est à la mesure du problème de la malnutrition. En 1980, le marché mondial des acides aminés était de huit milliards de francs. L'an prochain il

Les acides aminés synthétiques du Laboratoire de chimie organique, avec le concours de Rhône-Poulenc, vont contribuer à résoudre la faim dans le monde.

doublera. Depuis déjà quinze ans le Laboratoire de chimie organique du CNRS est entré dans une bataille internationale où l'on s'efforce de mettre au point de tels produits par voie de synthèse. Mais pour que ceux-ci soient utilisables à des fins alimentaires leur prix de revient industriel ne doit pas excéder 20 à 30 F le kilo.

Deux procédés mis au point par le CNRS et l'INSERM répondent (ou sont sur le point de répondre) à ce critère économique. Le premier a fait l'objet d'un accord avec AEC/Rhône-Poulenc. Il permet de synthétiser des acides aminés racémiques (tels la méthionine). C'est-à-dire des produits dont les deux composants à part égale - lévogyre (L) et dextrogyre (D) - sont assimilables par l'organisme animal. Ce nouveau procédé chimique permettra à son utilisateur d'améliorer de 30 % le rendement du procédé actuel. Actuellement le rendement obtenu par l'industriel n'est que de 89 % (avec un résidu de 100 % de sulfate de soude) sur un temps de six heures. Avec le nouveau procédé, en une heure et demi, on obtiendra un rendement de 95 % et 33 % de sulfate de soude. A signaler que Rhône-Poulenc fournit le tiers de la production mondiale de méthionine (150 000 tonnes) et occupe, de ce fait, la position de leader dans ce domaine.



Des pays du tiers monde où sevit la faim, comme le Soudan, ont tout à attendre de ces acides aminés de synthèse. © CNRS. Photo : Miller / Rivière.

Quant au second procédé, il est à la fois chimique et bio-technologique. Il permet de rendre assimilable par l'organisme animal tous les acides aminés racémiques en transformant leur partie dextrogyre en la

forme lévogyre naturelle (déracémisation). L'Institut de recherches chimiques appliquées qui s'est intéressé à l'affaire en est, à l'heure actuelle, au stade pré-industriel.

ALIMENTATION

Entre l'ion et le fromage

Jean-Pierre Couderc*

Le génie chimique s'embarque sur une voie lactée qui l'emmène de l'ion au fromage.

Perfectionnement d'un mobile d'agitation pour le crémage du fromage fondu

LA FABRICATION de fromage fondu impose plusieurs opérations différentes dont le type et l'organisation sont susceptibles de varier suivant la nature précise du produit qui est préparé. Mais ces opérations comprennent à peu près toujours une étape, dite de crémage, au cours de laquelle le liquide chaud mécaniquement agité séjourne un temps adéquat dans une cuve. C'est au cours de cette phase que le produit acquiert sa texture définitive.

Le crémage doit être organisé avec soin car il conditionne la consistance du produit fini, élément de qualité important pour le consommateur. Or, les fabricants observaient souvent des hétérogénéités importantes de texture du produit, au sein même des cuves de traitement, avec des zones trop fluides et d'autres trop pâteuses où pouvaient même, parfois, se former des blocs solides.

L'analyse théorique de l'agitation du fromage fondu (grâce à des programmes de calcul mis au point au Laboratoire de génie



Agitateur barrière prototype ayant une distribution des pales, une largeur des pales et un espacement entre pales tels qu'ils permettent d'uniformiser la répartition des contraintes de cisaillement dans le réacteur. Cette répartition des contraintes dans le réacteur tout au long de la phase de polymérisation est indispensable à l'obtention d'un fromage fondu homogène. Document Bel.

Pour le compte de la société Bel, le Laboratoire de génie chimique perfectionne un mobile d'agitation pour le crémage du fromage fondu. Il a réalisé également un capteur électrocinétique pour le dosage de l'ion lactate que commercialise la société Sétie Génie Industriel.

chimique de Toulouse) a d'abord permis de montrer qu'avec le système utilisé à l'origine, les zones fluides s'identifiaient aux zones violemment agitées où le mobile exerce de fortes contraintes sur le produit alors que les blocs solides se formaient dans les zones faiblement agitées. Dans une seconde phase, la géométrie du mobile a progressivement été modifiée de façon à obtenir une distribution plus uniforme des

contraintes. L'appareil ainsi conçu a été testé, à l'échelle pilote, dans l'usine de Lons-le-Saunier de la société Bel; les résultats ont été entièrement positifs et ce nouveau dispositif devrait être mis en place sur les chaînes de production.

Capteur électroenzymatique pour le dosage de l'ion lactate

Née de la collaboration entre un laboratoire de biophysique (extraction et purification d'une enzyme) et un laboratoire d'élec-

trochimie (conception et optimisation du capteur) de l'université Paul Sabatier, une électrode à enzyme sélective de l'ion lactate est actuellement commercialisée, avec l'appareil de mesure correspondant, par la société Setric Génie Industriel.

Basée sur l'association d'une réaction enzymatique et d'une réaction électrochimique de détection, cette électrode permet un dosage rapide, précis, fiable du lactate contenu dans des échantillons de faible volume. Les applications concernent l'analyse en biologie clinique, divers secteurs médicaux (obstétrique, médecine sportive, chirurgie cardiovasculaire) et la chimie agroalimentaire (analyses séquentielles dans des fluides biologiques divers, contrôle en continu de fermenteurs). ■



Le capteur électroenzymatique. Document Setric.

* Jean-Pierre Couderc, directeur de recherche CNRS, Laboratoire de génie chimique, LA 04-0192, université de Toulouse III, chemin de la Loge, 31078 Toulouse Cedex.

Cinq chercheurs dans le capital-risque

Pierre Monsan*

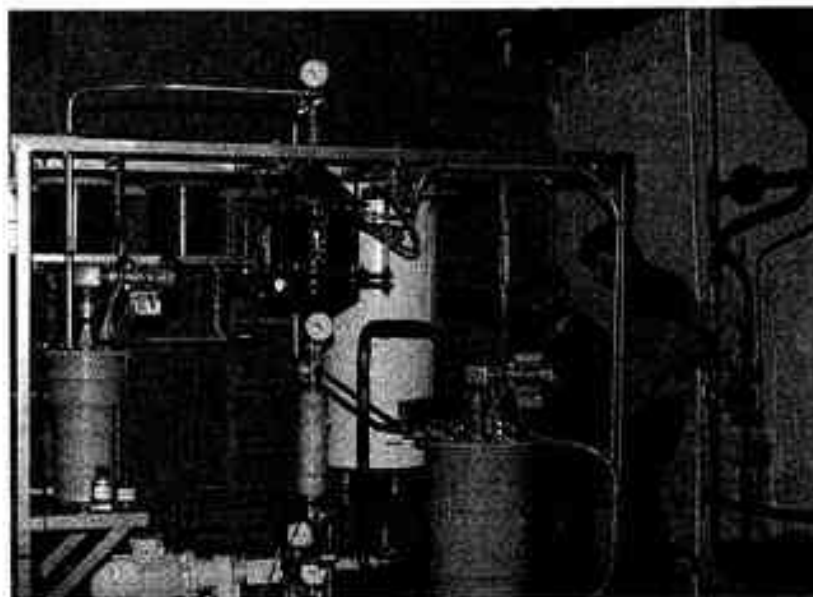
Bioeurope, qui regroupe une dizaine de chercheurs et qui est bâtie sur le modèle des sociétés de capital-risque américaines, développe à partir, notamment, de matières premières agroalimentaires, des produits nouveaux et des procédés biotechnologiques.

LE DÉPARTEMENT de Génie biochimique et alimentaire de l'Institut national des sciences appliquées de Toulouse a développé, depuis son origine en 1959, sous l'impulsion de Gilbert Durand, une forte interaction avec les interlocuteurs industriels. En un temps où ni la formation des ingénieurs par la recherche, ni la collaboration avec l'industrie n'étaient des thèmes à la mode, l'orientation délibérée a donc été de développer des sujets de recherche en

liaison avec les besoins du domaine de l'application.

Il faut bien clairement préciser qu'il ne s'est pas agi, en l'espèce, de ce que l'on pourrait appeler un « pilotage par l'aval », mais d'une fertilisation de sujets de recherche fondamentale par l'échange avec des problèmes concrets. L'approche générale a

Roussel-Uclaf et Sucre-Union ont investi 40 % du capital de Bioeurope. Les 60 % restant sont détenus par des investisseurs du secteur bancaire : Compagnie Financière de Suez, Crédit Agricole, BNP et Citicorp Venture Capital.



Pilote d'inversion (hydrolyse enzymatique de sucrostat) conçue et réalisée en site industriel et réalisée par Bioeurope en collaboration avec la société Rhône-Sucr. © Photo : D. Combes.

donc consisté à établir un échange permanent entre recherche de base et recherche finalisée.

Ce type de recherche d'interface, en relation, d'une part, avec des laboratoires spécialisés dans les recherches de base et, d'autre part, avec les utilisateurs industriels, a abouti à la création, en 1984, d'une entreprise de recherches en biotechnologie spécialisée dans le domaine du génie enzymatique : Bioeurope. Bâtie sur le modèle des sociétés de capital-risque américaines, Bioeurope dispose d'un capital de douze

* Pierre Monsan, directeur scientifique de Bioeurope, professeur à l'INSA, 126, avenue de Rangueil, 31077 Toulouse.

millions de francs provenant, pour 40 %, d'industriels (Roussel-Uclaf, Sucre Union) et, pour 60 %, d'investisseurs bancaires (Compagnie Financière de Suez, Crédit Agricole, B.N.P. et Citicorp Venture Capital). Le but de l'entreprise est de développer à partir, notamment, de matières premières agro-alimentaires, des produits nouveaux et des procédés biotechnologiques. Ces procédés et produits fondés sur une recherche innovante s'appliquent, notamment, aux industries agro-alimentaires et pharmaceutiques. Cette société, qui groupe actuellement une dizaine de chercheurs, se doit de rester en liaison étroite avec les recherches de base. C'est la raison pour laquelle elle est actuellement installée dans le Centre de transfert de biotechnologies de l'INSA (Institut national des sciences appliquées) de Toulouse, en attendant la construction de locaux propres à proximité du campus scientifique de Rangueil (beaucoup de réactions biologiques sont des réactions d'interface...). De même, Bioeurope a-t-elle pour volonté de jouer un rôle de catalyseur, entre les connaissances fondamentales et les innovations de la recherche publique et les produits ou les procédés qu'attend l'industrie.

Comment fonctionne la société? Le point de départ est, le plus souvent, l'étude d'une transformation biologique (catalysée par un microorganisme ou un enzyme) qui présente un intérêt socio-économique. À partir de là, on identifie les goulots d'étranglement qui sont un frein au développement industriel de la transformation étudiée: il peut s'agir d'un problème lié au catalyseur biologique lui-même (vitesse de croissance d'un microorganisme, rendement de conversion, productivité, stabilité d'un enzyme, sensibilité à l'inhibition, etc.) ou à sa mise en œuvre (transfert de matière, type de réacteur, etc.) ou encore à l'association de ces deux types de problèmes. La levée de ces blocages implique toujours un approfondissement de la connaissance de leur nature et de la compréhension des phénomènes moléculaires ou physiques impliqués. C'est alors le départ d'études plus fondamentales qui, seules, permettent un tel approfondissement et aboutissent, au bout du compte, à une amélioration significative du procédé étudié. Le point important est donc quel l'étude fondamentale n'est pas ici une fin en soi, mais une action de recherche liée à un contexte réel, qui débouche sur une meilleure maîtrise des phénomènes de base, donc sur l'amélioration de l'efficacité de différentes réactions.

Parmi les nombreux exemples d'une telle approche (conduite dans le cadre de l'INSA) on peut citer, dans le domaine de la catalyse enzymatique, celui de la synthèse de dextrane, polymère de D-glucose connu pour ses applications dans le domaine des supports de chromatographie et des substituts de plasma sanguin. Ces applications requièrent des polymères de taille intermédiaire (40 000 à 70 000 daltons). Mais le polymère obtenu dans les conditions habituelles de synthèse possède une masse molaire de plusieurs millions. Dans la pratique industrielle, on procède donc à l'hydrolyse acide de ces polymères, puis à une fraction-

nement par précipitation alcoolique. Comment améliorer un tel procédé? Par une meilleure connaissance et un meilleur contrôle du mécanisme de la réaction enzymatique. Il a donc fallu tout d'abord disposer de l'enzyme catalysant cette réaction, la dextrane-saccharase, débarrassée de toute activité parasite, afin de mieux caractériser son fonctionnement. Ceci a conduit à mettre au point un procédé de purification de cet enzyme exocellulaire par démixtion de phase, en collaboration avec la société Elf Bio Recherche (F. Paul, D. Aurioil).

Ce procédé est actuellement industrialisé par Elf Aquitaine. Le fait de disposer d'un enzyme purifié a permis de mieux cerner son mécanisme d'action. Il a alors été relativement aisé de « tromper » l'enzyme et de lui faire fabriquer directement le polymère de dextrane de taille adéquate pour l'application industrielle. Parallèlement, les connaissances acquises dans le cas de la dextrane-saccharase ont pu être transposées à d'autres transférases, ce qui permet d'envisager aujourd'hui de nouvelles applications de ce type d'enzyme. ■

VUE DE L'INDUSTRIE

Beghin-Say / CNRS: des relations sucrées

Christian Luss*

Depuis cinq ans, dans divers domaines, le groupe Beghin-Say et les chercheurs font bon ménage.

Beghin-Say est le plus gros producteur de sucre de la CEE. Il est également un important fabricant de cellulose, de papier, de produits de Corbion. De ce fait, la société est consommatrice d'amidon et de dérivés de l'amidon. Enfin, et toujours dans le domaine des celluloses, Beghin-Say est un des principaux fournisseurs d'osier de cellulose et de ses produits transformés pour l'hygiène.

Beghin-Say (sucre et papier), pour sa production de cellulose et d'amidons s'est rapproché du Centre des macromolécules végétales (CERMAV), à Grenoble. Pour ses activités sucrées, le groupe fait appel au pôle d'extraction de l'Institut de substances naturelles de Gif-sur-Yvette.

Les intérêts industriels de Beghin-Say dans la cellulose et les amidons ont tout naturellement conduit à se rapprocher du Centre des macromolécules végétales (CERMAV), à Grenoble. D'utiles et efficaces coopérations se sont ainsi établies avec le CNRS, particulièrement compétent, à la fois dans le domaine des macromolécules végétales précitées, et aussi dans celui des carbohydrates. Ces coopérations sont établies par contrats de recherche.

Le CNRS dispose, par ailleurs, d'un important pôle d'extraction, rattaché à l'Institut des substances naturelles de Gif-sur-Yvette. Desservi par un personnel compétent, ce

centre possède la plupart des techniques de séparation et de concentration. Depuis peu, une unité de fermentation de trois cents litres y a été installée. Là, également, des relations étroites se sont établies entre les équipes et notre société fait appel aux techniques disponibles aussi souvent que nécessaire. À titre d'exemple, des essais pilote ont été effectués sur l'insuline et ses dérivés.

Récemment, enfin, nous avons demandé une bourse de docteur ingénieur (BDI), formule très attractive proposée par le CNRS.

Si l'on peut ainsi résumer une expérience de cinq années de travail, nous voudrions la caractériser, en premier lieu, par le mot « confiance ». Chacune des parties a ses contraintes et l'échange personnel nous apparaît comme étant toujours très riche.

Certes, les problèmes de confidentialité se posent mais il apparaît que, finalement, il est possible de les surmonter. En effet, les chercheurs du CNRS et des universités, qui ont jugés sur les publications, ont une tendance bien compréhensible à citer celles-ci afin de recueillir les fruits du travail intellectuel et matériel. Ils sont — ou doivent être — naturellement conscients des contraintes de l'industrie qui doit avoir la garantie légitime d'être protégée en vue de bénéficier de son avance après avoir investi des capitaux et des efforts intellectuels. C'est la règle de toute entreprise industrielle et ce point doit être toujours présent à l'esprit des chercheurs. ■

*Christian Luss, directeur du développement Beghin-Say, 54, avenue Roche, 75160 Paris-Cedex 08.

MÉDICAMENTS

UNE RECHERCHE TRANS-DISCIPLINAIRE

Pierre Potier*

Mathématiques, physique, physico-chimie, chimie organique, biochimie, biologie, médecine. Mais aussi sciences humaines et sociales. La recherche d'un médicament nouveau et original ne saurait exister sans les apports de cet ensemble de disciplines.

MATHÉMATIQUES, physique, physico-chimie, chimie organique, biochimie, biologie, médecine. Mais aussi sciences humaines et sociales. La recherche d'un médicament nouveau et original ne saurait exister sans les apports de cet ensemble de disciplines. Quel autre secteur de la recherche scientifique possède un caractère trans-disciplinaire aussi développé ?

Le CNRS, par sa vocation même, ne pouvait que s'intéresser à la recherche thérapeutique où les problèmes d'interfaces revêtent une importance aussi capitale. En particulier ceux qui ont trait à l'interaction chimie-biologie et dont la résolution conditionne l'efficacité de la recherche. Non seulement dans le domaine des nouveaux médicaments mais aussi dans ceux des nouveaux produits pour la nutrition ou l'agriculture.

Estimé à deux ou trois mille milliards de dollars, le marché mondial du médicament vaut bien la mobilisation générale des ressources de la recherche trans-disciplinaire.

Ce caractère trans-disciplinaire de la recherche thérapeutique implique également que, dans un pays de taille moyenne comme la France, toutes les ressources soient mobilisées pour réaliser les objectifs. L'enjeu en vaut la peine. Il se situe sur un marché mondial que l'on estime à deux ou trois mille milliards de dollars. Quant aux retombées de ces recherches, elles ne sont pas d'un moindre intérêt. La chimie organique et surtout la biologie ont, grâce à elles, fait de grands pas ces dernières années.

Dans ce contexte, la collaboration entre le CNRS et l'industrie joue un rôle décisif à court comme à moyen ou long terme. Il est clair que cet effort de coopération gagnerait également à être étendu à d'autres partenaires de la recherche publique. L'IN-



La résolution des problèmes de l'interaction chimie-biologie conditionne, en particulier, l'efficacité de la recherche sur les médicaments. © CNRS. Photo: J.N. Reichel.

SERM, qui dispose des compétences nécessaires pour mener à bien tout ce qui concerne la phase de développement clinique d'un médicament, est à cet égard le plus qualifié de tous.

Mais d'autres organismes peuvent aussi contribuer à la recherche de produits à activité biologique : l'ORSTOM (pour les maladies tropicales), l'INRA, l'IPREMER (pour les « médicaments de la mer »), l'Assistance Publique et, bien sûr, l'Université dans son ensemble.

Enfin, le programme interdisciplinaire de recherche sur les bases scientifiques du médicament (PIRMED), créé en 1978 par le CNRS, a connu un grand succès. C'est vers une extrapolation du PIRMED au niveau national que l'on devrait tendre en apportant tout le soutien possible à notre industrie.

Un labo mixte

Edouard Sakiz*

Une expérience originale réunit, au sein d'une unité mixte, une quinzaine de chercheurs du CNRS et de Roussel-Uclaf. Société dont le patron est, lui-même, un ancien chercheur... du CNRS.

L'INTENSIFICATION des échanges entre université et industrie est amplement dépendante du soin apporté aux relations entre individus. Favoriser les échanges de personnel doit donc être considéré comme un objectif prioritaire. La mobilité des chercheurs en France est faible. Le principal handicap a pour origine un barrage culturel, issu de l'existence de deux milieux sociologiques différents et cloisonnés, se connaissant mal et réciproquement méfiant. Des progrès sont à faire, d'un com-

Une expérience originale réunit, dans une unité mixte, une quinzaine de chercheurs du CNRS et de Roussel-Uclaf.

mun accord, afin de vaincre les réticences et faire disparaître la confusion existant entre carrière de chercheur et profession de chercheur. C'est pourquoi, afin d'assurer une interpénétration encore plus efficace et un meilleur transfert des compétences respectives, une unité mixte CNRS-Roussel-Uclaf a été créée le 1^{er} janvier 1984.

Le Laboratoire de synthèse des produits bioactifs et celui de génie génétique appliqué à la pharmacologie sont installés dans les locaux du centre de recherche de Romainville. Les chercheurs qui y travaillent ont pour origine soit le CNRS, soit Roussel-Uclaf. A ce jour, le laboratoire mixte CNRS-Roussel-Uclaf rassemble une quinzaine de personnes dont la moitié composée de chercheurs.

Cette expérience originale permet à des chercheurs fondamentalistes de réaliser une immersion totale, pendant une durée déterminée, au sein d'une équipe de recherche industrielle, afin d'en mesurer tout le potentiel mais également les contraintes. Elle fait bénéficier les uns des compétences et du savoir-faire des autres, grâce à une confrontation quotidienne et à un échange fructueux et complémentaire des connaissances. Nous espérons qu'elle servira d'unité pilote et que très rapidement un bilan des résultats permettra d'évaluer l'intérêt d'une telle mixité et les bénéfices qui peuvent en être effectivement retirés pour chaque partenaire.

*Pierre Potier, directeur de recherche CNRS, Institut de chimie des substances naturelles, LP 00-2301, CNRS, 91190 Gif-sur-Yvette.

*Docteur Edouard Sakiz, président du directeur de Roussel-Uclaf, 35, boulevard des Invalides, 75007 Paris.

MÉDICAMENTS

L'arrivée du « drug design »

Henri Demarne*

Les processus biologiques et biochimiques des maladies sont de mieux en mieux cernés. Les médicaments, pour suivre cette évolution et frapper au cœur de cibles toujours plus petites, possèdent aujourd'hui des structures moléculaires de plus en plus complexes. D'où le rôle important et nouveau de la conception assistée par ordinateur dans la visualisation de ces énormes édifices du monde de l'infiniment petit.

L'ÉQUIPE DU LABORATOIRE de minéralogie-cristallographie du CNRS a mis au point un logiciel (Manoik) de conception assistée par ordinateur (CAO). La société Sanofi (filiale de Clin Midy), qui a financé en partie la conception de ce logiciel, l'a intégré depuis quelques mois dans son centre de recherches de Montpellier. Ce nouvel outil de « drug-design » entre dans l'industrie pharmaceutique laisse entrevoir, pour celle-ci, des perspectives fécondes.

L'évolution de la connaissance des processus biologiques et biochimiques associés aux états pathologiques, et l'affinement de cette connaissance (notamment à travers la mise en évidence du rôle essentiel joué par des effecteurs complexes, tels que les protéines) exige, de la part du chimiste, la prise en compte des paramètres structuraux de plus en plus nombreux et parfois difficiles à apprécier, qui régissent la relation entre structure et activité.

Quelles que soient les techniques utilisées pour accéder à la structure des composés mis en jeu (résonance magnétique nucléaire, spectroscopie infra-rouge, rayons X ou chimie quantique), c'est en termes de conformationnels que se pose le problème des interactions. Un premier objet de la CAO est donc de mettre à la disposition du chimiste un outil de représentation graphique en trois dimensions ou réductible à deux dimensions (coupes par des plans). Cette représentation doit également permettre des interventions instantanées (rotations, translations, homothéties) ou la visualisation de la molécule aussi bien en ter-

mes d'encombrement stérique qu'en termes électroniques (courbes d'isopotential).

Par ailleurs, l'image produite par l'ordinateur permet la comparaison de molécules entre elles par superposition. Grâce à elle, enfin, il est possible de simuler l'approche et la reconnaissance d'un effecteur et de son substrat.

Le Laboratoire de minéralogie-cristallographie fait entrer le « drug design » chez Sanofi.

Le nombre de paramètres à saisir lors de telles représentations est considérable, et l'informatique devient ici indispensable. Cet aspect visualisation est l'apport le plus immédiat et le plus central de la CAO.

Un second objet de la CAO concerne l'aide au calcul dans l'établissement des conformations les plus probables d'un édifice chimique. Ces évaluations (minimisations d'énergie, interactions à longue distance, modifications liées aux facteurs ciné-

tiques de l'interaction) ne sont raisonnablement abordables qu'avec l'aide d'une puissance de calcul très importante.

Un troisième objet de la CAO se situe au niveau de simulations de la réactivité chimique d'une molécule et de ses transformations, soit par des systèmes biologiques (réactions enzymatiques, banques de métabolisme, etc.), soit par des réactifs chimiques (aide à la synthèse). Aide au calcul et simulation constituant deux outils satellites du système.

Enfin - étape ultime du système - l'intelligence artificielle devrait apporter non seulement une aide supplémentaire dans les choix des résultats, mais encore une aide au niveau du choix des modes de raisonnement. Ces techniques (à l'heure actuelle expérimentales) élaborent et proposent des règles dans l'interaction de paramètres dépendants ou indépendants et multiples, et devraient fournir dans quelques années un « must » irremplaçable dans les stratégies de l'élaboration des molécules biologiques.

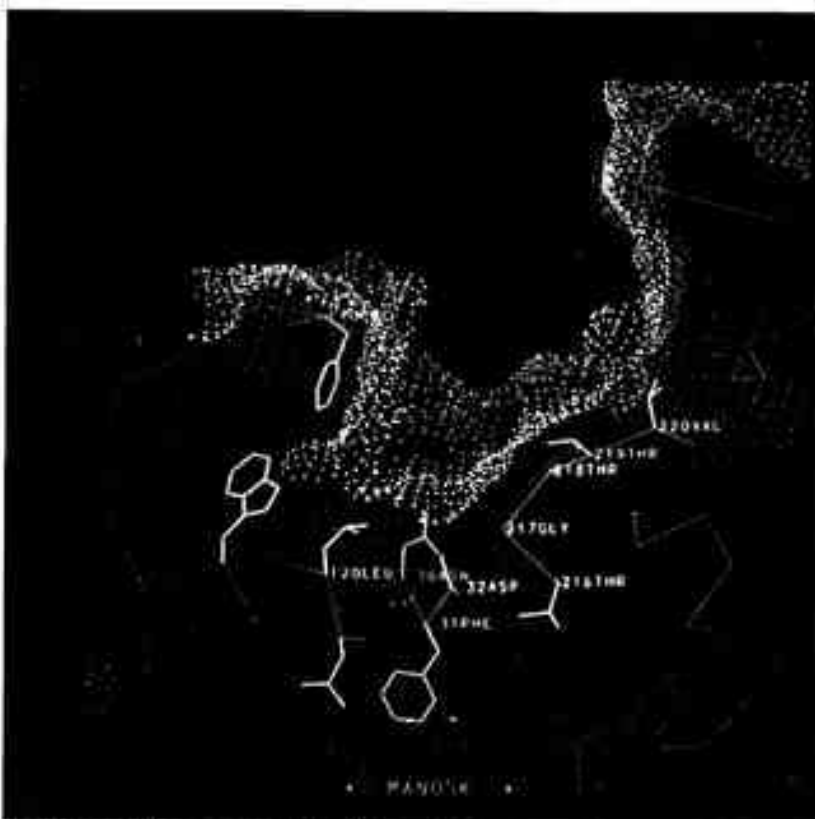


Image d'une molécule produite par ordinateur. Direction Sanofi.

*Henri Demarne, direction Chimie, Sanofi Recherches, Centre de recherches Clin Midy, rue du Professeur Joseph Blayac, 34082 Montpellier Cedex.

MÉDICAMENTS

Le ditercalinium au banc d'essais

Jean-Bernard Le Pecq
et Bernard-Pierre Roques*

C'est désormais à l'échelon international que sont poursuivies les études chimiques sur le ditercalinium, une substance anticancéreuse élaborée à partir d'une molécule inventée par une équipe de chercheurs fondamentalistes.

Le CNRS, associé à l'Institut Gustave-Roussy et à l'université Paris V, poursuit, depuis plusieurs années, des recherches ayant pour objectif la découverte de nouvelles substances antitumorales. Le projet initial visait à obtenir des molécules simples susceptibles de se fixer sur les acides nucléiques avec une affinité aussi élevée que celle des protéines qui régulent l'expression génétique dans les cellules. On imaginait que de telles molécules pourraient agir comme des mini-répresseurs.

La préparation de telles molécules permit de vérifier totalement ces prédictions et de préciser les caractéristiques physicochimiques que devaient posséder ces molécules pour se fixer avec une haute affinité sur la DNA dans les conditions physiologiques.

Quelques-unes des molécules préparées montrèrent des propriétés antitumorales assez remarquables sur un large spectre de tumeurs expérimentales.

Un brevet CNRS-ANVAR fut donc déposé en 1978. Les Laboratoires Roger Bellon, qui commercialisent en France un grand nombre de médicaments antitumoraux, furent intéressés par ces molécules et décidèrent de développer l'une d'entre elles, le ditercalinium, dès 1979. Ils durent tout d'abord transposer à l'échelle pilote la synthèse de cette molécule. Ce partenaire industriel mit également au point des méthodes de purification permettant d'obtenir, en 1981, un produit de qualité pharmaceutique en quantité suffisante.

Le ditercalinium, molécule obtenue par le CNRS, l'Institut Gustave Roussy et l'université de Paris V, est développé par les Laboratoires Roger Bellon. Rhône-Poulenc s'est associé à ces derniers et le National Cancer Institute, aux États-Unis, procède aux essais cliniques de cette substance antitumorale.

Soutenue par une aide à l'innovation de l'ANVAR, les Laboratoires Roger Bellon réalisèrent l'étude toxicologique indispensable avant l'essai clinique d'un nouveau médicament. Laquelle se révéla beaucoup plus longue et difficile que prévu en raison de propriétés particulières de cette molécule et de réponses différentes selon les espèces animales choisies. L'essai clinique du ditercalinium fut confié à l'Institut Gustave-Roussy, à Villejuif, fin 1983. À l'heure actuelle, cette institution a pratiquement fini l'essai dit de phase I.

Parallèlement, l'étude du mécanisme d'action de ces substances fut entreprise. Il apparut que le ditercalinium agissait selon un mécanisme nouveau et qu'il constituait donc le chef de file d'une nouvelle classe de produits. L'étude structure-activité fut poursuivie et permit de préparer de nouveaux analogues. Ces substances sont actuellement en cours d'évaluation en coopération avec les Laboratoires Rhône-Poulenc Santé qui se sont maintenant associés aux Laboratoires Roger Bellon pour le développement de ces produits. Le National Cancer Institute, aux États-Unis, étudia également, de son côté, le ditercalinium que lui avaient fourni les Laboratoires Roger Bellon. Il procéda à l'évaluation de ce produit. Convenu de l'intérêt de cette molécule, il décida de procéder à des essais cliniques. C'est donc à l'échelle internationale que les études sur le ditercalinium seront maintenant poursuivies. On peut espérer que cette extension permettra une accélération des études nécessaires pour assurer la valorisation rapide des travaux entrepris par les laboratoires du CNRS. ■

*Jean-Bernard Le Pecq, professeur, responsable de l'unité de biochimie-enzymologie, U.A. 04-0147, Institut Gustave-Roussy, 39, rue Camille Desmoulins, 94805 Villejuif Cedex.

*Bernard-Pierre Roques, professeur, Synthèse et étude des conformations et interactions de modèles biologiques et pharmacologiques, U.A. 07-498, UER des sciences pharmaceutiques et biologiques, université de Paris V, 4, avenue de l'Observatoire, 75270 Paris Cedex 06.

Les nouveaux transporteurs

Les hormones, les globules rouges et les polymères vont faire voyager plus efficacement et plus sûrement les médicaments dans l'organisme.

DANS LE DOMAINE thérapeutique, de nombreuses recherches portent actuellement sur le transport des drogues (substance active d'un médicament) jusqu'à leur site d'action dans l'organisme afin de favoriser l'activité des médicaments tout en diminuant leurs effets secondaires. D'autre part, l'utilisation en tant que médicament de certaines substances hydrophobes est li-

mitée par leur faible solubilité dans l'eau. Pour pallier cette difficulté, le CNRS propose des hormones, globules rouges et polymères comme vecteurs pour ces médicaments.

Pour traiter certains types de diabète, on a réussi à faire fabriquer l'insuline par des cellules propres de l'organisme en leur apportant le gène de l'insuline au lieu de recourir à l'injection répétée de cette hormone responsable de la baisse du taux de sucre sanguin.

La méthode a été mise au point au Centre de biophysique moléculaire du CNRS(*). Un gène est « livré » aux cellules capables de fabriquer cette hormone, dans des petites sacs appelés liposomes qu'on injecte tout simplement par voie intraveineuse. Les premiers résultats sont encourageants. Leur injection à des rats a conduit à l'expression transitoire de ce gène dans le foie et la rate. Les chercheurs pensent parvenir à ac-

croître la transcription du gène et à prolonger sensiblement la durée de la production d'insuline dans les cellules-cibles en utilisant notamment d'autres types de liposomes.

Différentes unités de recherche (le Centre de biophysique moléculaire, le Laboratoire de biotechnologie transfusionnelle de Tours et une équipe pluridisciplinaire de Rouen) expérimentent des méthodes de transport de médicaments au moyen d'hormones, de globules rouges et de polymères.

Les globules rouges, cellules vivantes facilement accessibles, peuvent être utilisés pour introduire dans l'organisme des substances d'intérêt pharmacologique. C'est le travail entrepris par les chercheurs du Laboratoire de biotechnologie transfusion-

nelle de Tours (*). Après les avoir transformées, on retransfuse au malade ses propres hématies.

Le médicament sera libéré au moment de la destruction des globules rouges. Il passera dans la circulation générale où il sera métabolisé. Un grand nombre de substances peuvent ainsi être encapsulées dans les globules rouges: antibiotiques, substances anticancéreuses, immunomodulateurs, vaccins, enzymes. Des débuts d'essai thérapeutique ont déjà pu être effectués dans un nombre encore limité, pour le moment, de pathologies: déficit enzymatique, intoxication au plomb, surcharge en fer.

Ces transporteurs sont d'excellents réacteurs biologiques diffusant dans toute la circulation. Leur durée de vie exceptionnelle (cent vingt jours) permet un effet retard de la drogue sans équivalent sur le plan thérapeutique. Les limites de cette nouvelle forme galénique sont assignées par les interactions possibles drogue-globules rouges. Encore qu'on puisse également envisager d'utiliser, dans certains cas, la biotransformation de la molécule chimique mise en circulation à des fins thérapeutiques. Par ailleurs, des recherches portant sur les modifications de l'oxygénation tissulaire par encapsulation d'un effecteur allostérique de l'hémoglobine pourraient donner lieu à une arme thérapeutique préventive intéressante contre l'ischémie cérébrale ou cardiaque.

L'utilisation de certains médicaments (polymères, biopolymères, membranes) est limitée par leur faible solubilité. Une des recherches de l'équipe pluridisciplinaire de Rouen (*) se propose de mettre au point des microglobules hydrosolubles, à base de polyamines tertiaires modifiées, ces polymères originaux comportent des parties hydrophiles et des parties hydrophobes disposées de telle sorte que, dans l'eau, ces macromolécules prennent des conformations compactes, microglobulaires. Ces microglobules sont capables de retenir et de disperser des substances hydrophobes. Stables, finement dispersés, ces microglobules contenant, par exemple, un médicament, peuvent être ainsi injectés par les voies habituelles. Celui-ci pourra être libéré lorsque les polymères rencontreront un pH acide, car leur stabilité se situe aux environs d'un pH neutre. En choisissant des polyamines dégradables par l'organisme, on peut envisager d'utiliser ce système comme mode d'administration de thérapeutiques hormonales ou anticancéreuses.

Il y aurait alors une libération progressive des produits actifs. Des recherches de base en pharmacologie animale sont en cours.

* Centre de biophysique moléculaire, LP00-4301, CNRS, 14, av. de la Recherche Scientifique, 45045 Orléans Cedex.

* Laboratoire de biochimie et de neurophysiologie, UA 94-0596, 2, Bd Tonnelier, 37044 Tours.

* Polymères, biopolymères, membranes, UA07-0471, université de Rouen, Faculté des sciences, Bât. D, place Emile Blondel, 76130 Mont-Saint-Aignan.

MÉDICAMENTS

DEREK BARTON, PRIX NOBEL, VEUT FAIRE MIEUX QUE LA NATURE

Monique Mounier-Kuhn*

Un chercheur pur et dur, volontiers consentant pour pratiquer ces liaisons longtemps jugées dangereuses entre recherche et industrie: Sir Derek Barton, Prix Nobel en 1969, directeur de l'Institut de chimie des substances naturelles (ICSN) du CNRS, à Gif-sur-Yvette, se définit lui-même comme un « chimiste intellectuel non mandarin ».



Sir Derek Barton, Prix Nobel de chimie en 1969, pour « Les principes de l'analyse conformationnelle », est un scientifique de réputation internationale, distingué par de nombreuses sociétés savantes, invité comme professeur par les plus brillantes universités de tous pays.

Il a débuté, à la mort de son père, dans l'entreprise familiale de menuiserie. N'ayant aucun goût pour les travaux techniques, il reprend des études, choisit la chimie et obtient son Ph.D. - le doctorat - à l'Imperial College de Londres. Pendant la guerre, il fait son service militaire en collaboration au Service de renseignements de Sa Majesté, pour l'étude des encres cryptanalytiques.

Il mène sa carrière avec passion « par plaisir intellectuel », partageant son temps entre ses recherches, son enseignement à l'université et ses conseils en développement pour l'industrie chimique et pharmaceutique.

En 1977, le Britannique Barton devient directeur d'un laboratoire français: l'Institut de chimie des substances naturelles du CNRS, à Gif-sur-Yvette, avec M. Pierre Fader comme co-directeur. Son attitude et son humour y sont désormais légendaires (D.R.)

CONSEILLER dans l'industrie chimique et pharmaceutique depuis vingt-cinq ans, dans des groupes de dimension internationale, Roussel-Uclaf, Glaxo, Schering, British Petroleum France, Sir Derek estime que « le CNRS va hardiment de l'avant, en matière de relations avec l'industrie. Renforcer et développer les liens entre le public et le privé, c'est vital, sous réserve que tous les travaux soient publiés. Dans les deux systèmes, les problèmes de synthèse en chimie restent les mêmes. Les contraintes, dans la recherche industrielle, sont souvent source de dynamisme: vous êtes payé pour apprendre et vous apprenez enfin où sont les vrais problèmes.

« A première vue la recherche intellectuelle peut paraître loin de toute préoccupation économique et sociale. Mais on peut entamer un travail dans un esprit de "challenge" intellectuel, travail qui se révèle un jour bénéfique à l'humanité: c'est une vive satisfaction d'accomplir quelque chose qui, par la suite, est jugé utile. »

Lorsque l'on demande à Sir Derek quelle influence il exerce sur la valorisation, la réponse est l'écho de sa profonde conviction: « Peut-être mon influence sur la valorisation dépend-elle de cette affirmation que j'ai maintes fois énoncée: il est possible d'inventer de nouvelles réactions utiles simplement par la pensée créative. Il pré-

* Monique Mounier-Kuhn, chargée de mission CNRS, Direction de l'information scientifique et technique, 15, quai Anatole France, 75700 Paris.

cise que, dans sa vie, il a inventé de nombreuses réactions nouvelles et que certaines (trois) sont toujours appliquées dans l'industrie, dans la synthèse des médicaments, deux autres ayant eu une application limitée.

Sir Derek Barton se déclare très heureux de travailler sur les problèmes posés par l'industrie chimique : il essaie de les résoudre dans la mesure où le travail demandé est forcément original. Ainsi, des recherches sur l'oxydation sélective des hydrocarbures sont menées par beaucoup d'équipes, mais la sienne les a entreprises sous un angle particulier. « Je refuse toute compétition avec qui que ce soit. Si je me trouve dans cette situation, je préfère modifier mon sujet de recherche », affirme-t-il. « A quoi sert une même solution apportée par deux équipes différentes ? Cela ne fait qu'engendrer des problèmes de priorité sans fin ! Ce qui me passionne c'est de faire mieux que la nature. Voilà le grand défi que nous lance l'industrie et que j'accepte volontiers. »

« Notre aide à l'industrie chimique passe par des contrats, avec Roussel-Uclaf, sur la synthèse des hormones corticodales et avec British Petroleum France, sur la modification des hydrocarbures simples. Il s'agit de contrats personnels et nominaux entre moi-même et ces firmes, passés par l'intermédiaire du CNRS. Ces contrats avec l'industrie pharmaceutique et pétrolière sont flexibles, et le CNRS fait preuve d'une souplesse nouvelle en la matière : lorsque de l'argent est en provenance de l'extérieur, grâce aux nouvelles procédures, on peut maintenant le mettre à la disposition du CNRS. »

Sir Derek tient d'ailleurs beaucoup à favoriser ces flux financiers : « L'argent demeure le noeud de la coopération entre individus et entre équipes. » Pragmatique, il se flatte de stimuler les recherches par l'auto-financement partiel : « Notre laboratoire est celui qui rapporte le plus en chimie. Avec ce que le CNRS nous a attribué sur les sommes dues à l'exploitation de nos brevets, nous avons acheté nos machines de traitement de texte. Par exemple, en 1982 et 1983, l'Institut de chimie des substances naturelles (ICSN) dépose neuf brevets et plusieurs demandes : un brevet CNRS, six brevets CNRS/ANVAR, un brevet INRA et un brevet européen. Il me paraît certain que l'ANVAR va travailler à partir de découvertes qui promettent de rapporter de l'argent. Je crois beaucoup à la valorisation. »

Les méthodes biologique coûtent cher, en général. L'industrie s'intéresse aux pro-

cessus les plus avantageux. Un problème majeur pour le progrès de la science reste posé : l'évaluation de l'accompagnement financier de la recherche et de sa valorisation. « Après un passage dans l'industrie, on revient à l'université, à l'enseignement ou à la recherche avec des habitudes de pensée nouvelles et fécondes pour la science et pour le prix de la science. » Selon Sir Derek Barton, certains chimistes font preuve des compétences nécessaires à la gestion de leurs travaux, des chimistes comptables en quelque sorte. « Des chimistes et des médecins de Roussel-Uclaf évaluent les retours économiques de leurs recherches. Dans une compagnie pétrolière comme British Petroleum, cette démarche est plus aisée parce que des chercheurs y poursuivent un but défini à l'avance : ils savent ce qu'ils veulent synthétiser. »

Dans les organismes d'Etat, le directeur de l'ICSN souhaite que le sens commun l'emporte : « On va gagner de l'argent avec des produits ou des procédés qui sont utiles. Les grands projets liés à des programmes ambitieux et voyants motivent davantage les Français qui ont le sens de la gloire, contrairement aux Anglo-saxons. Les Anglais sont beaucoup plus modestes : ils préfèrent les petits projets. Ainsi ils ont abandonné trop tôt un grand projet de fusée. Les Français ont tenu bon malgré les échecs des prototypes d'Ariane et obtiennent aujourd'hui d'excellents résultats. Tous les grands projets ne sont pas les meilleurs, mais, de toute façon, les Britanniques n'y croient pas. Dans la conception et la pratique de la valorisation de la recherche, la différence entre les Français et les Britanniques réside donc surtout dans l'importance de l'investissement de départ. De cette distinction découlent aussi des différences de méthodes, de travaux, de curiosités. A chacun de tenir compte du revenu et des retombées industrielles et financières de tels projets. »

Les diplômes de « Docteur honoris causa » et de prix scientifiques sont accrochés, comme des lithographies, au mur du vaste bureau ouvert sur le parc de Gif-sur-Yvette : le Prix Nobel de chimie est en bonne place. Hommage aux honneurs reçus, cet accrochage rappelle aussi aux visiteurs que Sir Derek, à 67 ans, s'il est « arrivé », est toujours prêt à repartir pour d'autres lieux où il lancera d'autres recherches, d'autres réalisations scientifiques. Après la Grande-Bretagne, retraite oblige, c'est la France et la direction d'un laboratoire du CNRS pendant huit ans. Après le CNRS, nouvelle retraite oblige, c'est le Texas qui le sollicite. Le rendez-vous est pour 1986,

avec, comme but, l'animation d'un laboratoire universitaire qui ne manquera pas de coopérer avec l'industrie. « Travailler sans relâche n'est certainement pas une condition exclusive de la réussite en chimie mais un minimum requis pour obtenir une qualification de base, un peu d'autorité. »

« Un chercheur préfère son laboratoire à son bureau, à son domicile même », dit Sir Derek, la mine gourmande, « il travaille pendant les vacances. Le chercheur créatif ne cesse jamais de s'interroger, de mettre en rapport de nouveaux éléments, de provoquer des réactions... Tous ne sont pas ainsi, certes. L'âge, en tout cas, n'a rien à voir. La principale différence entre la plupart des chimistes organiciens et moi-même réside dans le fait que j'ai enseigné d'autres domaines de la chimie où j'ai pratiqué des recherches, particulièrement en chimie physique. Ces expériences m'ont permis de renforcer mes connaissances et mes idées en chimie organique. » Si, se voulant chercheur « pur et dur », il laisse à ses collaborateurs le soin d'appliquer ses théories, il recommande aux chercheurs intellectuels de passer un an au moins sur des travaux manuels.

Pour Sir Derek, la recette de la « bonne recherche » comprend un peu d'insatisfaction, beaucoup de travail et pas de planification. Le meilleur praticien est motivé, fait preuve d'intelligence, possède un certain esprit critique et de l'intuition. Ces qualités interviennent non seulement dans la recherche mais aussi dans la réflexion sur cette recherche : « Si vous connaissez vingt réactions organiques, vous connaissez probablement la plupart des étapes utilisées en synthèse, particulièrement dans l'industrie. Mais je suis sûr qu'il doit y avoir des centaines d'autres réactions organiques à découvrir. Jusqu'à maintenant nous n'avons pas toujours envisagé correctement cette question. Nous ne nous sommes pas suffisamment interrogés sur l'importance de la mise au point de nouvelles méthodes de synthèse chimique. La résolution des problèmes de structure appartient aux cristallographes qui travaillent sur rayons X. Ce qui concerne la chimie organique ce sont les problèmes de synthèse d'une part, et, de l'autre, le rendement à 100 % des réactions. » Tels sont les objectifs actuels de Sir Derek Barton.

« Un chimiste devrait dire qu'il veut, avant tout, être utile à la société. Mais je travaille d'abord pour mon plaisir, pour faire fonctionner mon cerveau, pour imaginer et avoir des idées. » La retraite, selon Sir Derek, est une invention qui ne concerne pas les chercheurs. ■

VISION

Lentilles tout confort

Adam Baszkin*

Grâce à un traitement de surface approprié, les lentilles de contact pourront, d'ici quelques années, être supportées vingt-quatre heures sur vingt-quatre sans la moindre gêne.

QUE SERAIENT des lentilles de contact idéales? Des lentilles résistantes assurant une vision parfaite pour le plus grand confort de l'œil. Donc des lentilles capables d'être supportées 24 heures sur 24. De tels

Pour tenter de résoudre le délicat problème des larmes sur les lentilles de contact, Essilor fait appel au Laboratoire de physico-chimie des surfaces.

objets n'existent pas encore. Pour la bonne raison qu'à l'heure actuelle, on ne sait pas fabriquer un matériau dont la surface, comme celle de l'œil, soit capable d'assurer la stabilité des larmes. Larmes qui créent un film jouant à la fois, et en permanence, le rôle de lubrificateur et de désinfectant de l'œil.

*Adam Baszkin, chargé de recherche CNRS, Laboratoire de physico-chimie des surfaces, JE 03-4848 UER biomédicale, 45, rue des Saints-Pères, 75270 Paris Cedex.

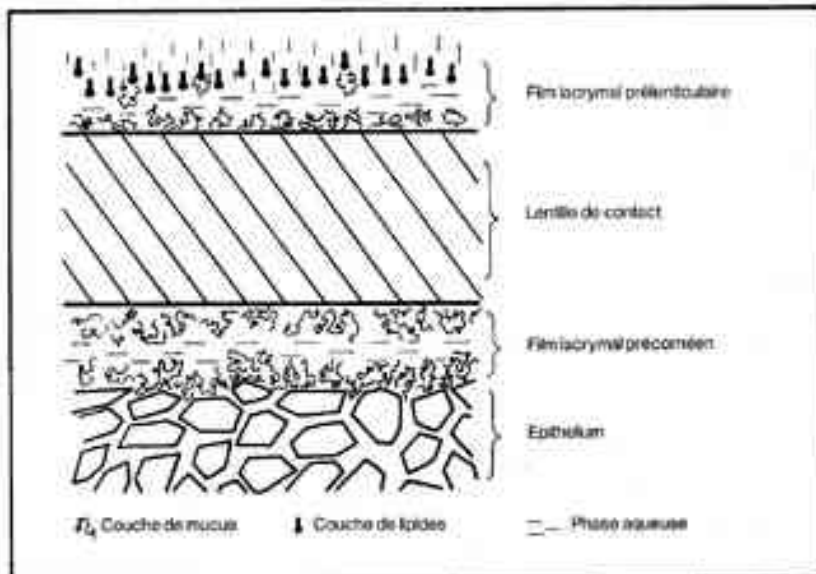


Schéma d'une lentille de contact immergée dans le film lacrymal - Trois phases : 1. une couche de mucus (glycoprotéines) qui tapisse les cellules épithéliales et la lentille ; son rôle principal est d'assurer la stabilité du film lacrymal ; 2. une couche aqueuse contenant différentes protéines et sels minéraux ; 3. une couche externe protectrice constituée de lipides. Pour un bon fonctionnement de la lentille de contact, il est nécessaire que les deux films pré et post-lenticulaires gardent une épaisseur suffisante. Ceci n'est possible que si la couche glycoprotéique adsorbée est importante.

C'est pour tenter de résoudre ce problème « superficiel » que la société Essilor a fait appel, en 1976, au Laboratoire de physico-chimie des surfaces. Celui-ci, depuis, a développé plusieurs techniques physico-chimiques de caractérisation des surfaces des polymères (en particulier des silicones) avec lesquels sont fabriquées les lentilles. Pour les besoins expérimentaux, le laboratoire a conçu un liquide biologique modélisant le film lacrymal. Les études ont démontré l'intérêt du poly(vinyl pyrrolidone) greffé sur la surface des polymères, lequel améliore sensiblement la stabilité des films de mouillage sur les lentilles. Il ressort également de ces études que l'adsorption des glycoprotéines contenues dans les larmes et

modélisées dans nos expériences par son analogue, la mucine, augmente davantage sur les échantillons greffés que sur ceux non greffés. Le greffage assure donc la formation d'une couche lubrifiante stable et irréversiblement adsorbée sur le polymère.

Ces travaux fondamentaux, menés en collaboration avec les services ophtalmologiques de la Fondation A. de Rothschild et de l'Hôtel-Dieu, le laboratoire de biochimie de la faculté de médecine de Clermont-Ferrand et Essilor International, ont également permis de développer des méthodes de caractérisation de surfaces utiles dans d'autres domaines médicaux (matériaux hémostats et dentaires).

Des lunettes qui corrigent, dépistent et soignent

Edouard Vireaud*

Les lunettes à cristaux liquides soignent non seulement le strabisme mais détectent, mesurent et traitent également de nombreuses autres affections oculaires.

LE STRABISME résulte d'une déviation des axes visuels. On y remédie par la chirurgie, la médecine et par la voie orthoptique. C'est dans cette dernière que se sont lancées, en 1982, les sociétés Essilor et Odam avec le concours du Centre de recherche en automatique de Nancy, et du service d'ophtalmologie de l'hôpital Central de Nancy. Cette collaboration a donné naissance à des lunettes alternantes dont les verres renferment des cristaux liquides. Au moyen d'un dispositif de polarisation électronique (manuel ou automatique), chaque verre s'opacifie ou devient transparent avec la rapidité souhaitée de l'alternance. On sait, en effet, qu'en provoquant une stimulation alternative on facilite la vision binoculaire d'un strabique. Mais le changement volontaire d'œil fixateur demande au pa-

tient un effort pénible qui peut durer plusieurs secondes. Grâce à ces nouvelles lunettes, le strabique (ou le praticien) peut stimuler alternativement les deux yeux en modulant, à sa convenance, la fréquence et le rapport transparence-opacité.

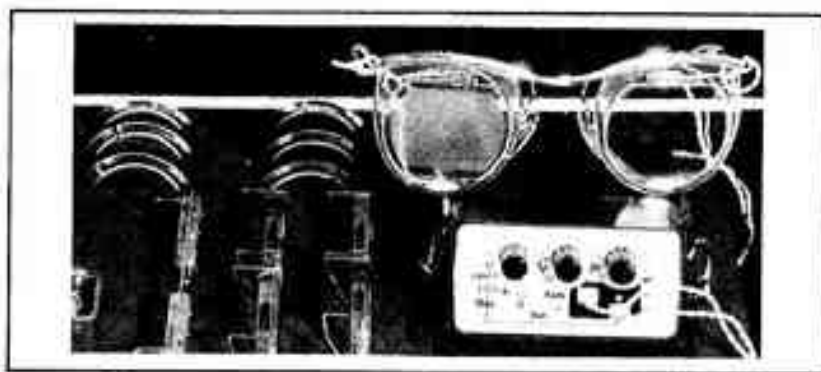
Le Centre de recherche en automatique de Nancy et le Service d'ophtalmologie de l'hôpital Central de Nancy, en collaboration avec les sociétés Essilor et Odam inventent des lunettes à cristaux liquides.

Les lunettes alternantes à cristaux liquides peuvent, en outre, être utilisées pour le dépistage, les mesures et le traitement de plusieurs autres affections oculaires. On peut ainsi détecter aisément l'amblyopie

(non vision d'un œil) qui frappe 1 % des sujets ayant une vision normale. De même pour l'hétérophorie (non parallélisme des axes visuels en position de repos), une affection généralement mineure mais néanmoins assez répandue. L'oscillopsie (mouvement oscillatoire d'un œil lors de l'occlusion de l'autre), enfin, est instantanément mise en évidence au moyen de ces lunettes.

Des essais sont en cours pour leur utilisation dans le traitement de différentes affections : rééducation de l'amblyopie ; réduction de l'insuffisance de convergence de sujets qui, par exemple, ne peuvent lire que d'un œil ; rééducation de certains nystagmus (mouvements oscillatoires simultanés des deux yeux). Par ailleurs, de tout récents travaux américains montrent que l'obturation alternée peut donner des résultats dans certaines affections neurologiques.

Ainsi, on le voit, ces lunettes ouvrent un grand champ d'investigation. Depuis la re-



Lunettes à electronique optique. © Centre de recherches en automatique de Nancy.

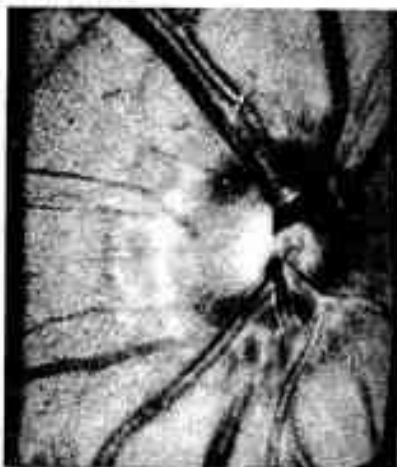
cherche fondamentale en physiologie de la vision jusqu'au traitement de différentes affections oculaires. En passant par le dépistage de troubles affectant 3 à 5 % de la population.

*Edouard Yvroux, maître de recherche CNRS, Centre de recherche en automatique, U.A. 07-0905, Institut national polytechnique de Lorraine, 2, rue de la Citadelle, 54011 Nancy Cedex.

OEIL

Moins de lumière pour y voir mieux

Jacques Simon*



La grande quantité de lumière requise pour les examens du fond de l'œil nuit à leur qualité. Un nouvel appareil évite cet écueil. De plus, il autorise les examens dynamiques en temps réel par écran interposé.

LA RETINOGRAPHIE constitue un outil diagnostique de choix et l'examen du fond de l'œil fait désormais partie, de façon presque obligatoire, d'un bilan clinique.

L'ophthalmoscope à balayage optique, mis au point par l'Institut d'optique théorique et appliquée d'Orsay, sera prochainement développé industriellement et commercialement.

Il reste toutefois que les instruments utilisés par les ophtalmologistes, requièrent un niveau lumineux élevé accompagné d'une dilatation de la pupille, pour des cadences de prises de vues ne pouvant guère excéder deux clichés par seconde et qui devront faire ultérieurement, avant exploitation, l'objet d'un traitement photographique.

Retinographie par l'ophthalmoscope à balayage optique des régions papillaires (en haut) et juxta-fovéales (en bas) de l'œil. © Institut d'optique théorique et appliquée d'Orsay.

L'ophthalmoscope à balayage optique mis au point par l'équipe de l'Institut d'optique théorique et appliquée d'Orsay s'affranchit de ces inconvénients : l'éclairage rétinien moyen est sensiblement réduit (vingt à trente fois), la dilatation pupillaire n'est plus nécessaire et la visualisation est faite sur moniteur T.V. au rythme de 25 images par seconde, autorisant les examens dynamiques en temps réel et leur enregistrement sur magnétoscope.

Ces avantages tiennent à l'emploi du balayage optique consistant à utiliser la déflexion par deux miroirs oscillants d'un faisceau laser n'éclairant à tout instant qu'une très petite zone de la rétine. La lumière diffusée par cette zone rétinienne est, après un second passage sur les miroirs oscillants, mesurée par un photodétecteur. L'image du fond de l'œil est ainsi acquise séquentiellement et restituée point par point sur un moniteur vidéo.

Ce procédé permet de réduire notablement la lumière parasite due aux réflexions du faisceau sur la cornée et le cristallin.

L'expérimentation médicale de cet ophthalmoscope à balayage optique est conduite en liaison avec le service d'ophtalmologie de l'hôpital intercommunal de Créteil. Par ailleurs, des contacts ont été pris pour assurer son développement industriel et commercial.

*Jacques Simon, maître de recherche CNRS, Institut d'optique théorique et appliquée, LA 04-0014, université de Paris XI, bâtiment 503, BP 43, 91406 Orsay Cedex.

OREILLE

Le robot est dans le vestibule

Charles Kopp*

Ce robot met en évidence des défauts pouvant provenir de traumatismes, de maladies bénignes ou de tumeurs ayant pour siège l'oreille.

LES MÉCANICIENS de l'Institut de mécanique des fluides souhaitent étudier de nouveaux modèles physiques d'écoulement non permanent. De son côté, un groupe d'oto-neurologues du CHU de Strasbourg voulait introduire des concepts et des techniques nouvelles dans l'exploration fonctionnelle des fonctions de l'oreille, du tronc cérébral et des mouvements oculaires.

Grâce aux travaux de l'Institut de mécanique des fluides et du CHU de Strasbourg et avec l'aide des sociétés Racia et Intertechnique, la médecine dispose aujourd'hui d'un robot d'exploration fonctionnelle de l'oreille interne.

De cette convergence d'intérêts est née une méthodologie d'exploration de cet ensemble commandant l'équilibration du corps. Et pour la mettre en application, avec l'aide des sociétés Racia et Intertechnique, un robot d'exploration fonctionnelle du vestibule (sous-ensemble important du système de l'équilibration) a été construit. Un premier exemplaire fonctionne actuellement à l'hôpital civil de Strasbourg.

Les défauts que ce robot permet de mettre en évidence peuvent provenir de traumatismes, de maladies bénignes ou de tumeurs : son champ d'application actuel se situe en pathologie humaine. Les résultats auxquels conduit ce système automatique assisté par ordinateur sont suffisamment fins pour mettre en évidence des défauts de fonctionnement physiologiques dus à la perte de vigilance, à l'éthylisme ou à l'apaisement. Ce qui permet d'envisager des applications qui vont de la sécurité du travail à l'orientation en apesanteur, en passant par des problèmes quotidiens de vertige ou du mal des transports.

* Charles Kopp, maître de conférence à la Faculté, Institut de mécanique des fluides, U.A. 07-0594, université de Strasbourg I, 2, rue Boissier, 67083 Strasbourg Cedex.

OEIL

Le robot met son doigt dans l'œil

Pierre Vidal*

Assis devant son écran, le chirurgien dirige le bras du robot. La petite main métallique, avec une sûreté et une précision extrêmes, enfonce le scalpel dans l'œil. La microchirurgie se met au goût du jour.

LA CHIRURGIE de l'œil est l'un des domaines de la médecine où la technologie est à l'origine de progrès considérables. Grâce au vitrectome, par exemple, il est devenu possible d'extraire de n'importe quel endroit du globe oculaire des corps non désirables dus à des infections ou hémorragies. Mais un pas supplémentaire a été franchi récemment qui apporte à cette technique encore plus de précision et de sécurité. On le doit à une équipe de chercheurs du Centre d'automatique (Villeneuve d'Ascq) et d'ophtalmologistes de l'université de Lille II qui ont mis au point et réalisé un micromanipulateur pour chirurgie oculaire (MSVO). Cette application de robotique en est actuellement au stade du prototype industriel. Sa production et sa commercialisation qui interviendront d'ici un an seront assurées par la société Nord Industrie 2000.

* Pierre Vidal, attaché de recherche CNRS, L.A. 370, Centre d'automatique, université des sciences et techniques de Lille I, bât. P2, 39655 Villeneuve d'Ascq Cedex.

Avec ce système, le chirurgien qui opère ne se trouve plus à la verticale de l'œil du patient. Il est assis devant un écran. Au moyen d'un « manche à balai » il dirige à distance les mouvements d'un robot manipulateur sur le bras duquel est fixé le vitrectome qui coupe ainsi avec une précision de 0,1 mm. L'adjonction ultérieure de capteurs extéroceptifs permet d'envisager, sous la surveillance constante du chirurgien, la marche en autonome du MSVO durant certaines phases de l'opération.

Des équipes de chercheurs du Centre d'automatique de Villeneuve d'Ascq et d'ophtalmologistes de l'université de Lille mettent au point un robot chirurgical qui sera diffusé par Nord Industrie 2000.

Cette application de télémanipulation qui ne concerne, à l'heure actuelle, que les vitrectomies pourra être étendue à d'autres domaines médicaux. Il suffira de confier d'autres instruments au bras du robot. D'ores et déjà on envisage les découpes avec bistouri : la géométrie de la découpe pouvant être quelconque ainsi que l'angle de pénétration dans le tissu et la profondeur de la coupe. Un guide d'ondes pourra également être tenu à la place du bistouri et effectuer des photocoagulations ou des découpes avec laser. Les préparations sont aussi à l'ordre du jour : les angles et profondeur étant modifiables. Le MSVO pourra encore effectuer des sutures au moyen d'une pince. Outil qui lui permettra, enfin, d'implanter des aiguilles radioactives dans les tissus malades.



Le micromanipulateur pour chirurgie oculaire. © Centre d'automatique de Villeneuve d'Ascq.

BIOTECHNOLOGIES

Des bactéries pour guérir les végétaux

Pierre Yot*

Certaines bactéries sont responsables de la mauvaise santé des plantes. D'autres, au contraire, font leur bonheur. Sur les unes et sur les autres, on en sait, aujourd'hui, un peu plus.

LES MICROORGANISMES jouent un rôle très important vis-à-vis des productions végétales. Mais tandis que certains, en particulier des bactéries, provoquent des pertes considérables, d'autres, au contraire, peuvent élever le niveau de fertilité d'un sol et améliorer la nutrition des plantes.

Depuis 1981, le Laboratoire de biologie moléculaire des relations plantes-microorganismes (CNRS) associé au Laboratoire de génétique des microorganismes (INRA) travaille sur la fertilisation du sol par les bactéries, et sur le pouvoir pathogène de certaines d'entre elles. L'expression du virus de la mosaïque du chou-fleur devrait également déboucher sur des résultats phytosanitaires.

Des recherches fondamentales sont indispensables pour mieux comprendre – et à long terme, contrôler – les relations spécifiques plantes-bactéries. Par ailleurs, l'expression du matériel génétique (gène) des végétaux est un problème important, tant du point de vue de la connaissance de la matière vivante que de possibles applications à long terme (en particulier pour l'amélioration génétique). Les virus à ADN (acide désoxyribonucléique) de plantes peuvent permettre d'aborder certaines études sur des génomes simples. Ces raisons ont conduit à la création, en 1981, d'un laboratoire mixte CNRS-INRA à partir du laboratoire INRA de génétique des microorganismes.

Ce nouveau laboratoire fait partie du Groupement scientifique (GS) Microbiologie Toulouse. Il a pour but de faciliter des échanges entre différentes unités de microbiologie toulousaines appartenant à l'université Paul Sabatier, au CNRS, à l'Institut national des sciences appliquées et à l'INRA. Dans ce contexte, le Laboratoire de biologie moléculaire des relations plantes-microorganismes d'Auzeville a entrepris l'étude de trois thèmes.

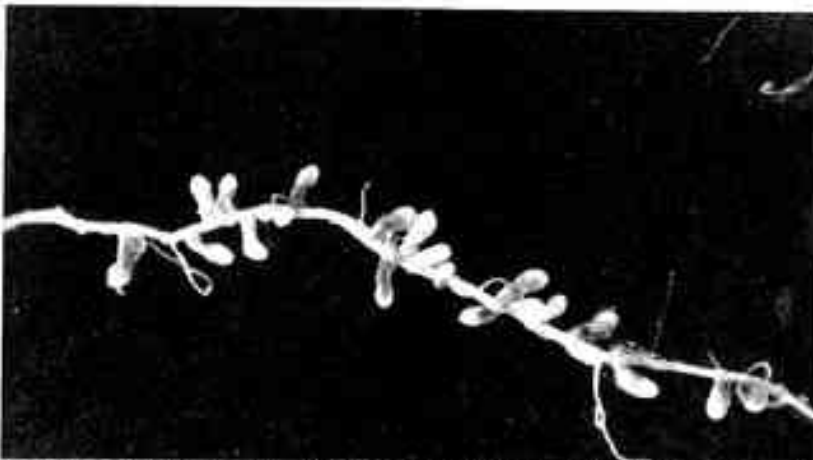
Le premier concerne la symbiose fixatrice d'azote entre les bactéries du genre *Rhizobium* et les Légumineuses. Lors d'une telle symbiose, l'azote atmosphérique peut

être utilisé par les plantes grâce aux bactéries. Un des objectifs les plus immédiats est d'augmenter l'efficacité des symbioses existantes. A plus long terme on voudrait en créer de nouvelles afin de diminuer la consommation d'engrais coûteux et polluants. Les travaux actuels portent sur la recherche, l'isolement et l'analyse des éléments du matériel génétique (gènes) impliqués dans la symbiose fixatrice d'azote et appartenant aux deux partenaires bactérien et végétal. Les gènes pourront ensuite être manipulés.

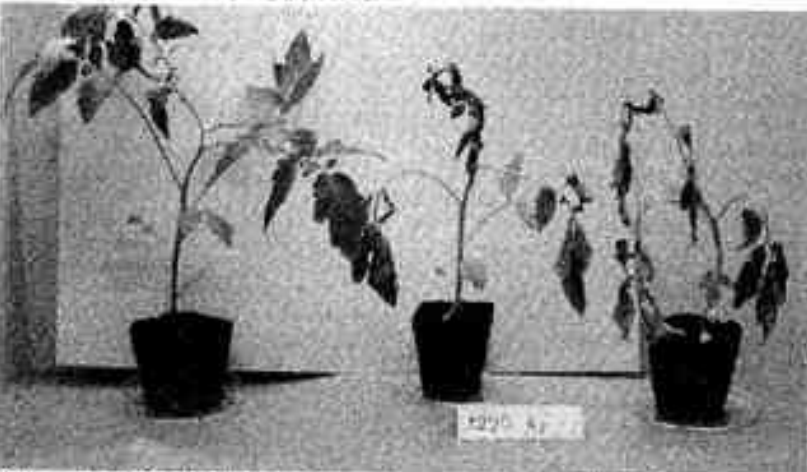
Second thème de recherche: le pouvoir pathogène de la *Pseudomonas solanacearum*. Cette bactérie est responsable d'une des plus graves maladies végétales d'origine bactérienne. Elle provoque des dégâts considérables en zone intertropicale car elle infecte de nombreuses plantes, notamment la pomme de terre, la tomate, le tabac, le bananier, etc. Un des buts des recherches est d'obtenir des bactéries avirulentes (mutants) capables d'entrer en compétition avec les bactéries normales. Cela suppose

de connaître, au préalable, les gènes responsables du pouvoir pathogène. Les études en cours visent également à identifier des constituants du végétal dont l'interaction avec les produits ou les structures bactériens est la cause du développement du processus infectieux. Elles visent aussi à envisager une autre méthode de lutte (résistance génétique).

Le troisième thème se rapporte à l'expression du virus de la mosaïque du chou-fleur. Celui-ci infecte les crucifères et représente un des rares exemples de virus végétaux à ADN. Son génome est environ cent mille fois plus petit que celui de la plante infectée. Il constitue un modèle d'étude car il a besoin, pour s'exprimer, d'une partie de la machinerie de la cellule-hôte. Par ailleurs, la caractérisation des éléments structuraux et des fonctions du virus (stratégiques pour sa multiplication) doit permettre d'accéder à la mise au point de nouveaux outils phytosanitaires pour lutter contre les infections virales.



Les organes de fixation de l'azote: nodules racinaires de luzerne induites par rhizobium. © Centre régional de recherche et de documentation pédagogique de Dijon.



Fletrissement bactérien de la tomate causé par *Pseudomonas solanacearum*. © INRA, Toulouse.

*Pierre Yot, maître de recherche CNRS, Laboratoire de biologie moléculaire des relations plantes-microorganismes, UM 38-0005, CNRS-INRA, BP 21, 31326 Castanet-Tolosan Cedex.

BIOTECHNOLOGIES

Détecter les virus des plantes

Marc Van Regenmortel*

Désormais on peut détecter les maladies virales de certaines plantes au moyen d'anticorps monoclonaux. Ces nouveaux moyens de diagnostic présentent d'énormes avantages par rapport aux réactifs classiques.

COMME LES HOMMES, les plantes souffrent parfois de maladies virales. Comme pour les hommes, on peut diagnostiquer ces maladies au moyen d'anticorps. Le Laboratoire d'immunologie de l'Institut de biologie moléculaire et cellulaire (IBMC), à Strasbourg a mis au point, depuis 1982, des anticorps monoclonaux permettant d'ob-

Les anticorps monoclonaux mis au point par l'Institut de biologie moléculaire et cellulaire et les trousses de détection de la société Ronchese vont pouvoir venir à bout de bon nombre de maladies des plantes.

tenir des réactifs intéressants pour détecter plusieurs virus de plantes causant des maladies graves chez de nombreuses plantes maraîchères et ornementales, le tabac, la vigne, etc.

*Marc Van Regenmortel, directeur de recherche CNRS, Institut de biologie moléculaire et cellulaire, LP 00-5201, CNRS, 15, rue René Descartes, 67084 Strasbourg Cedex.



Les anticorps monoclonaux permettent d'obtenir des réactifs intéressants pour détecter certains virus, en particulier, ceux des plantes ornementales. © CNRS. Photo : J.-N. Reichel.

Cette technique n'avait pas encore été appliquée, en France, dans ce domaine de la phytopathologie. Les travaux de l'IBMC, en association avec l'INRA et la société Ronchese à Libourne (chargée de la mise au point et de la commercialisation de trousses de détection) devraient déboucher sur des perspectives commerciales intéressantes en France et à l'étranger, notamment dans le domaine des plantes ornementales.

Les anticorps monoclonaux (obtenus par fusion de certaines cellules de la souris) présentent des avantages importants par rapport aux réactifs classiques. Contrairement à ces derniers, ces nouveaux anticorps peuvent être obtenus dans des quantités quasi illimitées. Ainsi, un réactif standard peut être distribué à un grand nombre de laboratoires.

Les problèmes découlant de la variation inhérente aux réactifs classiques sont ainsi totalement éliminés. Le second avantage des anticorps monoclonaux réside dans leur pouvoir discriminatoire qui est très supérieur à celui des antisérums classiques. D'autre part, des anticorps peuvent être sélectionnés qui réagissent avec tous les membres apparentés d'un même groupe de virus, ce qui facilite le diagnostic. Enfin, l'immunisation des souris ne requiert que de très faibles quantités de virus (de l'ordre de 100 µ) pour produire ces anticorps monoclonaux, ce qui représente un avantage incontestable par rapport aux quantités de virus nécessaires pour la préparation de réactifs classiques.

ENVIRONNEMENT

ÉCOLOGIE

UNE NOUVELLE RACE D'ÉCOLOS

Paul Ozenda*

Si l'image de l'écologiste anti-industriel s'est estompée, celle de l'écologiste qui valorise est encore un peu floue. Cependant, ici et là, apparaissent des cas de collaboration heureuse.

LES RAPPORTS entre la recherche écologique et l'industrie sont perçus essentiellement par le public dans le cadre de l'impact de cette dernière sur la nature et l'environnement : pollutions, surtout, et,

dans une certaine mesure, destruction de la végétation naturelle et de l'habitat des animaux sauvages. Mais aujourd'hui ces problèmes prennent une ampleur beaucoup plus grande. La destruction des ressources naturelles ne concerne pas seulement les habitats du gibier ou les aires de nidification de l'avifaune aquatique, par exemple. Elle représente aussi de véritables catastrophes économiques comme la destruction

massive des forêts par les pluies acides. Les grands travaux ont, de leur côté, des conséquences mieux reconnues sur l'équilibre des nappes phréatiques, entraînant des modifications de la valeur agricole des terres.

Le rôle de l'écologiste est alors, en premier lieu, d'essayer d'évaluer objectivement ces conséquences et de proposer, le cas échéant, des modifications susceptibles de les réduire : dispositifs anti-pollutions,

*Paul Ozenda, maître de recherche CNRS, Laboratoire de botanique et biologie végétale, UA 04-0242, université de Grenoble I, BP 68, 38402 Saint-Martin d'Hères Cedex.

opérations annexes aux grands travaux ayant pour effet de diminuer les risques d'érosion, de perturbation des nappes, etc.

Le temps est passé où l'écologiste pouvait se présenter simplement comme un défenseur inconditionnel de la nature et du cadre de vie avec, pour stratégie essentielle, d'empêcher ou de retarder les opérations industrielles jugées préjudiciables au milieu ambiant. De telles positions ne sont pas tenables dans la mesure où elles arrivent à être en contradiction avec l'intérêt national lui-même. Il faut que l'écologiste ait résolu-

ment les pieds sur terre et se présente comme un expert crédible dont le rôle est d'indiquer quels sont, parmi les impacts possibles de l'industrie, ceux qui n'ont qu'une importance vraiment limitée ou discutabile (ennoyage de quelques hectares de pelouse sans valeur écologique, par exemple) et, au contraire, ceux dont les conséquences peuvent être graves à moyen ou long terme.

En revanche, on voit plus difficilement l'aide directe que l'écologie pourrait apporter à l'industrie, du moins pour le moment.

On pourrait citer, cependant, comme exemple, l'intervention des études d'écologie (notamment, de cartographie écologique) dans les problèmes de productivité des écosystèmes naturels dont dérive l'importante question de la production de bois, et, d'une manière plus générale, la biomasse à usage industriel. ■

ÉCOLOGIE

La végétation sauvée

Guy Pautou*

Où l'on voit qu'une gestion écologique rigoureuse permet de satisfaire tout le monde, y compris... la végétation.

CONSTRUIRE un barrage, mener des opérations de drainage ou d'assainissement revient à modifier profondément l'hydrologie d'une vallée. Et l'on risque, de ce fait, de nuire au dynamisme de la végétation spontanée ainsi qu'aux potentialités des terres agricoles.

Pour pallier ce risque, l'équipe du Laboratoire de botanique et biologie végétale de l'université de Grenoble, dans le cadre d'un

programme interdisciplinaire de recherche en environnement (PIREN), travaille en relation étroite avec la Compagnie Nationale du Rhône. Et ce, dans le but de promouvoir une gestion écologique de la végétation dans les zones du fleuve qui font l'objet d'aménagements.

Pour chacune de ces zones, l'équipe réalise une étude comportant trois phases principales. Dans un premier temps, elle dresse une carte détaillée de l'état du site avant aménagement. La collaboration de géographes permet de prendre en compte l'historicité du système alluvial.

Dans un deuxième temps, l'équipe d'écologistes procède à une évaluation des répercussions à court et moyen terme sur les communautés végétales en place. Évaluation qui débouche sur divers scénarii prévisionnels.

La troisième phase consiste à analyser les réponses de la végétation face aux perturbations que vont entraîner les aménagements : arrêt ou diminution des entrées de sédiments et des flux hydriques, modification de l'érosion, arrêt de la régénération, disparition ou apparition d'espèces, etc.

Dans le cadre d'un programme interdisciplinaire de recherche en environnement, le Laboratoire de botanique et biologie végétale de l'université de Grenoble, en collaboration avec la Compagnie Nationale du Rhône, tente de promouvoir une gestion écologique de la végétation.

Cette méthodologie permet, ensuite, de rechercher des solutions techniques avec les autres équipes du PIREN. C'est ainsi, par exemple, que l'on pourra proposer à l'aménageur, aux agriculteurs, aux communes, aux directions régionales de l'Environnement, un tracé qui aura pris en compte, non seulement leurs intérêts mais aussi celui de la végétation. ■

*Guy Pautou, chargé de recherche CNRS, Laboratoire de botanique et biologie végétale, UA 04-0242, université de Grenoble I, BP 68, 38402, Saint-Martin d'Hères Cedex.

Faire reverdir les rives

Lucien Maman*

Le reverdissement des rives du Rhône n'est pas seulement affaire d'esthétique...

LE REVERDISSEMENT des ouvrages de la Compagnie Nationale du Rhône et d'Électricité de France est nécessaire. Tant pour des raisons d'esthétique paysagère que pour la stabilité des matériaux superficiels mis en œuvre. Ceux-ci présentent des caractéristiques écologiques très sévères qui s'opposent à l'installation de la végétation spontanée (forte déclivité, compac-

tion, érosion superficielle, etc.). Par ailleurs, la création d'un tapis herbacé de façon artificielle est indispensable pour accélérer l'implantation ultérieure de végétaux arbustifs.

Les recherches menées depuis 1977 à l'université de Grenoble et les essais effectués sur des parcelles expérimentales ont conduit à la mise au point de mélanges d'espèces répondant à cet objectif. Ils diffèrent pour chaque type de situation écologique

par des caractéristiques qualitatives (variétés choisies, origine des lots) et quantitatives (rapports pondéraux entre espèces).

Les techniques d'ensemencement utilisent un mélange aqueux de graines, un engrais ternaire adapté au substrat et un fixateur (cellulose de pin) projeté par aspersion au canon (procédé industriel dit de semis hydraulique). Grâce à ces techniques, et aussi à la sélection de variétés performantes permettant une économie sur la densité des semis, le prix de revient des opérations de reverdissement a baissé, en francs constants, de 80 % en quinze ans. ■

Le Laboratoire de botanique et biologie végétale de Grenoble a mis au point des techniques économiques d'ensemencement appliquées aux ouvrages de la Compagnie Nationale du Rhône et d'EDF.

*Lucien Maman, Laboratoire de botanique et biologie végétale, UA 04-0242, université de Grenoble I, BP 68, 38402 Saint-Martin d'Hères Cedex.

GEOGRAPHIE

La réponse du chercheur au berger

Monique Barroé-Pastor*

Avec un peu de réflexion à la clé, une équipe toulousaine de géographes et d'architectes propose des bergeries dont le prix est de 35 % inférieur à l'offre d'un industriel et de 55 % inférieur au prix plafond établi par l'Administration. Et en plus, les bâtiments sont en harmonie avec l'environnement.

DANS LES PYRENNES où les activités et la vie sociale déclinent, l'agriculture se trouve particulièrement menacée. Et pourtant, des jeunes affichent leur attachement à la terre. Leur problème central ? L'absence de bâtiments adaptés à leurs besoins et à leurs moyens. Une équipe toulousaine de géographes (CNRS) et d'architectes (Ecole d'architecture de Toulouse), des agents de développement, des administratifs et des producteurs ont uni leurs efforts

Des géographes et des architectes toulousains, avec la collaboration d'artisans locaux et de Pechiney, voient au secours des bergers.

pour étudier et réaliser un projet alternatif capable de répondre aux besoins de ces jeunes agriculteurs. A ce jour trois groupes-étables, deux groupes-bergeries et une chévrerie sont sortis de terre. Et à des prix défiant toute concurrence. Ainsi dans la solution préconisée par l'équipe, une bergerie pouvant accueillir trois cents brebis-mères à 1200 mètres d'altitude revenait, en 1984,



Une grange-étable pour cinquante vaches-mères. © Photo : Michel Crois, EAT.

à 835 F (HT) par animal. Dans l'offre proposée par un industriel local, le prix était de 1300 F (HT). A signaler que dans son appel d'offre, l'Administration avait établi le prix-plafond à 1764 F (HT).

Cette opération expérimentale de recherche-développement dans le domaine des sciences sociales est intéressante à plus d'un titre. Tout d'abord en raison de son caractère interdisciplinaire et interprofessionnel qui a permis l'élaboration d'une méthodologie originale. Par ailleurs, ce produit architectural correspond, en tous points, aux exigences et à l'expansion de l'agriculture locale. En effet, une différence de plus de 30 % entre les prix du marché et du projet démontre magistralement l'intérêt économique de ce dernier. Lequel, encore, est entièrement adapté aux besoins et au niveau des technologies utilisées par les agriculteurs. Adaptation, aussi, aux contraintes de la haute montagne (neige, vent, pente, etc.). Mais — fait important — cette solution est également adaptable aux besoins de systèmes d'élevages évolutifs tout en améliorant les conditions de travail.

Les promoteurs de cette expérience n'ont pas limité leur réflexion au seul domaine de l'utilisation finale. Ils ont également tenu compte de toute une exploitation périphérique pouvant favoriser l'ensemble

de l'économie locale. Par exemple, la structure des bâtiments est en bois de pays (compétitive avec le métal). De même, la simplicité du principe constructif permet une mise en œuvre facile par les artisans régionaux et une auto-construction partielle. Dans une région riche en églises romanes classées, les architectes ont, par ailleurs, voulu que ces bâtiments participent d'un nouveau paysage montagnard sans pour autant être figés dans une conception traditionnelle. Cette démarche, enfin, a permis d'établir de nouvelles relations avec les industriels. Pechiney, par exemple, a modifié pour la circonstance l'un de ses produits destinés à l'élaboration d'une faîtière ventilée adaptée à une toiture dont la pente est de 80 %.

Une expérience de ce genre permet de poser les bases de nouvelles relations entre les différents intervenants. Elle permet, aussi, de proposer une méthodologie alternative de développement agricole et rural qui modifie les conditions d'introduction des innovations.

*Monique Barroé-Pastor, chargée de recherche CNRS, CIMA, U.A. 04-0356, université de Toulouse II, 109 bis, rue Vauquelin - 31058 Toulouse Cedex.

ENVIRONNEMENT

ECONOMIE INDUSTRIELLE

POUR MIEUX VOIR AU-DELA DES PROJETS

Michèle Fardoux*

Quelle sera la répercussion d'un projet d'usine clé en main sur une région ou un pays ? Que représente le comportement individuel dans le déficit d'une balance des paiements ? Les moyens théoriques dont disposent, aujourd'hui, les économistes permettent de mieux répondre à ce genre de questions. Et donc de mieux fonder les décisions des dirigeants.

D'UN POINT DE VUE normatif, l'économiste porte sur le travail et la production un regard différent et complémentaire de celui de l'ingénieur ou de l'homme d'affaires. Si l'ingénieur et le gestionnaire jugent de la validité technique des procédés de production ou des méthodes d'organisation, si l'homme d'affaires et l'expert financier déterminent les opérations les plus profitables, l'économiste peut apprécier, quant à lui, la pertinence des projets en tenant compte de leurs répercussions sur tout un ensemble régional ou national.

Les choix microéconomiques peuvent être appréciés par l'économiste du point de vue de leurs implications sur le fonctionnement global d'une économie. En évaluant,

notamment, l'influence de ces choix sur des grandeurs non monétaires (effets non marchands) et sur les déséquilibres qui s'y manifestent. La répétition d'une instabilité macroéconomique et de déséquilibres fondamentaux, tant dans les économies développées que dans celles en voie de développement, rend aujourd'hui une telle appréciation tout à fait essentielle. La recherche en sciences économiques a développé nombre d'instruments permettant de mieux comprendre les relations entre, d'une part les choix décentralisés des agents et, d'autre part, les tensions et déséquilibres qui se manifestent sur les marchés. L'inflation, le chômage ou le déficit de la balance des paiements en étant les signes les plus évidents.

Ceci a conduit, notamment, à analyser d'un point de vue théorique les fondements microéconomiques des mécanismes macroéconomiques. Et donc à développer des théories susceptibles d'expliquer des évolutions globales en partant d'une analyse fondée sur les comportements individuels. De même, les modèles économétriques de prévision utilisent aujourd'hui fréquemment

des indicateurs de tension qui visent à mieux tenir compte des contraintes qui pèsent réellement sur nos entreprises (contraintes de financement, de débouchés, de rentabilité, de solvabilité, etc.). Analyses théoriques et applications économétriques se sont beaucoup développées dans ce domaine. L'économiste peut, ici, apporter une contribution importante aux processus de décision et de gestion du secteur productif, notamment dans le cadre d'une économie mixte comme celle de la France où secteur public et entreprises privées coexistent et où la modernisation de nos activités productives est un impératif vital.

C'est aussi le cas lorsque nos entreprises font valoir, à l'exportation, l'intérêt technique et financier de projets de taille importante, comme la réalisation de grands équipements ou d'ensembles productifs complets. Devrait s'ajouter aux expertises techniques et financières une analyse des implications macroéconomiques des projets. C'est-à-dire une analyse de leurs conséquences sur l'endettement extérieur à court terme et long terme, sur l'emploi et sur les équilibres régionaux du pays concerné.

Dans ces différents domaines, la recherche, en France, ne joue peut-être pas encore le rôle qui devrait être le sien. Ceci tient sans doute à un certain cloisonnement entre le secteur productif et la recherche académique qui éloigne trop souvent chercheurs et universitaires des préoccupations de nos entreprises et des décideurs politiques. Des progrès peuvent cependant être enregistrés grâce, en particulier, à une meilleure diffusion des travaux des chercheurs et à des participations conjointes dans des colloques et dans de nombreuses commissions, notamment celles du Commissariat général du Plan et des instances régionales. Il est souhaitable de donner plus d'ampleur à ce mouvement car il y a place, dans ce domaine, pour une recherche active en prise directe sur les problèmes de notre temps. Le monde des affaires, le monde de l'administration et le monde de la recherche ne peuvent que gagner les uns et les autres au développement de cette collaboration. ■

*Michèle Fardeau, directeur scientifique CNRS, département des Sciences de l'homme et de la société, 15, quai Anatole France, 75700 Paris.

ECONOMIE INDUSTRIELLE

ENTRE DEUX RECIFS

Jacques De Bandt*

D'un côté, des entreprises qui surprotègent l'accès à leurs informations. D'un autre côté, des chercheurs incapables d'assurer légalement la protection de leurs travaux. La valorisation de la recherche en économie navigue entre ces deux récifs.



Les installations en informatique sont considérables. © CNRS/CIRCE. Photo J.N. Reibel.

L'INSTITUT de recherche en économie de la production (IREP) a toujours consacré une partie de ses efforts à des activités de valorisation. Mais en quoi consiste la valorisation en sciences économiques ? Deux exemples suffiront à suggérer la portée et les limites de telles activités.

Le textile analysé sous toutes ses coutures

Le premier concerne les recherches effectuées à l'IREP, dès les années 60, à l'intérieur des industries textiles. C'est dans le cadre de ces industries (mais aussi très rapidement dans celles du papier, de la sidérurgie, de la chimie, etc.) que cet institut a développé ses principales contributions à l'économie industrielle. Il a étudié, en particulier, les contraintes des entreprises liées aux paramètres de la fonction de production (essentiellement l'élasticité de substitution). De nombreuses contributions telles que la durée de la vie des équipements, la compétitivité, les investissements défensifs ou la filière de production ont été élaborées à partir de ces travaux.

Partant de là, l'IREP est, tout naturellement, passé à des activités de valorisation. En effet, la connaissance vécue et intime de ces industries textiles, analysées « sous toutes les coutures » a suscité de multiples sollicitations.

*Jacques De Bandt, directeur de recherche CNRS, Institut de recherche en économie de la production (IREP), F.R. 06-0128, université de Paris X - 2, rue de Rouen, 92001 Nanterre Cedex.

Nombreux sont les gouvernements, les organisations internationales, les organismes professionnels, mais aussi les entreprises (y compris quelques sociétés d'études) qui ont fait appel à l'I'REP pour les conseiller dans leurs stratégies et décisions. Ces exemples en témoignent : préambule d'une loi textile italienne s'appuyant sur les analyses dont il est question ci-dessus ; «évaluation critique» du plan textile mis au point par le ministère de l'Industrie ; avis sollicités et donnés à plus d'une trentaine de gouvernements dans des pays développés et en voie de développement ; pour la Commission des communautés européennes, un diagnostic d'ensemble sur les industries textiles et sur les évolutions prévisibles ; analyse des conditions de développement des industries textiles dans les pays africains et insulaires associés ; intervention auprès de cinq autres organisations internationales, pour évaluer l'opportunité de projets d'investissements très importants ; conseil en analyse sectorielle auprès d'organisations professionnelles d'un pays voisin. Enfin, l'I'REP est intervenu comme conseil dans de nombreuses entreprises françaises et étrangères à seules fins de prises de décisions stratégiques. En revanche l'I'REP a refusé son concours à des opérations de « mariage » ou de rachat d'entreprises, comme à des opérations de restructuration ou relevant exclusivement de l'organisation ou de la gestion.

L'Institut de recherche en économie de la productivité, à travers ses travaux théoriques et ses prestations, a acquis une large audience auprès des gouvernements, des organisations internationales, des organismes professionnels et des entreprises.

Parmi ces entreprises, figurent quelques sociétés d'étude. Il faudrait ajouter que, dans un certain nombre de cas, des organismes publics ont « utilisé » l'I'REP pour fournir, selon les cas, assistance ou contrôle scientifique auprès de sociétés d'étude.

Mesurer les performances industrielles

Voyons maintenant le second exemple. A la suite de débats scientifiques avec l'économiste hollandais Jan Tinbergen (un des premiers Prix Nobel d'économie) sur ce qu'il appelait la « fonction productivité », l'I'REP a été conduit à mettre au point une méthode de mesure des performances industrielles : la norme intersectorielle d'efficacité. Tout en remettant en cause un certain nombre d'acquis sur les fonctions de production, cette mesure permet de comparer les niveaux relatifs d'efficacité des entreprises comme des industries.

Le Canada a sollicité les conseils de l'I'REP pour sa mise en œuvre dans le cadre de son économie. Depuis, une société d'étude britannique a proposé à divers gouvernements un « produit » fondé essentiellement sur l'application de la norme in-



© CNRS/CIRCE. Photo J.N. Reichel.

tersectorielle d'efficacité. Enfin, quelques grandes entreprises ont également souhaité avoir des contacts avec l'Institut en vue de son application.

A travers ces deux exemples peut-on réellement parler de valorisation ? Sans aucun doute. Il s'agit de schémas théoriques qui permettent, par leur application, des décisions plus éclairées et, de ce fait, plus efficaces. Les résultats en témoignent.

Cette activité de valorisation rencontre évidemment certaines limites, parfois importantes. Et d'abord en raison des investissements (en temps-chercheurs, contacts et enquêtes) qui sont considérables. Ceci tient en partie au fait que, par comparaison avec des sociétés d'étude, les équipes de recherches comme l'I'REP situent beaucoup plus haut leur niveau d'exigence scientifique.

Les difficultés rencontrées

Par ailleurs, dans de nombreux cas analogues à celui du textile (par rapport à celui de la norme intersectorielle), cette activité est conditionnée par des difficultés d'accès à l'information. De ce point de vue, deux types de problèmes se posent. Tout d'abord celui du secret professionnel. Nombreuses sont les informations qui ne peuvent être obtenues qu'au niveau de l'entreprise et qui sont couvertes par lui. On ne peut donc les publier. L'accès à ce type d'information permet pourtant de développer l'analyse et accroît donc la connaissance ainsi que le niveau d'expérience et d'expertise. La non-publication constitue un inconvénient majeur. Certaines des plus belles analyses de l'I'REP (telles les performances comparées des équipements anciens et nouveaux à l'intérieur des entreprises) ont, ainsi, été frappées de confidentialité.

Second problème : l'accès à ces informations. Celui-ci dépend, évidemment, de l'accueil (et de son évolution) fait par les entreprises aux démarches des chercheurs. Il est, en effet, fréquent que par crainte ou méfiance à l'égard des chercheurs (ou en raison du degré d'approfondissement de l'analyse) l'accès à l'entreprise se ferme.

Citons le cas de cette industrie française, avec laquelle l'I'REP avait négocié puis préparé une enquête systématique sur les investissements. Le jour du démarrage, elle a décidé de refuser l'accès à ses entreprises. Apparemment, certains cadres supérieurs craignaient que l'enquête ne révèle des responsabilités dans des investissements qui n'avaient pas de raison d'être.

Ce problème d'accès à l'information se pose également avec l'Administration, pour les mêmes types de raisons. Ainsi l'I'REP n'a jamais pu connaître les informations qui auraient permis d'analyser, de manière un peu systématique, les aides de l'Etat aux entreprises. On peut déplorer qu'aucun travail sérieux n'ait été réalisé en France, en dépit des ressources considérables qui sont engagées dans ce domaine.

Il faut aussi aborder la question de la propriété. Bien entendu aucun des résultats des recherches en économie industrielle n'est susceptible d'être breveté. Certes, il peut y avoir activité de valorisation en dehors de ce fait. Mais les flux imputés à cette activité sont moins aisément identifiables en tant que tels. De plus, pour diverses raisons qui tiennent sans doute au statut des sciences sociales et des chercheurs « publics », les activités de valorisation (distingues des activités de service) sont, ici, généralement gratuites (parfois payables en nature : informations, traitement de données, missions).

C'est, évidemment, un handicap de ne pouvoir justifier « en monnaie sonnante et trébuchante » les activités de valorisation. Ne suffirait-il pas, alors, de trouver un certain nombre d'autres indicateurs pertinents ?

Mais la vraie question est plutôt celle de l'utilité et de l'utilisation des résultats des sciences sociales. Compte tenu des logiques différentes des chercheurs et des utilisateurs, il importe de développer des modalités d'articulation et de relation qui permettent aux chercheurs de répondre à des demandes sociales. Sans pour autant se transformer en prestataires de services des entreprises ou administrations. ■

ECONOMIE
INDUSTRIELLEAider une PMI
à changer de cap

Denis Carré*

Où l'on voit que le directeur d'une PMI n'a pas hésité à demander au CNRS de l'aider à changer de cap.

QUOI DE PLUS HABITUEL, pour un chercheur en économie industrielle du CNRS, que de réaliser une étude destinée à un organisme national ou international ? Ou encore à une grande entreprise. En revanche, il est exceptionnel de voir le dirigeant d'une PMI demander à un tel chercheur de l'aider à y voir plus clair avant de lancer son affaire dans une nouvelle direction.

Telle a été, pourtant, la démarche de Christian Dhuicque, Pdg de Socabelec, une société installée en Ile-de-France qui emploie une quarantaine de personnes. Son activité ? Pour environ 90 %, de la sous-

traitance à destination de l'industrie électronique, aéronautique et de l'armement. Et pour le reste, l'entreprise conçoit et réalise, depuis deux ans, ses propres produits pour le contrôle dans l'industrie en général.

La situation, de sous-traitant est rarement stable. Témoin le cas de ce client à qui Socabelec avait facturé pour 2,8 millions de francs de sous-ensembles en 1982 et qui n'a rien commandé cette année. La diversification par le développement des propres produits et leur vente en direct sont apparues à l'entreprise comme la meilleure façon de remédier aux aléas de la sous-traitance. Mais quels produits fabriquer, à qui et comment les vendre ? Questions difficiles pour une entreprise qui, jusqu'alors, ne faisait surtout qu'obéir au cahier des charges d'une poignée de donneurs d'ordre et qui, de ce fait, avait réduit les fonctions commerciales à leur plus simple expression.

Socabelec, pour échapper aux risques de la sous-traitance, veut diversifier ses activités. L'Institut de recherche en économie de la production, par son étude, l'aide à prendre une décision.

Le CNRS a d'abord répondu au besoin en information de Socabelec en recensant pour elle une série de données sur les marchés (production des branches et flux commerciaux), sur la technologie (brevets déposés), sur la branche d'activité (données économiques et financières) et, enfin, sur les aides extérieures permettant, en particulier, le financement des études.

Le deuxième apport du CNRS s'est situé dans le domaine de l'évaluation. Une évaluation qui a consisté à apprécier, en collaboration avec l'entreprise, sa spécificité humaine, commerciale, technique et organisationnelle. Ces données ont été, ensuite, interprétées en termes de forces et de faiblesses relatives.

Les apports relatifs à l'information et à l'évaluation ont participé, en fait, à une même préoccupation : l'aide à la prise de décision. Celle-ci a constitué le troisième apport du CNRS. Grâce à lui un éclairage a été apporté sur la pertinence de développement d'un produit à partir d'études confiées à un organisme extérieur et sur les risques a priori encourus par le non dépôt d'un brevet au regard du coût de ce dépôt.

Il faut, pour parachever ce « survol » des apports, insister sur l'aspect « didactique » de l'intervention du chercheur-consultant. Cet aspect est essentiel. L'expertise n'a de sens, en effet, que si, surtout dans le cas des PME, un transfert s'effectue qui permette ensuite à l'entreprise de maîtriser l'analyse de sa réalité et de son environnement.

Aujourd'hui Socabelec fabrique une dizaine de produits que distribue un réseau mis en place (en partie) depuis un an environ. L'exportation a également été abordée, notamment vers les Etats-Unis. A présent, également, Socabelec a pris la représentation de produits étrangers. Le CNRS a participé à la réorientation du développement de l'entreprise. Certains produits, en effet, ont été éliminés de la gamme au profit d'autres, plus en accord avec la nouvelle stratégie commerciale. ■

SOCIOLOGIE
INDUSTRIELLERepenser
les relations
dans l'entreprise

Jacques Paitra*

Il est temps de s'orienter vers une pensée de la relation dans l'entreprise plutôt que vers une réflexion sur ses structures. Ce qui revient un peu à faire l'éloge d'un certain désordre.

DANS LE CADRE des clubs CRIN Sciences humaines du CNRS, le club « Entreprise en émergence » s'efforce de réfléchir aux évolutions les plus significatives de l'environnement de l'entreprise et de la personne pour trouver un mode d'organisation

qui, à la fois, s'ajuste aux nouvelles mentalités et à la spécificité de la petite et moyenne entreprise.

La composition du club est un reflet de son ambition : deux sociétés de service de petite dimension (une à Paris la Cofrema, l'autre, le Groupe La, en province), une grande société internationale (Elf), un chercheur physicien, deux sociologues (un chercheur, un praticien) forment l'ossature de ce groupe qui a tenu, en 1984-1985, une dizaine de réunions.

Deux sociétés de service (Cofrema et le Groupe La), une multinationale (Elf), un physicien et deux sociologues du CNRS, forment l'ossature du club « Entreprise en émergence ».

Le rapprochement chercheurs-responsables d'entreprise s'est opéré au point de soutenir l'élaboration par Jacques Bayatier, président de SET, de sa conception du partenariat : la mise en place de « structures en galaxie » alliant les grandes entreprises aux micro-initiatives locales dans le cadre d'un projet partagé est une contribution déjà importante à la conceptualisation de nouvelles formes d'organisation pouvant servir à la transformation des entreprises de toutes tailles.

Une des idées centrales, dégagée des confrontations, est qu'il est temps de

s'orienter vers une pensée de la relation plutôt que vers une réflexion sur les structures. Cette orientation conduit à privilégier les rapports de complémentarité plutôt que les rapports de force, à concevoir des « solidarités » de concurrents, d'acteurs sur un même marché.

Elle conduit également à privilégier la relation entre les personnes, fondement essentiel de la qualité de l'entreprise et de son organisation : à condition de faire émerger et d'établir dans la pratique quotidienne un nouveau système de valeurs. Un système caractérisé plus par la créativité en groupe que par la performance individuelle. Un système où le risque l'emporterait sur la sécurité et où l'imagination aurait autant d'importance que la rationalisation. Trois dimensions principales sont ressorties. Elles peuvent cerner une approche de l'entreprise de demain mieux ajustée à la nouvelle source économique et aux aspirations individuelles.

Il s'agit d'abord de prendre en compte dans l'entreprise le phénomène humain dans toutes ses composantes, notamment la dimension affective-émotive qui est à la source de la motivation, de l'adhésion, du plaisir de travailler et d'être avec d'autres.

La deuxième dimension est représentée par le rapport à l'autorité qui est en forte évolution et qui représente un risque affectif : il demanderait un travail d'intériorisa-

* Jacques Paitra, directeur de Cofrema, 14, rue Milton, 75009 Paris.

tion qu'aucune pédagogie n'a, pour l'instant, prévu (ni dans l'éducation, ni dans la formation). Le heurt avec la réalité est constant. Les désadaptations et les dysfonctionnements de plus en plus fréquents trouvent là une de leurs sources principales.

Enfin, on se rend compte que la dimension « temps » (temps de l'action, temps de la vie sociale, temps de la vie intérieure) n'est pas envisagée dans sa complexité, comme levier de transformation des rapports humains au travail et des modes d'organisation.

Le club a constaté, par ailleurs, que le changement ne peut être induit que par l'al-

liance entre la base et le sommet. Il note, également, qu'il faudrait conceptualiser, mettre en forme, théoriser les micro-initiatives locales et les relations grands groupes-petites entreprises en vue de la transmission et de la contagion accélérée de formules réussies. La réflexion des membres du club les conduit à proposer l'élaboration d'une pédagogie de l'incertitude pour faire émerger, notamment, un nouveau rapport à la sécurité. Le club constate, enfin, la fécondité de l'informalité dans les structures et même dans l'existence de « structures molles » dans de petites cellules-unités de travail.

L'expérience de près de deux ans de réflexions en club cellulaire de petite dimension, rassemblant chercheurs et entrepreneurs, indique la fécondité d'un tel travail pour la prise de conscience des conséquences à tirer de la mutation socio-culturelle. Elle démontre également l'utilité d'un croisement intime entre les « idées » de pointe dans le domaine scientifique et les expériences de terrain. Les réponses et les défis sont du côté de la constitution de « réseaux informés » et de la communication d'innovations appropriées. ■

SOCIOLOGIE INDUSTRIELLE

Le wagon des sciences sociales

Louis Guéysse*

Pour l'aider à sortir le métro de l'ombre de la ville, la RATP fait appel à une équipe de sociologues.

En octobre 1983, la RATP a pris l'initiative d'un séminaire intitulé « Crise de l'urbain, futur de la ville », pour lequel elle s'est associée à l'Université et la recherche, notamment à diverses unités de recherche du CNRS.

Un but de ce travail était double. Le premier était d'améliorer les connaissances de l'entreprise sur le milieu urbain afin de mieux en prévoir les évolutions et de s'y adapter en conséquence. Le second était d'introduire plus largement les sciences de l'homme et de la société dans une entreprise où depuis longtemps les cultures techniques et gestionnaires dominent.

Deux ans après le début de nos travaux, quel bilan provisoire peut-on tirer de cette collaboration? Le premier élément à retenir est celui d'un travail important réalisé en commun: près de 120 conférences ont été prononcées au cours des séances mensuelles de travail du séminaire ou au cours de nos deux colloques, en 1984 à Royoumont et, en 1985, à Cergy.

Le deuxième élément à retenir est qu'au fil des travaux du séminaire, la RATP a eu peu à peu impliquée dans le processus de travail. Si au cours des premiers mois d'activité les participants de l'entreprise se sont plutôt mis à l'épave des chercheurs, dès le colloque de Royoumont ils intervenaient de façon importante et créaient ainsi les conditions d'un réel dialogue entre chercheurs, chercheurs d'entreprise, gestionnaires et décideurs.

Le troisième élément positif est qu'entre les chercheurs et l'entreprise s'est progressivement construit un champ de préoccupations commun et que les uns et les autres ont travaillé pour dépasser le domaine de leur

compétences habituelles: les premiers en s'intéressant au fonctionnement et aux recherches de l'entreprise; les seconds en acceptant progressivement les démarches des chercheurs en sciences sociales et en découvrant l'intérêt que leurs travaux pouvaient avoir pour le développement de l'entreprise.

Nous sommes donc rendus, à l'été 85 et au terme du colloque de Cergy, à une croisée des chemins. Si nous faut, maintenant, nous donner les moyens de continuer le processus d'accoutumance réciproque. Nous devons, également, apporter aux chercheurs une meilleure connaissance de l'entreprise et développer des processus de travail commun ouverts à des fractions de l'entreprise plus

larges que son seul personnel de direction ou ses chercheurs. Il y a lieu de développer les participations des sciences de l'homme et de la société en les associant dès l'amont aux projets de l'entreprise ou aux projets communs qui ont été proposés à Cergy.

Deux années de travail commun nous ont amenés à de telles conclusions quant aux démarches à poursuivre. Le bilan reste à faire des travaux proprement dits du séminaire. Trois séances de travail y seront consacrées à la fin de l'année. Elles auront pour but, sur la base de l'analyse de contenu de nos travaux, de définir de façon plus précise les expérimentations, les actions et les recherches à poursuivre. ■



© SE-mobilier intérieur RATP

*Louis Guéysse, directeur général adjoint de la RATP, 53 ter, quai des Grands-Augustins, 75271 Paris Cedex 06.

Les Éditions du CNRS

Point de vue sur...

Introduction aux matériaux composites
Conférences publiées sous la direction de R. Daviaud et C. Fillard, en co-édition avec l'Institut des matériaux composites, t. 1
Matrices organiques.

Aujourd'hui, il est beaucoup question des matériaux composites et de l'augmentation rapide de leurs applications. Aussi, le transfert de cette technologie qui relève d'un domaine de connaissance pluridisciplinaire vers de nouveaux utilisateurs, doit-il être bien assuré.

Le CNRS participe à ce rôle de formation en réunissant chercheurs, industriels, utilisateurs de composites.

Après une première réunion, en 1979, limitée aux seuls composites à matrice métallique ou céramique, une seconde manifestation a été organisée en 1983, à Bormbannes, sous la forme d'une école d'automne consacrée aux matériaux composites à matrice organique.

Devant le succès de ces réunions, et le peu de documentation française dans ce domaine, les Éditions du CNRS et l'Institut des matériaux composites éditent, sous la direction de R. Daviaud et C. Fillard, de l'Institut du pin à l'université de Bordeaux I, les conférences données au cours de cette école d'automne. Ces conférences sont regroupées en grands thèmes :

- les matrices organiques (chimie moléculaire et polymère, polycondensation, résines alkydes et époxydes, polymères thermostables);
- les résines industrielles (polymères, insaturés, résines époxydes, résine polystyrène-pyridine);
- les interfaces et les renforts;
- les propriétés mécaniques (calcul des multicouches, résistance à la rupture, endommagement mécanique, absorption d'eau);
- la mise en œuvre (procédés classiques, techniques nouvelles de transformation, pièces drapées).

Cet ouvrage constitue une très bonne introduction aux composites à matrice organique.

Maryvonne Tasier

Superplasticité

Conférence internationale, Grenoble, 16-17 septembre 1985. Textes publiés sous la direction de B. Baudelet et M. Suéry.

Le phénomène de la superplasticité, découvert il y a plus de vingt ans, a été démontré sur des alliages légers, cuivreux et ferreux. Il a été utilisé industriellement sur des matériaux courants dont il a permis de simplifier la mise en forme. On a aussi mis au point des alliages superplastiques pour produire des objets métalliques avec les méthodes de mise en forme des matières plastiques. L'intérêt des métallurgistes pour la superplasticité ne se dément pas, car elle peut apporter une solution aux problèmes de mise en forme de matériaux nouveaux : alliages trempés microcristallins, matériaux composites multiphasés, etc.

Bernard Baudelet et Michel Suéry ont

groupé les contributions à cette conférence en trois parties : mécanismes et modèles d'écoulement superplastique, observations microstructurales, et nouveaux procédés et matériaux.

Dans la première partie, nous avons particulièrement remarqué l'exposé de I. W. Chen qui analyse l'écoulement superplastique d'un alliage biphasé avec un modèle « diffusionnel » prenant en compte l'accélération de la diffusion intercrystalline provoquée par la migration des interfaces, et un autre modèle « rhéologique » traitant cet écoulement comme un cas particulier de plasticité de transformation.

Ensuite, les études d'évolution de taille des grains et des cavités au cours de l'écoulement superplastique confrontent de nombreux résultats expérimentaux obtenus sur des alliages variés, avec les modèles d'évolution des joints, des textures, des précipités au cours d'une déformation plastique importante : l'influence d'une pression hydrostatique sur le développement de la cavitation a été particulièrement mise en valeur par Michel Suéry.

Enfin, les progrès récents font l'objet des exposés suivants :

- au Japon, l'analyse systématique des possibilités d'affinage des grains par éléments d'addition et par traitements thermomécaniques a guidé les mises au point de nouveaux alliages superplastiques dans les familles des aciers et des superalliages;
- les alliages Al-Li, de plus en plus utilisés pour des applications aérospatiales, peuvent être mis en forme par une superplasticité qui se manifeste à l'occasion d'une recristallisation dynamique, avec superposition d'une pression hydrostatique;
- la superplasticité peut aussi se manifester dans des alliages de titane biphasés, mais l'optimisation du processus opératoire est gênée par le manque de données sur la diffusion dans ces alliages;
- de nombreux aciers présentent à chaud un mélange de ferrite avec de l'austénite, de la martensite ou des carbures : les conditions d'élaboration assurant un grain assez fin et stable pour la manifestation d'une superplasticité, sont exposées et discutées sur un plan technico-économique;
- c'est le même point de vue qui préside au développement de céramiques rendues superplastiques par dosage et/ou méthodes spéciales d'élaboration.

Tous les exemples d'application industrielle de la superplasticité font ressortir la nécessité de grandes vitesses de déformation, pour éviter tout grossissement des grains et pour obtenir un prix de revient acceptable. Il faut reconnaître que les quelques cas où ces conditions ont pu être réalisées, nécessitent un contrôle très précis des conditions de chauffage et de vitesse de déformation.

La valeur de l'apport théorique et expérimental de Bernard Baudelet et Michel Suéry, dans le domaine de la superplasticité, est attestée par les références fréquentes à leurs publications antérieures par les autres conférenciers.

L'exploitation de la superplasticité qui sera faite dans l'avenir se fondera sans doute en grande partie sur l'œuvre de Bernard Baudelet et Michel Suéry.

Signalons, pour terminer une innovation qui mériterait de faire « tâche d'huile » : les organisateurs ont obtenu les manuscrits à temps pour que les Éditions du CNRS puissent présenter ce livre dès l'ouverture de la conférence, que Messieurs Baudelet et Suéry aient que les éditeurs, en soient félicités !

Gérard Cabane

L'étude et la mise en valeur du patrimoine industriel

Actes de la IV^e Conférence internationale, Lyon-Grenoble, septembre 1981.

Ce volume rassemble une cinquantaine de communications, le tiers en langue anglaise, présentées à la quatrième session de la Conférence internationale sur l'étude et la mise en valeur du patrimoine industriel. Il peut être tentant de classer uniquement cet ouvrage sous le vocable « archéologie industrielle ». Mais les communications recouvrent un domaine plus vaste avec l'exploitation des archives comme source documentaire, l'étude rétrospective des rapports sociaux et la question de mise en valeur, aujourd'hui, de ces sites industriels.

Cet ouvrage permet, en premier, (tant aux chercheurs des sciences sociales qu'au public moins spécialisé) de mieux appréhender cette nouvelle discipline, encore mal définie : l'archéologie industrielle. Bien qu'elle soit présentée dans une communication introductive comme une archéologie appliquée puisque sans réalisation de fouilles, de nombreux textes, par la suite, infirment cette position et montrent la richesse des approches de cette discipline. Un des atouts de ce livre est de mettre en valeur l'interaction entre l'exploitation des vestiges du terrain suivant les pratiques de l'archéologie, et le dépouillement de sources documentaires variées (archives, cartes, etc.).

Second volet où l'ouvrage nous apprend beaucoup : la mise en valeur des sites. Même si les communications reposent sur l'analyse de cas concrets à forte spécificité, elles montrent les antagonismes entre l'activité scientifique sur les sites, leur conservation et leur exploitation vers le public. Beaucoup de textes posent une interrogation qui ne pourra être levée qu'avec le temps : l'effort de conservation des sites industriels ne peut être poursuivi sans limite de moyens ; les coûts de cet effort imposent souvent une réutilisation des sites pour tenter d'en retirer quelques recettes ; jusqu'où modifier le site pour permettre ceci ?

En dehors de ces points forts, vu le grand nombre des communications, l'ouvrage présente d'autres points d'intérêt, mais aussi quelques faiblesses dues au caractère peu original des textes portant sur l'interférence entre l'organisation sociale d'une époque et l'agencement des sites industriels contemporains, et d'autres dues au domaine très marginal de certaines communications par rapport au thème général.

Jean Bourdon

INDEX

Noms

Annali F. 38.
 Armand M. 68.
 Aurioi D. 64.
 Bandt (de) J. 77.
 Barattier J. 79.
 Barrué Pastor M. 76.
 Barton D. (Sir). 68, 69.
 Baszkin A. 70.
 Beck G. 52.
 Bernard J.-R. 17.
 Berroir A. 18.
 Besson R. 40, 41.
 Blanchard R. 25.
 Bleijs C. 14.
 Boidin M. 38.
 Boisson J.-P. 24.
 Bouley J.-P. 24.
 Broysse M. 17.
 Brosse J.-C. 59.
 Cantacuzène J. 10.
 Carmona F. 58.
 Carré D. 79.
 Carré R. 28.
 Catach N. 32.
 Chadeau E. 21.
 Charles M. 21, 25.
 Charpentier J.-C. 14.
 Chauvin B. 11.
 Chevalier G.-M. 58.
 Chevalot A.-M. 24.

Combarrous M. 14.
 Commeyras A. 61.
 Comparat V. 13, 41.
 Con R. 27, 28.
 Cot L. 60, 61.
 Couderc J.-P. 62, 63.
 Curien H. 5, 22.
 Demarne H. 66.
 Demazeau G. 50.
 Dhucque C. 79.
 Doumenic M. 22.
 Dubertret M. 51.
 Dubois P. 23.
 Duby J.-J. 5, 6.
 Duchemin M. 41.
 Durand G. 63.
 Duval R. 23.
 Fardeau M. 76, 77.
 Fayard M. 15.
 Feryo J.-C. 24.
 Figueras F. 53.
 Flesia E. 24.
 Fluhr C. 31.
 Foch H. 39.
 Foglizzo R. 24.
 Gagnepain J.-J. 25.
 Gallo G. 24.
 Galy J. 47, 48.
 Gille P. 24.
 Giraff G. 34.
 Godefier M. 21.
 Govindaraju K. 48.
 Gross M. 32.
 Guileysse L. 80.
 Guillaumat P. 5, 22, 23.

Guillaume A. 28.
 Guinot J.-C. 35.
 Hanus J. 49, 50.
 Hofnung M. 20.
 Hui J. 26.
 Humbert C. 61.
 Jaulin M. 24.
 Joly F. 24.
 Kermarrec J. 39, 40.
 Kopp C. 72.
 Laur C. 63.
 Le Boyec Y. 46.
 Lehmann J.-C. 13.
 Lefmann P. 13.
 Le Pecq J.-B. 67.
 Leprince P. 49.
 Liénard J.-S. 29, 30.
 Litman A. 24.
 Maisonnat A. 24.
 Maissonrouge J. 10.
 Maltenaz B. 9.
 Maman L. 75.
 Martino G. 55.
 Maudinas B. 24.
 Maurel R. 52.
 Mendez (de) M. 51.
 Monsan P. 63.
 Mounier-Kuhn M. 66.
 Olivier J. 17.
 Ozenda P. 74.
 Paitra J. 79.
 Papon P. 5.
 Paul F. 64.
 Paulin C. 24.
 Pautou G. 75.

Peckels J.-P. 33.
 Perret R. 35.
 Pommier J.-C. 18.
 Potier P. 65, 68.
 Poyet J.-P. 18.
 Rémiat P. 23.
 Requillé G. 27.
 Rioux C. 37.
 Rognon J.-P. 35.
 Roques B.-P. 67.
 Rossi M. 33.
 Roussel M.-C. 28.
 Roye D. 35.
 Rumeau M. 61.
 Sabah G. 30, 31.
 Sakiz E. 65.
 Sépulchre A. 16.
 Simon J. 71.
 Sipek K. 5, 24.
 Solomon I. 10.
 Tarodo de la Fuente B. 61.
 Tazoff H. 28.
 Tinbergen J. 78.
 Trannoy B. 37.
 Valron J.-P. 58.
 Van Regenmortel M. 74.
 Vergnon P. 24.
 Vert M. 17.
 Vidal P. 72.
 Villemaux J. 56, 57.
 Vrinat M. 54, 55.
 Wallart F. 24, 47.
 Wey R. 54.
 Yot P. 73.
 Yrroud E. 70, 71.

Administrations, organismes et formations de recherche.

Agence nationale pour la valorisation de la recherche (ANVAR). 7, 15, 17, 23, 26, 31, 38, 39, 40, 46, 48, 50, 54, 55, 67, 69.
 Agence pour le développement de la production automatisée (ADEPA). 34.
 Agence régionale de l'information scientifique et technique (ARIST). 23.
 Association publique (AP). 65.
 Action de recherche intégrée (ARI) « Biotechnologies ». 20.
 Association pour le développement de l'informatique (ADI). 28.
 Association nationale des logiciels (ANL). 25.
 Association Westinghouse/Carnegie Mellon. 10.
 Association Harvard-Montana. 10.
 Association pour le développement de l'enseignement de l'économie et des recherches en Midi-Pyrénées (ADERMP). 40.
 Banque des connaissances et des techniques (BCT). 7, 23.
 Banque nationale de Paris (BNP). 62, 64.
 Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM). 19, 36.
 Centre d'automatique - université de Lille 1. 72.
 Centre d'étude de pointe métallurgique (CECM) - Valey. 51.
 Centre d'étude des systèmes et des technologies avancées (CESTA). 58.
 Centre d'études et de recherches de Toulouse de l'Office national d'études et de recherches aérospatiales (CERT-ONERA). 34.
 Centre de biophysique moléculaire - Orléans. 20, 57.
 Centre de minéralogie - Nancy. 19.
 Centre de recherche en automatique - Nancy. 70, 71.
 Centre de recherche en physique de l'environnement terrestre et planétaire - Isyria-Moulins. 18.
 Centre de recherche Paul Pascal - Bordeaux. 59.
 Centre de recherches pétrographiques et géochimiques (CRPG) - Nancy. 48.
 Centre de recherches pour l'étude des gisements de l'uranium (CREGU) - Nancy. 18.
 Centre des macromolécules végétales (CERMAV) - Grenoble. 64.
 Centre de transfert de biotechnologies de l'INRA. 64.
 Centre européen pour la recherche nucléaire (CERN) - Genève. 38, 39.
 Centre hospitalier universitaire (CHU) - Strasbourg. 72.
 Centre hospitalier régional - université de Lille 1, service d'ophtalmologie. 72.
 Centre national d'études des télécommunications (CNET). 26, 27, 30, 32.
 Centre national d'études spatiales (CNES). 23, 34.
 Centre technique de l'industrie hôtelière - Besançon. 28.
 Centre technique de la forêt tropicale (CTFT). 25.
 Centre technique du bois et de l'ameublement (CTB). 26.
 Centre technique des industries mécaniques (CETIM). 25, 34.
 Centres techniques de l'industrie (CTI). 23.
 CNRS - Formation. 25.
 Club CRIN « Afrique anglophone ». 22.
 Club CRIN « Amérique latine ». 22.
 Club CRIN « Applications des lasers ». 14, 22.
 Club CRIN « Applications des mathématiques ». 14, 22.
 Club CRIN « Asie du sud et du sud-est ». 22.
 Club CRIN « Biotechnologie ». 22.
 Club CRIN « Catalyse ». 20.
 Club CRIN « Catalyse hétérogène ». 22.
 Club CRIN « Chimie organique ». 22.
 Club CRIN « Electronique ». 22.
 Club CRIN « Electrotechnique ». 22.
 Club CRIN « Entreprise en émergence ». 22, 79.
 Club CRIN « Ergonomie ». 22.
 Club CRIN « Etudes arctiques ». 22.
 Club CRIN « Génie biomédical ». 22, 58.
 Club CRIN « Génie ». 22.
 Club CRIN « Innovation et transferts technologiques ». 22.
 Club CRIN « Japon ». 22.
 Club CRIN « Logiciels en informatique ». 22, 26.
 Club CRIN « Mécanique ». 22.

Club CRN « Orléans », 22
 Club CRN « Petites et moyennes entreprises », 22
 Club CRN « Pétrole », 6, 19, 22, 55
 Club CRN « Pétrole et combustibles fossiles », 22, 56
 Club CRN « Problèmes internes de l'entreprise », 22
 Club CRN « Thermique », 22
 Comité des relations industrielles (CRII), 5, 6, 9, 21, 22, 23, 25, 55
 Commissariat à l'énergie atomique (CEA), 19, 31, 34, 35, 56
 Crédit Agricole, 10, 63, 64
 Département Chimie du CNRS, 8, 15, 16, 20, 56
 Département Mathématiques et physique de base du CNRS (MPB), 6, 19, 14
 Département Sciences de l'homme et de la société du CNRS (SHS), 8, 21, 77
 Département Sciences de la vie du CNRS, 6, 20
 Département Sciences physiques pour l'ingénieur du CNRS (SPI), 8, 14, 15, 20
 Département Terre, océan, atmosphère, espace du CNRS (TOAE), 8, 18
 Direction de l'information scientifique et technique (DIST), 21, 66
 Direction des recherches, études et techniques (DYARE), 5, 6, 7, 8, 11, 13, 16, 18, 20, 21, 23, 28, 47
 Direction des recherches, études et techniques (DRET), 15, 30, 36
 Ecole d'architecture de Toulouse, 78
 Ecole nationale supérieure de l'industrie des mines de Nancy, 38, 57
 Ecole nationale supérieure de mécanique et des microtechniques (ENSMCM), 25
 Ecole supérieure d'électronique, 40
 Fondation A. de Rothschild, Service d'ophtalmologie, 70
 Groupe de recherche et de développement sur les membranes (GRDM), 60, 61
 Groupe de recherches Claude-François Picard, équipe « informatique linguistique », 31
 Groupement d'étude pour la catalyse (GECAT), 55
 Groupement d'intérêt public (GIP) « instrumentation et spectrométrie », 47
 Groupement d'intérêt public « Température » (GIP-TTF), 40, 41
 Groupement d'intérêt scientifique (GIS), 65, 66
 GIS « Etude des gisements minéraux », 19
 GIS « Géologie » (gisement des bassins sédimentaires), 18
 GIS « Métallogénie », 18
 Groupement de recherches coordonnées (GRECO), 22, 28
 GRECO « Adhésion et collage », 56
 GRECO « Chimie des composites », 56
 GRECO « Communication parlée », 29
 GRECO « Machines électriques à hautes performances », 37
 GRECO « Mécanique des composites », 56
 GRECO « Membranes », 56
 GRECO « Programmation avancée et outils pour l'intelligence artificielle », 27, 28
 Groupement de recherches sur les textes modernes, 32
 Groupement scientifique (GS), 6, 16, 19, 24, 49, 59
 Groupement scientifique « Hydrotraitement », 55
 Groupement scientifique « Microbiologie Toulouse », 72
 Groupement scientifique « Physico-chimie des plasmas », 59
 Groupement scientifique « Robotique région parisienne », 35
 Histoire et structure des orthographe et systèmes d'écriture (HESOs) - Iwy, 32
 Hôpital Central de Nancy, Service d'ophtalmologie, 70
 Hôpital Civil de Strasbourg, 72
 Hôpital Intercommunal de Créteil, Service d'ophtalmologie, 71
 Hôtel-Dieu, Service d'ophtalmologie, 70
 Imperial College de Londres, 66
 Institut d'optique théorique et appliquée - Orsay, 71
 Institut de biologie moléculaire et cellulaire (IBMC) - Strasbourg, 74
 Institut de chimie des substances naturelles (ICSN) - Gif-sur-Yvette, 64, 65, 68, 69
 Institut de la communication parlée - Grenoble, 29
 Institut de mécanique des fluides - Toulouse, 72
 Institut de phonétique - Aix-en-Provence, 33
 Institut de physique nucléaire - Orsay, 46
 Institut de recherche sur la catalyse - Villeurbanne, 17, 52, 54, 55
 Institut de recherche de la santé (IRS), 25
 Institut de recherche en économie de la production (IREP) - Nantes, 77, 78, 79
 Institut de recherches chimiques appliquées (IRCHA), 62
 Institut des sciences nucléaires (ISN) - Grenoble, 6, 41
 Institut Français du pétrole (IFP), 19, 25, 26, 55
 Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer (IFREMER), 19, 65
 Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération (ORSTOM), 68
 Institut Gustave Roussy (IGR) - Villejuif, 67
 Institut national de la recherche agronomique (INRA), 65, 69, 74
 Institut national de la santé et de la recherche médicale (INSERM), 12, 16, 33, 62, 66
 Institut national de physique nucléaire et de physique des particules (IN2P3), 41
 Institut national de recherche en informatique et automatique (INRIA), 25, 27, 28, 34, 36
 Institut national des sciences appliquées (INSA), 61, 63, 73
 Institut national des sciences de l'univers, 18
 Institut national des sciences et techniques nucléaires (INSTN), 31
 Institut textile de France (ITF), 25, 59
 Laboratoire, 7, 23, 51
 Laboratoire d'acoustique musicale - Paris VI, 36
 Laboratoire d'acquariatum - L'Houmeau, 19
 Laboratoire d'automatique documentaire et linguistique - Paris VII, 32
 Laboratoire d'automatique et d'analyse des systèmes (LAAS) - Toulouse, 34, 36
 Laboratoire d'électrochimie de l'université Paris-Sabier - Toulouse, 63
 Laboratoire d'électrotechnique - Orsay, 37, 38
 Laboratoire d'électrotechnique - Grenoble, 14, 36
 Laboratoire d'électrotechnique et d'électronique industrielle - Toulouse, 37, 38
 Laboratoire d'énergie électrique - Grenoble, 69
 Laboratoire d'informatique pour la mécanique et les sciences de l'ingénieur (LIMS) - Orsay, 30, 31, 36
 Laboratoire de biochimie de la faculté de médecine de Clermont-Ferrand, 70
 Laboratoire de biochimie et de neurophysiologie - Tours, 68
 Laboratoire de biologie moléculaire des relations plantes microorganismes - Aulnay, 73
 Laboratoire de botanique et biologie végétale de l'université de Grenoble, 74, 75
 Laboratoire de chimie de coordination - Toulouse, 48
 Laboratoire de chimie de coordination organique - Orsay, 27
 Laboratoire de chimie et physicochimie macromoléculaire - La Mère - 39
 Laboratoire de chimie minérale appliquée, chimie des matériaux - Montpellier, 60
 Laboratoire de chimie organique - Bordeaux, 18
 Laboratoire de chimie organique - Montpellier, 61, 62
 Laboratoire de chimie organique physique appliquée, 53
 Laboratoire de chimie du solide - Bordeaux, 50
 Laboratoire de chromatographie électrocinétique et électrochimie (LCEP) - Besançon, 25, 40, 41
 Laboratoire de cristallographie - Grenoble, 41
 Laboratoire de génétique des microorganismes - INRA, 73
 Laboratoire de génie chimique - Toulouse, 62, 63
 Laboratoire de génie génétique appliqué à la pharmacologie - Remouille, 55
 Laboratoire de l'hydrogène atomique (LHA) - Orsay, 25, 40, 41
 Laboratoire de métallurgie et métallurgie - Paris, 52
 Laboratoire de minéralogie de l'Institut national de techniques de l'air, 66, 67
 Laboratoire de minéralogie et de cristallographie - Paris VI et VII, 55
 Laboratoire de physique chimie des surfaces - Paris, 70
 Laboratoire de physique de la matière condensée de l'école polytechnique, 10
 Laboratoire de physique des gaz et des plasmas - Orsay, 49
 Laboratoire de physique et chimie thermochimique - Paris VI, 46
 Laboratoire de physique et météorologie des océans (LPMO) - Besançon, 25, 40, 41
 Laboratoire de polymères, biopolymères, membranes - Rouen, 68
 Laboratoire de recherche en informatique - Orsay, 28
 Laboratoire de sondage électromagnétique de l'environnement terrestre - Toulouse, 18
 Laboratoire de synthèse des produits biochimiques - Rouen, 65
 Laboratoire de synthèse organique de l'école polytechnique, 48

Laboratoire des matériaux minéraux - Toulouse - 54.
 Laboratoire des sciences du génie chimique - Nancy - 57.
 Laboratoire parole et langage - Aix-en-Provence - 33.
 Linguistique mathématique appliquée à l'informatique juridique - Paris - 31.
 Massachusetts Institute of Technology (MIT) - 10.
 Météorologie nationale - 28.
 Ministère de la Recherche et de la Technologie - 23, 25, 34, 35, 37, 41, 51, 62, 63, 65.
 Ministère des Relations extérieures - 23.
 Ministère du Redéploiement industriel et du Commerce extérieur - 23, 78.
 Ministère du Travail, de l'Emploi et de la Formation professionnelle - 23.
 National Cancer Institute - 67.
 National Science Foundation (NSF) - 10.
 Observatoire du fic du Midi et de Toulouse (OPMT) - 10.
 Office national d'étude et de recherche aérospatiale - 25.
 Programme « Automatisation et robotique avancée » (ARPA) - 34, 35.
 Programme « Étude des continents et océans par réflexion sismique » (ECORS) - 19.
 Programme « Géologie profonde de la France » (GPF) - 19.
 Programme interdisciplinaire de recherche en environnement (PIREN) - 75.
 Programme interdisciplinaire de recherche sur les matériaux (PRMAT) - 50, 56.
 Programme interdisciplinaire de recherche sur les bases scientifiques des médicaments (PRIMED) - 65.
 Programme interdisciplinaire de recherche sur le temps de travail, l'emploi et les modes de vie (PRITEM) - 25.
 Service central d'analyse du CNRS - Versaille - 46.
 Télématique - 34.
 Université Carnegie Mellon - 10.
 Université de Californie Santa Barbara - 10.
 Université de Colombie - 10.
 Université de Harvard - 10.
 Université des sciences et techniques de Lille I - 47, 72.
 Université du Delaware - 10.
 Université du Maryland - 10.
 Université Purdue - 10.
 Université Rutgers - 10.

Entreprises

AEC/Rhône-Poulenc - 62.
 L'Air Liquide - 49, 51, 53.
 Amels - 28.
 Applications techniques de l'électronique industrielle (ATEI) - 39.
 BASF - 50.
 BBL (Alstom-Atlantique) - 50.
 Beghin-Say - 63, 64.
 Bel - 62.
 BELL Laboratories - 14.
 Bioeurope - 63, 64.
 British Petroleum France - 69.
 Bull - 31, 32.
 CDF Chimie - 55, 56, 57.
 Celés - 39.
 Célis - 19.
 Cézus - 51.
 CGEE - 28.
 CGEE/Alstom - 38.
 CGG - 19.
 Chauvin - Blache - 5, 11, 12.
 Chevron - 19.
 CISI - 31.
 Citicorp Venture Capital - 63, 64.
 Clin Midy - 68.
 Cofremca - 79.
 Compagnie d'électronique et piézoélectricité (CEP) - filiale de Thomson CSF - 25, 40, 41.
 Compagnie financière de Suez - 63, 64.
 Compagnie française de raffinage (CFR) - 54, 55.
 Compagnie française des minerais d'uranium - 19.
 Compagnie française des pétroles (CFP) - 5, 10, 19.
 Compagnie générale de radiologie - Thomson - 39.
 Compagnie générale des matières nucléaires - 19.
 Compagnie minière Dong Trieu - 19.
 Compagnie nationale du Rhône - 75.
 Confédération nationale du patronat français - CNPF - 9, 22.
 Couzet - 30.
 Dior - 47.
 DTAS - 25.
 Dubois Santé - 23.
 Dupont de Nemours - 50.
 Electricité de France (EDF) - 39, 75.
 Elf - 17, 38, 53, 55, 79.
 Elf-Aquitaine (Production) - 18, 59, 64.
 ELF Bio-recherche - 64.
 Essilor - 5, 9, 70.
 Essilor International - 70.
 Ethylène-Plastique - 57.
 Eurosoft - 32.
 Exxon Corp. - 14.
 Gearhart - 19.
 Grande Paroisse - 55.
 GRIL - 28.
 Groupe La - 79.
 Hughes Aircraft Corp. - 14.
 Hydro - Québec - 59.
 IBM - 10, 14, 33.
 Iméca - 61.
 Inel - 41.
 Infrar - 35.
 Instruments S.A. (ISA) - 48.
 Intertechnique - 32, 72.
 ISA - Jobin-Yvon (département rayons X) - 41.
 Jeumont Schneider (MEI) - 38, 39.
 Laboratoire René Bemas - 48.
 Laboratoires Fournier - 12.
 Laboratoires Roger Ballon - 67.
 Métronique-Ingénierie - 8.
 Micropro - 27.
 Midi-Robots - 8.
 Mobil - 53.
 MPU - 27.
 Nord-Industrie 2000 - 72.
 Odam - 70.
 Option - 35.
 Oscilloquartz EFRATOM - 25.
 Pechiney - 41, 52, 76.
 Philips - 48.
 Phusis - 17.
 Procatalyse - 55.
 Prologia - 28.
 PTT - 15.
 Pyral (Rhône-Poulenc) - 50.
 Racla - 72.
 RATP - 80.
 Régie Renault - 34, 36.
 Rhône-Poulenc - 10, 61, 67.
 Rhône-Poulenc Santé - 16, 67.
 Rhône-Poulenc Systèmes (RPS) - 50.
 Ranchese - 74.
 Roussel-Uclaf - 16, 63, 64, 69.
 Roussel-Uclaf (Centre de recherche de Romainville) - 65.
 Ruggieri Electronique - 39.
 S.A. des Talcs - Luzenac - 19.
 S.A. Minatome - 19.
 Sanofi - 20, 66.
 Schlumberger - 19.
 SET - 79.
 Setric Génie Industriel - 62, 63.
 SIMPA - 48.
 Socabelec - 79.
 Société des mines et produits chimiques - Salsigne - 19.
 Société minière et métallurgique Panaroya - 19.
 Société nationale des poudres et explosifs - 16.
 Solems - 10.
 Sotefem - 55.
 Sotex - 14.
 Souriau et Cie - 51.
 Sucre-Union - 63, 64.
 Systex - 31.
 Télésystèmes-Questel - 23.
 Thomson - 13.
 Thomson CSF - 25, 33.
 Total - 10.
 Télécommunications radio-électriques et téléphoniques (TRT) - 28.
 Trélimatux - 51.
 Vecays - 30.

CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
15, QUAI ANATOLE-FRANCE 75700 PARIS, TÉL. (1) 45 55 92 25, TÉLEX 260 034

